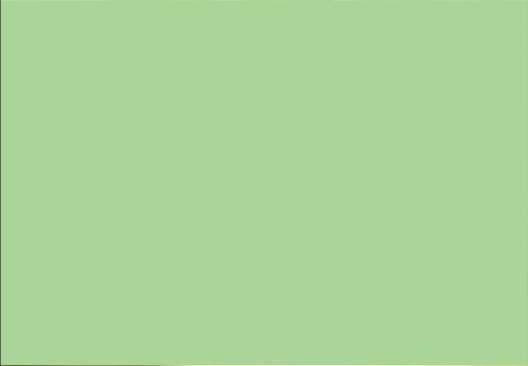


СИМБИОЗ РОССИЯ



ЕКАТЕРИНБУРГ 2014



СИМБИОЗ РОССИЯ

ЕКАТЕРИНБУРГ 2014

Материалы
VII Всероссийского конгресса молодых биологов



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

СИМБИОЗ-РОССИЯ 2014

Материалы VII Всероссийского конгресса молодых биологов
Екатеринбург, 6–11 октября 2014 г.

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2014

УДК [57+58+59+60+61+63](06)
С37

Научные редакторы:
кандидат биологических наук *Н. А. Кутлунина*,
кандидат биологических наук *И. С. Киселева*,
кандидат биологических наук *О. А. Некрасова*

Симбиоз-Россия 2014 : материалы VII Всероссийского конгресса
С37 молодых биологов, Екатеринбург, 6–11 октября 2014 г. – Екате-
ринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 348 с.
ISBN 978-5-7996-0000-0

В сборнике представлены материалы по биологическому разнообразию бактерий, грибов, растений, животных, вопросам биотехнологии, общей и молекулярной генетике, физиологии и биохимии растений, физиологии человека и животных, почвоведению, а также экологии и рациональному природопользованию. Для биологов широкого профиля.

УДК [57+58+59+60+61+63](06)

ISBN 978-5-7996-0000-0

©Уральский федеральный
университет, 2014

ЧАСТЬ 1. АНАТОМИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫРАЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ГЕНОТИПА И ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

К. В. Азарин, М. Н. Гудко, А. В. Усатов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: azkir@rambler.ru

Эффект окружающей среды, определяющий различный экологический потенциал растений представляет интерес для селекции только во взаимодействии с конкретной генотипической основой [1, 4]. Создание гибрида или сорта включает как получение и отбор перспективных комбинаций ядра и цитоплазмона, так и поиск экологической ниши, в которой эти новые генотипы могут наиболее полно реализовать высокую продуктивность, физиологическую стабильность и качество продукции как основное направление селекции растений. Полевое испытание с/х растений в различных климатических зонах остается основным инструментом для понимания такого взаимодействия [3–5]. Результативность этого анализа может быть повышена применением соответствующих эколого-генетических моделей [2, 4]. В связи с этим целью работы явилось исследование вклада в изменчивость показателя урожайности озимой пшеницы внешних (почвенно-климатические) и внутренних (генотип сорта или гибрида) факторов на сортоиспытательных участках Ростовской области.

Материалом исследования служили растения 23 сортов озимой пшеницы отечественной селекции, проходившие конкурсную оценку в 2013 г. на пяти сортоиспытательных участках: Орловский ГСУ, Тащинский ГСУ, Тарасовский ГСУ, Ростовский ГСУ, Целинский ГСУ Инспектуры по Ростовской области ФГУ «Госсортокмиссии» Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ.

Обобщением методов отличия математического ожидания на три и более выборки является метод дисперсионного анализа, или ANOVA (Analysis of Variance), который влияет на устойчивость какого-либо показателя в зависимости от одного или нескольких величин, традиционно называемых факторами [2]. В нашем случае такими факторами являются сорт (или гибрид) и сортоиспытательный участок. С некоторыми допущениями можно интерпретировать эти факторы как отвечающие за генотип и фенотип соответственно. При проведении классического дисперсионного анализа существует требование нормальности распределения в группах и однородности дисперсий между группами. Проверку нормальности проводили с использованием критериев Саркади, Гупта и Д'Агостино (эксцесс). При этом нормальность набора данных по урожайности была подтверждена. Проверка однородности дисперсий проводилась с использованием критерия Кокрена.

Таким образом, было проведено ретроспективное обсервационное исследование по двум факториальным (генотипы сортов или гибридов и ГСУ Ростовской области) и одному результативному (урожайность озимой пшеницы в 2013 г.) признакам. В табл. 1 приводится следующая статистика: количество результатов, сумма, среднее и дисперсия по отдельности для сортов и по отдельности для участков.

Таблица 1

Статистические показатели урожайности озимой пшеницы (2013),
приведенные раздельно для сортов (гибридов) и сортоиспытательных участков

ИТОГИ	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
Дон 107	5	231,9	46,38	35,037
Аскет	5	244,5	48,9	40,71
Бунчук	5	231,3	46,26	26,468
Вершина	5	213,2	42,64	56,583
Дон 95	5	217,5	43,5	40,725
Заможнсть	5	219,5	43,9	32,59
Изюминка	5	224,2	44,84	37,883
Капитан	5	223,6	44,72	25,872
Лидия	5	232,6	46,52	34,717
Фагус	5	194	38,8	49,43
Феония	5	195,9	39,18	32,652
Хыст	5	212,8	42,56	47,763
Ермак	5	225,1	45,02	88,237
Аксинья	5	214,1	42,82	76,882
Гром	5	232,6	46,52	129,217
Донстар	5	213,6	42,72	79,662
Донэра	5	221,2	44,24	113,328
Калым	5	231	46,2	147,865
Находка	5	223,8	44,76	176,593
Ростовчанка 7	5	226,9	45,38	117,802
Табор	5	225,3	45,06	138,623
Танаис	5	220	44	122,995
Фируза 40	5	216,2	43,24	62,663
Орловский	23	1005,6	43,72173913	10,99632411
Тацинский	23	986,9	42,90869565	14,94719368
Тарасовский	23	788,6	34,28695652	21,3784585
Ростовский	23	1017	44,2173913	6,794229249
Целинский	23	1292,7	56,20434783	28,28588933

В табл. 2 приведено соотношение F и F критическое, которое связано с p -значением. Если $F > F$ критическое, то это означает, что данный фактор влияет на величину значения. Например, в строчке *Сорта* $F = 1,8501$, а F критическое = 1,6644. Следовательно, сорт в данной выборке данных слабо влияет на урожайность растений. Аналогично в строчке *Участки* $F = 99,706$, а F критическое = 2,47527. На основании этого можно сделать вывод о сильной зависимости урожайности озимой пшеницы от сортоиспытательного участка в 2013 г.

Таким образом, проведя расчеты, можно заключить, что в вариабельность урожайности озимой пшеницы в 2013 г. подавляющим был вклад сортоиспытательных участков – 75 % (равен частному величины в ячейке *Участки* – $SS/Итого - SS$), а вклад сортов лишь – 7 %. Наследуемость признака «урожайность», рав-

ная отношению вклада генотипа, процент к вкладу генотипа плюс вкладу внешних условий (сортоиспытательный участок), составляет $7/(7+75) = 8\%$. Вышеприведенные результаты демонстрируют, что экологическая оценка сортов и гибридов с/х культур чрезвычайно актуальна для определения конкретных почвенно-климатических условий, в которых новые генотипы могут реализовать свой адаптационный и репродукционный потенциал.

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных урожайности озимой пшеницы (2013)

Источник вариации	SS	df	MS	F	p-значение	F критич.
Сорта	573,32295	22	26,06013439	1,850140405	0,023307148	1,664488661
Участки	5617,664	4	1404,416217	99,70659207	7,61244E-32	2,475277409
Погрешность	1239,523	88	14,08549012			
<i>Итого</i>	7430,5109	114				

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 1894).

Литература

1. Гуськов Е. П., Гуськова С. С., Шиманская Е. И., Шкурат Т. П. Влияние гипербарической оксигенации на соматические и генеративные клетки крыс // Цитология и генетика. 1990. Т. 24, № 2. С. 25–30.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Дьяков А. Б. [и др.]. Сравнительная оценка адаптивности гибрида подсолнечника триумф // Масличные культуры. Краснодар. 2005. Вып. 2.
4. Кильчевский А. В. Генетико-экологические аспекты селекции растений // Генетические основы селекции растений. Минск: Белорусская наука, 2008. Т. 1. С. 6–49.
5. Лобанов В. М. [и др.]. Состояние и использование земельного фонда Ростовской области. Ростов-н/Д: СКНЦ. 1997. 128 с.

DEPENDENCE OF WINTER WHEAT YIELD ON GENOTYPE AND ENVIRONMENTAL FACTORS

K. V. AZARIN, M. N. GUDKO, A. V. USATOV

South Federal University, Rostov-on-Don

Summary. Dependence of winter wheat yield on genotype and environmental factors were made. Shown that the variability of winter wheat yield was overwhelming contributions of agroclimatic zones – 75%, while the contribution of varieties only – 7%. Heritability trait “productivity” is 8%. The obtained data confirm that ecological assessment of agricultural plants is very important for identity of soil and climatic conditions, in which new genotypes may realize their adaptive and reproductive potentials more effectively.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОДРОСТА СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В КОНТРАСТНЫХ ЭКОТОПАХ ПОДЗОН ПРЕДЛЕСОСТЕПИ И СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. А. ЧУЧАЛИНА, О. Е. ЧЕРЕПАНОВА
Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: тчучалина.alyona@yandex.ru

Свыше половины территории Западной Сибири занимают болота, где условия среды для популяций древесных растений контрастно отличаются от смежных суходольных экотопов факторами анаэробной и термодифицитной почвенной среды. На таких почвах абсолютно доминирует редкостойная сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) низкой продуктивности (V6 бонитета). Изучение экологических закономерностей структуры, функций, возобновления и динамики заболоченных и суходольных сосняков Зауралья и Западной Сибири позволяют понять механизмы естественного подпологового лесовозобновления [3].

Объектами изучения стали две пары смежных биогеоценозов сосновых лесов на территории южного участка Тугулымского лесничества предлесостепи Западной Сибири и в подзоне средней тайги в 150 км от г. Урай (ХМАО) примерно одинакового возраста (около 135–150 лет). Пробные площади, заложены в топоаналогичных контрастных экотопах – в суходольном сосняке бруснично-чернично-зеленомошном и сосняке багульниково-касандрово-сфагновом, – были пройдены устойчивым низовым пожаром 24 и 34 года назад соответственно.

На возобновление сосны большое влияние оказывают тип и состояние субстрата. Для появления и выживания всходов сосны основную роль имеет толщина недогоревшего слоя подстилки – субстрата для прорастания семян и укоренения всходов [2].

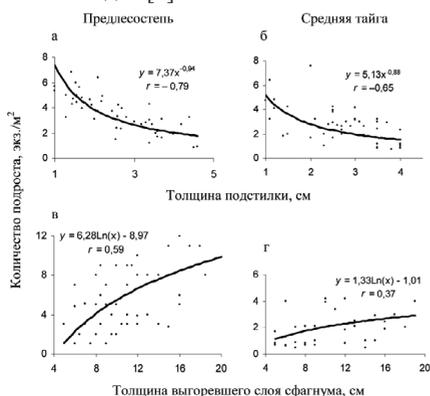


Рис. 1. Зависимость численности подроста сосны от толщины недогоревшего слоя подстилки (выгоревшего слоя сфагнумов) в сосняках бруснично-чернично-зеленомошных (а, б) и багульниково-касандрово-сфагновых (в, г) в предлесостепи и средней тайге Западной Сибири

На рис. 1 показана зависимость общей численности подроста сосны от толщины недогоревшего слоя подстилки (на суходоле) и выгоревшего слоя сфагновых мхов (на болоте).

Толщина недогоревшего слоя подстилки в суходольных сосняках обеих подзон составила от 1,0 до 4,5 см, а в смежных болотных – 8–15 см. В сосняке предлесостепи плотность подроста выше, чем в средней тайге.

В суходольных типах леса обеих подзон тесная и достоверная отрицательная зависимость общей численности подроста сосны установлена от толщины недогоревшего слоя подстилки. В сосняках на верховых болотах положительная корреляция количества подроста наблюдается с толщиной выгоревшего слоя мхов.

Возрастная структура подроста дает тем более искаженное представ-

ление о ходе появления генераций, чем больше времени прошло после пожара. Но тем не менее на рис. 2 видно, что обильные генерации подроста в предлесостепных сосняках бруснично-чернично-зеленомошном и багульниково-касандрово-сфагновом появляются в первые 2–5 лет после устойчивого низового пожара. В средней тайге процесс появления послепожарных генераций подроста в аналогичных типах леса более растянут (на 10 лет и более), причем процент жизнеспособных особей в общей выборке в 2,5–4 раза выше, чем в предлесостепи.

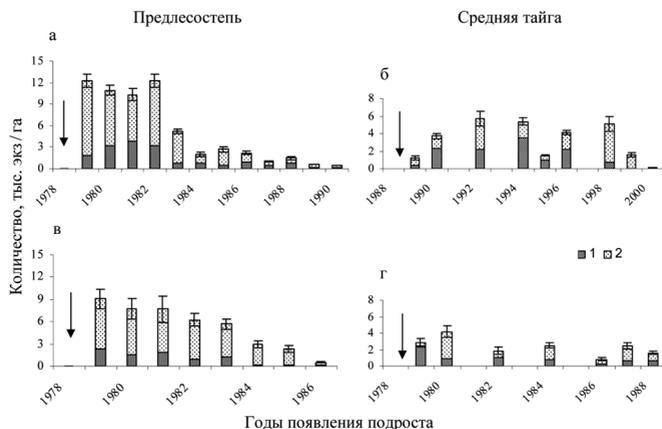


Рис. 2. Возрастная структура подроста сосны на гарях в сосняках бруснично-чернично-зеленомошном (а, б) и багульниково-касандрово-сфагновом (в, г): 1 – жизнеспособный подрост; 2 – угнетенный подрост. Стрелками показаны годы пожаров. Вертикальные линии – ошибки средних величин

Возможно, обнаруженные различия в сроках возобновления связаны с термическими особенностями почвенного субстрата (рис. 3). Термографическое изучение верхнего корнеобитаемого слоя почвы (5–15 см) выявило, что оттаивание почвы на болоте в предлесостепи происходит на 7–10 дней позднее, чем на смежном суходоле, а минимальная эффективная температура (+5 °С) для начала роста корней сосны достигается лишь во второй половине июня [1]. В средней тайге Западной Сибири достоверных различий в температурном режиме между суходолом и смежным болотом нами не обнаружено [4].

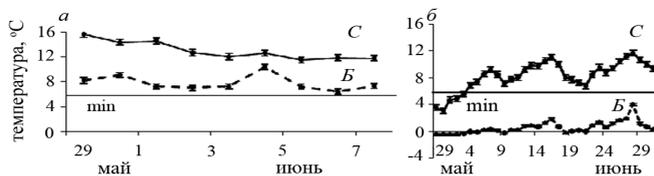


Рис. 3. Температурный режим почвы на глубине 5–15 см в средней тайге (б) и предлесостепи (а) Западной Сибири: С – суходол; Б – болото

Работа выполнена при финансовой поддержке Программ Президиума РАН (проект № 12-П-4-1060).

Литература

1. Санников С. Н. Возрастная биология сосны обыкновенной в Зауралье // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. Свердловск, 1976. Вып. 101. С. 124–165.
2. Санников С. Н., Санникова Н. С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. М.: Наука, 1985. 149 с.
3. Санников С. Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
4. Черепанова О. Е. Эколого-географическая дифференциация генетической структуры суходольных и болотных популяций *Pinus sylvestris* L. в Западной Сибири и среднем Зауралье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2013. 26 с.

CHARACTERISTICS OF RENEWAL OF PINE UNDERGROWTH (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN CONTRASTY ECOTOPES OF PREFOREST STEPPE AND MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

A. A. CHUCHALINA, O. E. CHEREPANOVA

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

Summary. Comparative study of natural regeneration of pine in contrasty ecotopes in the subzones of Western Siberia has shown that the process of the emergence of post-fire regrowth generations more stretched in the middle taiga, and the percentage of healthy individuals higher than in preforest steppe. Presumably, the differences in the renewal of pine associated with the thermal characteristics of the soil cover.

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТЕБЛЯ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) И ЕЛИ (*PICEA ABIES* (L.) KARST)

А. Ю. Девяткин, И. Н. Борисов

Тверской государственный университет

E-mail: altair91@gmail.com

Величина годовичного прироста дерева и в длину и в толщину является важным показателем состояния дерева и соответствия условий произрастания его потребностям.

По литературным данным известно, что величина годовичных колец может достаточно резко колебаться в одних и тех же условиях в зависимости прежде всего от возраста дерева, с возрастом постепенно этот показатель уменьшается [2]. Если в 1940 г. прирост колебался от 4,60 до 3,14 мм, то в 2000 г. максимальный прирост этих деревьев составил 1,11 мм, минимальный – 0,8 мм. Такая же закономерность прослеживается и у ели в ельнике-кисличнике: в 1940 г. прирост колебался от 3,74 до 1,07 мм, а в 2000 г. – от 1,57 до 1,07 мм. В ельнике-черничнике, где, видимо, условия для ели были менее благоприятные, прирост колебался от 1,75–1,21 (1940) до 1,36–0,89 мм (2000). Интересно отметить, что самый маленький прирост у некоторых деревьев наблюдался в 1990 г., что, видимо, объясняется погодными условиями (0,7 мм в год и у сосны, и у ели). При этом следует отметить, что в среднем годовичный прирост сосны выше, чем таковой у ели. В связи с этим интересно было выяснить анатомические особенности стебля этих деревьев. Мы проанализировали имеющиеся готовые препараты стеблей на различных срезах.

Наши наблюдения показали, что структура стебля сосны и ели в общих чертах сходна. Вторичная кора состоит из ситовидных клеток и флоэмной паренхимы,

которые на поперечном срезе почти не отличаются. Сравнительно хорошо определяются паренхимные клеточки лучей. В коре формируются смоляные ходы, выстланные железистыми клетками. В коре ели диаметр ходов значительно меньше, что, видимо, и объясняет получение живицы из коры сосны при подсечке. Древесина сосны и ели представлена трахеидами с одинаковой поровостью, диаметры их у сосны несколько больше. Ранняя и поздняя древесина четко отличаются шириной и формой просвета. Поздние трахеиды более толстостенные, узкопросветные, сжатые в радиальном направлении. Соотношение ранних и поздних трахеид у сосны и ели различно, у сосны в среднем этот показатель 15 к 12, в то время как у ели – 11,7 к 6,3. Несколько различаются древесины высотой сердцевинных лучей.

И у той и у другой породы они однорядные, их высота колеблется у сосны от 16 до 4 клеток, в среднем 9. Вехов В. Н. [1] отмечает, что лучи могут быть и высокими, возможно, это связано с возрастом деревьев, на анализируемых нами срезах таких лучей не было.

У ели высота лучей колеблется в таких же пределах, но средняя длина – 9,5 клеток. Таким образом, высота сердцевидных лучей ели несколько выше, чем у сосны. Особенно отличаются высотой лучи со смоляными ходами: у сосны максимальная их высота 23 клетки, у ели – 31. Интересно отметить, что у ели первые годовые приросты не имеют смоляных ходов, с возрастом они появляются, но единично или 2–3 на годовое кольцо. У сосны уже первые годовые приросты часто имеют кольцом расположенные смоляные ходы, в последующие годы они также довольно многочисленны, формируются чаще на границе между поздней и ранней древесиной.

Таким образом, стебли сосны и ели, имеющие в общих чертах сходное строение, отличаются рядом признаков, а именно:

- 1) количеством и размером смоляных ходов в коре и древесине;
- 2) высотой сердцевинных лучей: сердцевинные лучи ели несколько выше, чем у сосны. У обеих пород лучи однорядные, однако у ели несколько большая ширина лучей, содержащих смоляные каналы;
- 3) интенсивностью роста: в первые годы жизни у сосны более интенсивный рост, что объясняет большую ширину первых годовых колец.

Эти отличия, по нашему мнению, могут быть причиной несколько разных свойств древесины данных пород.

Литература

1. Вехов В. Н., Лотова Л. И., Филин В. Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 196 с.
2. Ловелиус Н. В., Лежнева С. В., Пальчиков С. Б., Румянцев Д. Е. К созданию эталонных серий прироста годовых колец деревьев в Вологодской области // Псковский региональный журнал. 2013. № 16. С. 90–97.

FEATURES OF ANATOMIC STRUCTURE OF THE STALK OF THE PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST)

A. Yu. DEVIATKIN, I. N. BORISOV

Tver State University, Tver

Summary. It shows the comparative characteristic of an anatomic structure of the stalk of pine and spruce, distinctive features are found out.

СПЕЦИФИКА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ РОССИИ И ФИНЛЯНДИИ

А. Н. ГАБДУЛХАКОВА

Тверской государственный университет

E-mail: albinagabi@mail.ru

Лесовозобновление имеет большое значение для жизни леса и означает процесс восстановления основного компонента леса – древостоя, вслед за которым появляются и другие характерные для него компоненты [2]. В настоящее время различают естественное, искусственное и комбинированное возобновление леса. Сравнение систем возобновления лесов России и Финляндии показало, что, несмотря на общие принципы, практики ведения лесного хозяйства существенно различаются.

Между странами существуют различия относительно доли применения разных видов возобновления (рис. 1). Так, в России широко применяется комбинированный метод, представляющий собой сочетание естественного и искусственного методов возобновления. Естественный подрост увеличивает плотность и обогащает породный состав искусственного насаждения, способствует формированию молодняка. В Финляндии же основной метод восстановления – искусственный, хотя в последнее время сформированные посадки стараются подкреплять естественным самосевом [1].

Такая разница в подходах, очевидно, складывается под влиянием традиций, технико-организационных, экономических и социальных факторов. В России к искусственному возобновлению прибегают на тех участках, на которых невозможно обеспечить появление экономически ценных пород другими методами. В Финляндии же просто исходят из необходимости получить новый, экономически ценный устойчивый древостой в конкретных условиях произрастания [1].

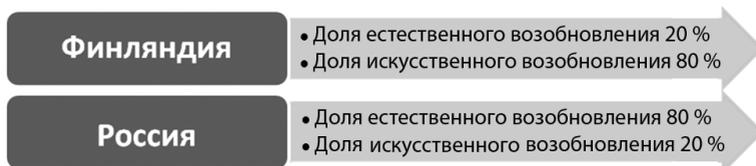


Рис. 1. Использование разных методов лесовозобновления в России и Финляндии

Отличается также и отношение к возрасту древостоя. Применяемые в России традиционные технологии (трелевочный трактор, выборочные рубки) формируют разновозрастные древостои. Используемые в Финляндии методы приводят к выращиванию одновозрастных насаждений.

Успешное возобновление леса после рубок возможно после проведения очистки и последующей обработки почвы площадей. Если в России приемлемым является размещение порубочных остатков на волоках или сбор их в кучи, то в Финляндии порубочные остатки и пни собирают для энергетического применения (например, прессовка палет из щепы). Важным отличием является и отношение к предпосадочной обработке почв. В Финляндии обработка почвы является обяза-

тельным мероприятием как при создании лесных культур, так и при содействии естественному возобновлению.

95 % посадочного материала в Финляндии составляют сеянцы с закрытой корневой системой, которые в России пока применяются весьма редко. Как правило, в России сажают двулетние сеянцы, выращенные в открытом грунте (в теплице), или однолетние растения, сформированные в неотапливаемых помещениях. Различается и отношение к высаживаемым породам: в России сажают сосны и ели, в Финляндии же кроме них сажают и березу, причем ее доля в посадках довольно значительна.

Следует отметить, что разница в подходах к ведению лесного хозяйства России и Финляндии связана и с формой собственности на земли, занятые лесным фондом. Так, в Финляндии, где почти 70 % земель находятся в частной собственности, методы и способы, касающиеся создания молодняка, выбирает лесовладелец, а финские нормативы являются более обобщенными, чем в России, где большая часть земель принадлежит государству.

Таким образом, существуют различия в подходах и практике лесовосстановления данных стран, обусловленные, очевидно, как историческими, так и природно-экономическими и социальными причинами.

Литература

1. Лейнонен Т., Туртиайнен М., Сиеккинен А. Лесовосстановление на Севере-Западе России и сравнение с Финляндией. Йюэнсуу: METLA, 2009. 38 с.
2. Мелехов И. С. Лесоведение. М.: МГУЛ, 2005. 364 с.

SPECIFICS OF REFORESTATION OF RUSSIA AND FINLAND

A. N. GABDULHAKOVA

Tver State University

Summary. It is analysed the difference in methodical approaches and ways of realization of reforestation of two countries – Russia and Finland.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ СТАРИННЫХ ПАРКОВ СТАРИЦКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. ГАСОВА

Тверской государственный университет

E-mail: kaf-botanica@mail.ru

Усадебные парки – уникальные культурно-исторические и природные объекты. Интерес к изучению обоснован наличием природного компонента парков, в которых нередко встречаются охраняемые виды и редкие виды интродуцентов.

Исследования проводили в июне – августе 2013 г. в ООПТ Старицкого района Тверской области парках – памятниках природы – Берново и Чукавино. Для выявления состояния парков закладывали пробные площадки, составляли геоботанические описания по методике В. Н. Сукачева, С. В. Зонн (1992), определяли виды растений и оценивали их обилие (для оценки обилия использовали шкалу Друде, 1890).

В ходе исследований в парках Берново и Чукавино нами выявлено 36 видов интродуцентов древесно-кустарниковых растений, 10 травянистых видов, из ко-

торых три занесены в Красную книгу Тверской области. Всего в парках выявлено 60 видов мохообразных, 31 вид лишайников.

В парке Берново отмечено 19 видов интродуцентов древесной и травянистой растительности, 35 видов мохообразных, 24 лишайника, 5 охраняемых видов, из которых четыре включены в дополнительный список редких и уязвимых таксонов Тверской области, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении.

В парке усадьбы Чукавино обнаружены 39 редких видов и форм древесных и травянистых интродуцентов. Для некоторых из этих видов обнаруженное местонахождение является единственным в области. Среди них – *Cortusa matthioli* L., *Crataegus faxonii* Sarg., *Crataegus Maximowiczii* Pojark. Отмечено 60 мохообразных, 27 лишайников, 14 охраняемых видов, из которых 11 включены в дополнительный список редких и уязвимых таксонов Тверской области, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении. В парке Чукавино отмечены декоративные формы и разновидности древесных интродуцентов. Обнаружены *Tilia europaea* L. f. *laciniata*, *Tilia americana* L. f. *macrophylla*. Они являются редкими для Средней России.

Максимальное число видов парка Берново приходится на семейства Розоцветные (*Rosaceae*), Сосновые (*Pinaceae*), Ивовые (*Salicaceae*). В парке Чукавино максимальное число видов составляют семейства Розоцветные (*Rosaceae*), Сосновые (*Pinaceae*), Жимолостные (*Caprifoliaceae*). Встречаются также Ивовые (*Salicaceae*), Маслиновые (*Oleaceae*) и Кизилловые (*Cornaceae*).

Наибольшее разнообразие травянистой растительности выявлено в парке Чукавино, где отмечено 8 видов интродуцентов (в Бернове – 4 вида). Например, водосбор обыкновенный (*Aquilegia vulgaris* L.) и земляника мускусная (*Fragaria moschata* Duch.) встречается в обоих парках, так как эти виды разводились раньше.

Таким образом, сравнение флор обоих парков показало, что усадебный парк Чукавино отличается наибольшим видовым разнообразием древесно-кустарниковой растительности, мохообразных и лишайников.

На территории парков Берново и Чукавино выявлено 14 охраняемых видов, из которых три вида занесены в Красную книгу Тверской области: Стальник полевой (*Ononis arvensis* L.), Печеночница благородная (*Hepatica nobilis* Mill.), Башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.).

SPECIFIC VARIETY SOME ANCIENT PARKS OF THE STARITSKY AREA OF THE TVER REGION

N. A. GASOVA

Tver State University

Summary. It is analysed the biodiversity of two ancient parks of the Tver region, it is carried out the comparative analysis of floras of both parks.

**GRIMMIA TERETINERVIS – ВЕРОЯТНЫЙ
ВИД-ИНДИКАТОР АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ
В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ УРАЛА**

А. А. ИБАТУЛЛИН¹, Д. В. КИСЕЛЕВА², М. С. ЕМЕЛЬЯНОВА³, М. Н. КОВРИЖИН³

¹ Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург

² Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого УрО РАН

³ Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: My_orchis@mail.ru

Состав сообществ петрофитных мохообразных во многом определяется химизмом субстрата. Знание субстратной экологии видов мхов позволяет дать оценку структуры и динамики бриоценозов в меняющихся условиях среды, а также осуществлять некоторые практические задачи (фитомониторинг, альтернативные методы индикации различных типов оруденения). Как известно, биогеохимические поиски зон с повышенной концентрацией тех или иных химических элементов возможны только по биообъектам, у которых антиконцентрационные барьеры имеют высокие предельные уровни, а к таким объектам относятся многие мхи. Исследования в этой области указывают на то, что мохообразные заселяют горные субстраты не хаотично, а приурочены к конкретным геохимическим обстановкам.

Гипотеза: распространение вида *Grimmia teretinervis* связано с районами локального повышения концентрации алюминия в породе, в частности с районами бокситопроявлений карбонатных комплексов.

Материал: исследовано 24 образца карбонатных горных пород (известняки, доломиты), взятых из-под дерновинок *G. teretinervis* ($n = 5$) и *Syntrichia sinensis*, *Schistidium papillosum*, *Neckera complanata*, *Seligeria pusilla*, *S. calcarea*, *S. campylopoda* ($n = 19$). Образцы были собраны на скальных обнажениях Южного и Среднего Урала. Содержание алюминия определялось методом масс-спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после кислотного растворения.

Доля алюминия в образцах составила: максимальная 16889,5 и 13081,9; медианная 2300,1 и 108,2; минимальная 577,4 и 13,2 мкг/кг в субстратах *G. teretinervis* и других видов соответственно.

Для оценки идентичности распределений алюминия в субстратах *G. teretinervis* и других видов был использован критерий Манна – Уитни ($n_1 = 5$, $n_2 = 19$, $W = 85$, точное p -значение для двустороннего критерия = 0,005). Таким образом, между выборками субстратов из-под *G. teretinervis* и других видов имеются статистически значимые различия в содержании алюминия. Расчет проводился в статистической среде R.

При сопоставлении карт распространения *G. teretinervis* на Урале и Государственных геологических карт РФ выяснилось, что большинство находок данного вида приурочены к выходам формации D1–3 tk–zm, богатой бокситами (в частности, в карбонатных породах этой формации расположены Южноуральские бокситовые рудники) и аналогичной ей формации D1–2 tk–čs, притом местами в пределах данных формаций *G. teretinervis* является доминантом соответствующих синузий. На обнажениях карбонатных пород других формаций данный вид почти не встречается, также пределах Урала нет ни одной находки вида не на карбонатных породах.

Методы: геохимические данные получены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой после кислотного растворения (ICP-MS) на приборе Perkin Elmer ELAN 9000 (Институт геологии и геохимии УрО РАН, аналитик Д. В. Киселева). В качестве внутреннего стандарта использовался раствор индия с концентрацией 10 мкг/л. Погрешность выполненных анализов, оцененная по критерию 3σ , составила от 5 до 20 отн. % в зависимости от элемента.

Заключение: *G. teretinervis*, судя по всему, склонна поселяться на карбонатных субстратах с относительно высоким содержанием алюминия. Так как распространение вида связано с выходами девонских формаций, относительно богатых бокситами, вероятно, *G. teretinervis* может использоваться как вид-индикатор соответствующего типа оруденения.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-31742).

GRIMMIA TERETINERVIS PROBABLY INDICATES ALUMINIUM OCCURENCES IN CALCAREOUS ROCKS ON THE URALS

A. A. IBATULLIN¹, D. V. KISELYOVA², M. S. EMELYANOVA³, M. N. KOVRIZHIN³

¹ Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg

² A. N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS

³ Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. Community structure of saxicolous mosses is determined by chemical composition of a substrate. Substrate preferences of *G. teretinervis* are worth investigating because this species probably grows on calcareous rocks with increased aluminium. On the Urals, it is restricted to boxite-rich geological formations. Proportion of aluminium in its substrate sample is statistically different then in sample from other species investigated.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «СЕВЕРНИКЕЛЬ»

А. С. ИСАЕВА, К. М. КУЛЕШ, П. Г. ПРИЙМАК

Мурманский государственный технический университет

E-mail: neirohirurg@murmanmed.ru

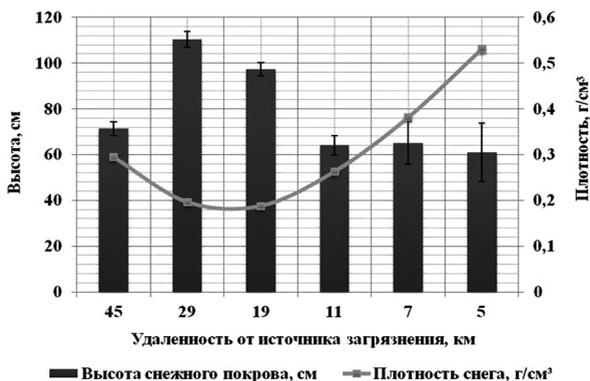
С начала развития горнодобывающей промышленности на Кольском полуострове (1930-е гг.), в непосредственной близости от города Мончегорск, древесная растительность подверглась деградации вследствие загрязнения атмосферы и грунтовых вод оксидами серы, азота и тяжелыми металлами.

Снежный покров обуславливает процессы почвообразования, увлажнения, удобрения почв питательными веществами, задает характер формирования химического состава природных вод, способствует образованию водно-снеговых льдов и оказывает влияние на разные стороны хозяйственной деятельности человека [3, 4]. Различия в формировании снежного покрова и снеготаянии в разных ландшафтах оказывают значительное влияние не только на физико-химические свойства почв, но и на формирование растительного покрова самого ландшафта.

Исследование проводили в центральной части Кольского полуострова, в импактной зоне комбината ОАО «Североникель» на 6 пробных площадях в первой

декаде апреля 2014 г. Пробные площади закладывали с севера на юг в соответствии с градиентом аэротехногенной нагрузки в сторону эскалации явлений экологического регресса экосистем на расстояниях 45 (ПП₁, контроль), 29 (ПП₂), 19 (ПП₃), 11 (ПП₄), 7 (ПП₅), 5 (ПП₆) км от источника выбросов. Пробы снега отбирали снегоотборником – пластиковой трубой с диаметром 50 мм.

Обнаружено, что плотность снега изменяется в соответствии с градиентом аэротехногенной нагрузки: на ПП₆ (5 км) снежный покров характеризуется наибольшей плотностью (см. рис. ниже). На открытых участках плотность снега выше [1, 2], чем на облесенных участках (ПП₁, ПП₂, ПП₃), и в целом она равномерно изменяется от 0,20 до 0,53 г/см³ (см. рис.) в районах, близко расположенных к источнику загрязнения (комбинат «Североникель»).



Плотность и высота снежного покрова в зоне аэротехногенного воздействия

Следует отметить, что район исследования характеризуется сложно-пересеченным рельефом, где группы возвышенностей формируют горные массивы с пологими вершинами или обрывистыми склонами [6]. На исследуемых площадях рельеф значительно отличается: чем ближе к источнику загрязнения, тем он более ярко выражен, поскольку комбинат располагается вблизи горнорудных массивов. По этой причине ПП₅ и ПП₆ отличаются наибольшей плотностью снежного покрова (см. рис. выше), так как снег задерживается в понижениях микрорельефа, формируя мозаичное и неравномерное пространственное распределение, особенно в период снеготаяния.

Плотность снега сильно варьирует с изменениями характера растительности. На исследуемых участках можно отметить следующие закономерности распределения фитоценозов: на расстоянии 45 и 29 км представлены словые древостои, реже встречаются сосна и береза; на расстоянии 19 и 11 км преобладают березы и сосны; на удалении в 7 км от источника загрязнения – березы (в основном *Betula czerepanovii*), хвойные отсутствуют. В 5 км от комбината сформировалась пустошь с группами кустообразных и низкорослых форм берез. Такая ситуация описывается во многих работах сходной тематики: при остром техногенном воздействии с талыми водами в районах с регулярным или постоянным воздушным загрязнением

в водные бассейны и почвы в результате таяния снега поступает значительное количество поллютантов. Таким образом, происходит смена коренных хвойных древостоев через стадии насаждений смешанного характера, с формирующимся хвойно-лиственным ярусом, кустарниковыми ценозами или техногенной пустошью.

Такая ситуация прослеживается в работе Приймак П. Г. [5] – на 45 км отмечается высокая густота и в то же время низкая высота древостоя, так как на данном участке преобладают молодые и средневозрастные растения (сосны, ели и березы). С постепенным увеличением высоты древостоя (с 45 по 19 км) снижается его густота (с 19 по 5 км).

Сильно разреженные древостои древовидных форм берез и ив не могут задерживать снег и способствовать его равномерному стаиванию [7]. Такой характер древесной растительности близок по структуре к тундре и лесотундре и обусловлен не только загрязнением атмосферы, но и формированием снежного покрова и стаивания снега.

Литература

1. Агейкин Я. С. Пройодимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
2. Беляков В. В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Нижний Новгород, 1999. 25 с.
3. Иванов А. В. Криогенная метаморфизация химического состава природных льдов, замерзающих и талых вод. Хабаровск: Дальнаука, 1998. 164 с.
4. Иванов А. В. Теория криогенных и гляциогенных гидрохимических процессов. М.: ВИНТИ, 1987. 236 с. (Итоги науки и техники. Сер. Гляциология. Т. 5).
5. Приймак П. Г. Морфологическая изменчивость берез в условиях техногенного загрязнения на Кольском полуострове: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск: Юмакс, 2005. 22 с.
6. Раткин Н. Е. Количественная оценка аэротехногенного потока вещества на подстилающую поверхность расчетным методом // Вестник МГТУ. 2000. Т. 3. № 1. С. 145–164.
7. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

SNOW COVER AND THE FORMATION OF WOODY VEGETATION OF AEROTECHNOGENIC IMPACT OF PUBLIC CORPORATION “SEVERONIKEL”

A. S. ISAEVA, K. M. KULESH, P. G. PRIYMAK
Murmansk State Technical University, Murmansk

Summary. In the area of plant emissions “Severonikel” (Monchegorsk) on 6 sample plots (5, 7, 11, 19, 29 and 45 km from the emission source), with varying degrees of degradation phytocenoses were investigated features of snow cover at the beginning of a snowmelt period: height, density and distribution pattern of the snowpack. Were brought data a few years old about height and thickness of stand. Was found that density of snow more on open treeless areas in the impact zone. Was revealed that snow has a significant impact on the vegetation cover, because of the melting of pollutants contained in it due to man-made pollution contribute to the thinning out of the tree layer.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ *PEDICULARIS SIBIRICA* *SUBSP. URALENSIS* (VVED.) IVANINA НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

О. А. КИСЕЛЕВА

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: kiselevaolga@inbox.ru

Ризологические исследования полупаразитических растений крайне редки. Несмотря на немалый интерес современных ученых к группе паразитических норичниковых, степень изучения корневых систем отдельных представителей семейства неудовлетворительна. В частности, это касается уральских представителей рода *Pedicularis* L. В литературе не удалось найти ни одного подробного описания структурных макроскопических и микроскопических особенностей подземных органов *Pedicularis sibirica subsp. uralensis* (Vved.) Ivanina. Указанный вид относится к группе многолетних мытников, произрастает на лугах, в разреженных осиновых и березовых колках, описан в Башкирии, встречается на Южном Урале, северо-востоке европейской части России, Сибири (Тюменская, Курганская, Омская области). Нами описаны особенности корней экземпляров, взятых в 2010 г. у подножия г. Известная на территории Ботанического памятника природы «Александровские сопки» (Свердловская область, Красноуфимский район). Ниже приводится развернутое морфологическое и анатомическое описание корней изученного объекта.

Корневая система вида *Pedicularis sibirica subsp. uralensis* (Vved.) Ivanina аллогоморизная, стеблекорневая каудексная со стержневым и боковыми запасующими корнями, что характерно, согласно нашим наблюдениям, и для других многолетних уральских мытников. Внешне подземные органы изученного вида представлены в виде мочки веретеновидно утолщенных корней, на которых едва заметны гаустории (диаметр гаусторий колеблется в пределах от 0,1 до 0,06 мм). Боковые корни дифференцированы на два типа. Первый – крупные запасующие в количестве от 4 до 15 штук, слабо разветвленные, отходящие от центральной части корневой системы, достигают 1,8 мм в толщину. Макроскопические особенности первого типа боковых корней: изогнутость, незначительное число гаусторий, диаметр отдельных корней может резко изменяться, в результате чего хорошо видны места сужений («перехватов»), корни приобретают булавовидную, узловатую или даже четковидную форму. Второй тип боковых корней – сильно разветвленные и изогнутые боковые корни. Последние отходят непосредственно из стеблекорня, режут от веретеновидно утолщенных боковых корней, обычно спутаны, утончаются по мере увеличения порядка корня, несут большую часть гаусторий.

При анатомировании корневой системы *Pedicularis sibirica subsp. uralensis* (Vved.) Ivanina обращает на себя внимание скудное развитие флоэмы в боковых корнях; развитая паренхима первичной коры с системой межклетников, запасующая крахмал; сильное утолщение стенок сосудов в центральной части корней. Отметим, что в боковых корнях первого типа большую часть объема корня занимает первичная кора, клетки которой содержат многочисленные крупные крахмальные зерна; выражена зона аэренхимы, воздухоносные полости узкие, короткие, многочисленные, расходятся радиально. Боковые корни второго типа,

напротив, имеют более скромные размеры первичной коры, ее толщина не сопоставимо меньше, чем у первого типа, аэренхима практически незаметна, зато явно наблюдаются признаки сильного одревеснения клеток центрального цилиндра, заметны крупные сосуды вторичной ксилемы и группы прилегающих к ним склеренхимных волокон. Общим для всех корней модельного вида является следующий план строения корня: на поверхности расположена экзодерма, ниже залегает зона первичной коры с элементами аэренхимы, на границе центрального цилиндра и коры корня находится зона флоэмных островков, ниже – 1–3-слойный камбий, широкая зона вторичной ксилемы, пронизанная сердцевинными лучами, в центре стелы – остатки первичной ксилемы.

Проведенное исследование подтверждает существование феномена структурной дифференциации корней многолетних гемипаразитических норичниковых на макроscopicком и микроscopicком уровнях, что отмечено нами впервые. Полученные описания подземных органов *Pedicularis sibirica subsp. uralensis* (Vved.) Ivanina необходимы для сравнения с другими паразитическими видами семейства норичниковых, произрастающими на Урале, с целью выявления общих закономерностей приспособления растений к питанию за счет ресурсов корней хозяев.

Работа выполнена при финансовой поддержке Уральского отделения РАН (проект № 12-И-4-2023).

CHARACTERISTIC OF PEDICULARIS SIBIRICA SUBSP. URALENSIS (VVED.) IVANINA ROOTS FROM CENTRAL URAL MOUNTAINS

O. A. KISELEVA

*Laboratory of an introduction of grassy plants of Botanical garden,
Ural branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg*

Summary. Descriptions of underground bodies of parasitic plants, growing in the Urals, are necessary for detection of the general regularities of the adaptation of plants to food at the expense of host resources. Root researches of *Pedicularis sibirica subsp. uralensis* (Vved.) Ivanina is conducted. It confirmed existence of structural macroscopic and microscopic differentiation of roots long-term hemiparasitic Scrophs that was noted for the first time.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ ПО МИКРОЭЛЕМЕНТАМ В ХВОЕ ЕЛИ ФИНСКОЙ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

С. С. Комаров, М. В. Рогозин, Н. В. Жекина

*Естественно-научный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета
E-mail: rog-mikhail@yandex.ru*

В ботанике давно обсуждаются морфологические, а в последнее время и генетические особенности ели финской (*Picea × fennica* (Regel) Kom.), которая является естественным гибридом ели сибирской и европейской и растет на всем протяжении от Урала до Финляндии. Нами исследовано ее 26-летнее потомство от 107 плюсовых деревьев. Потомства выращивались в опытных культурах и представляли собой часть опыта из 15 тыс. растений с их испытаниями на быстроту роста [3]. Образцы хвои взяты в сентябре 2012 г. от 52 деревьев из потомства ценопопуляций

Содержание микроэлементов в хвое ели в потомстве естественных популяций (Е) и в потомстве культур (К) с оценкой рядов распределения в исходной шкале данных (χ^2 исх) и в шкале, преобразованной через логарифмы значений (χ^2 ln) с оценкой различий между ними по выборкам из 55 (потомство Е) и 52 значений (потомство К)

Показатели и статистики	Микроэлементы										В среднем	Критич. значения для $p = 0,95$	
	Ni	Mn	Ti	P	Cu	Zn	Ba	Sr	Zr	Pb			
Потомство Е, 6 классов частот	среднее, мг/кг	1,47	487,9	5,39	543,4	1,33	17,7	174,5	67,4	1,46	0,22	—	—
	вариация, %	40,0	39,9	48,4	14,1	36,8	48,8	37,1	37,1	44,2	133,2	48,0	—
	χ^2 исх	12,5*	16,7*	12,2*	5,6	13,8*	1,65	5,95	13,4*	11,3*	24,0*	11,7	7,81
	χ^2 ln	6,26	17,7*	19,9*	12,2*	17,8*	4,61	5,29	4,58	2,89	12,5*	10,4	7,81
Потомство К, 6 классов частот	X_2 , мг/кг	1,46	474,8	5,56	501,5	1,03	15,6	127,9	53,0	1,53	0,25	—	—
	CV, %	41,0	27,8	32,7	14,9	61,8	70,5	37,8	40,4	37,3	89,5	45,4	—
	χ^2 исх	12,6*	15,7*	45,3*	2,24	2,17	49,0*	11,9*	19,4*	7,09	64,8*	23,0	7,81
	χ^2 ln	10,3*	40,9*	14,3*	0,95	12,3*	0,48	2,50	3,17	4,54	46,7*	13,6	7,81
Различия между исходными данными	средними, %	0,7	2,7	-3,2	7,7	22,6	11,9	26,7	21,4	-4,8	-13,6	7,21	—
	средними (t)	0,08	0,40	0,39	2,86*	2,75*	1,11	4,20*	3,20*	0,59	0,52	1,61	1,98
	рядами по частотам в 7 классах (χ^2)	1,02	1,47	1,43	1,02	1,30	1,27	1,34	1,17	1,13	1,33	1,25	1,58
	рядами по частотам в 8 классах (χ^2)	0,91	15,3*	15,4*	14,7*	25,6*	7,90	15,7*	16,2*	1,91	3,59	11,7	12,59
Различия между логарифмами данных	средними (t)	11,4	15,5*	18,0*	14,5*	20,0*	7,17	14,7*	15,9*	4,15	5,46	12,7	14,07
	дисперсиями (F)	0,17	0,38	1,16	2,80*	3,69*	1,74	4,45*	3,41*	0,93	1,71	2,04	1,58
	рядами по частотам в 7 классах (χ^2)	1,05	1,43	1,46	1,01	1,77*	1,16	1,04	1,03	1,20	1,15	1,23	12,59
	рядами по их частотам в 8 классах (χ^2)	4,63	18,2*	15,7*	12,7*	19,1*	7,09	22,7*	9,92	3,30	9,49	12,2	14,07

* Значение критерия превышает стандартное критическое значение для $p = 0,95$

лесных культур (потомство К) и 55 деревьев – из потомства естественных популяций (потомство Е).

Изучалось содержание 10 микроэлементов (МЭ): Ni, Mn, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb (в мг/кг). Содержание других МЭ оказалось ниже чувствительности метода [2]. Был проведен анализ полученных 20 выборок в двух совокупностях, и здесь возникли сложности, связанные с правомерностью использования стандартных статистических процедур. Обычно определяют стандартное отклонение, ошибку среднего значения, критерий различия между средними (t) и сравнивают его со стандартом ($t_{0,99}$; $t_{0,95}$ или $t_{0,90}$). Однако сама эта процедура допускается в строго определенном случае, а именно при наличии двух условий. Первое условие состоит в равенстве дисперсий, с проверкой равенства по критерию Фишера (F) в виде их отношения. Второе условие заключается в распределении частот, достоверно не отличающемся от нормального [1].

По условию равенства дисперсий выборки Е и К они оказались равны (достоверные отличия отсутствовали). По второму условию исходные данные имели распределения, отличающиеся от нормального, в 7 рядах из 10 в каждом потомстве (см. табл.). Поэтому мы преобразовали исходные данные через натуральный логарифм (\ln), после чего провели их разбиение на 6, 7 и 8 классов. Применили последовательное сравнение выборок по частотам в каждом классе по критерию χ^2 [1]. Результаты показаны в таблице.

Полученные изменения оказались разнонаправленными и критерий χ^2 как снижался, так и повышался, т. е. характер рядов в плане их приближения к нормальному не был однозначен. В среднем в потомстве Е критерий снизился от $\chi^2_{\text{исх}} = 11,7$ до $\chi^2 \ln = 10,4$, а в потомстве К – от 23,0 до 13,6. Но результат от преобразования данных в целом есть, и если исходные ряды отличались от нормального в семи случаях, то логарифмированные – уже только в пяти. Особенно важным такое преобразование оказалось для свинца, и для него удалось доказать различия в распределении частот в рядах из 8 классов, хотя различия средних и остались не доказаны. Различия в среднем содержании МЭ, а также по их частотам оказались достоверны у марганца, титана, фосфора, меди, бария, стронция, свинца, т. е. для семи микроэлементов из десяти.

Детально изученные ранее [3] материнские насаждения в естественных популяциях и в ценопопуляциях культур, от которых были выращены проанализированные потомства Е и К, имели достоверные различия в морфологии по строению шишек и коры: культуры имели больше признаков от ели европейской, а естественные популяции – больше признаков от ели сибирской. Поэтому различия популяций в морфометрии растений имеют свое «химическое» продолжение в содержании микроэлементов в хвое их потомства, чем подтверждают различия морфологического уровня.

Таким образом, преобразование исходных данных содержания микроэлементов в хвое позволило доказать наличие дополнительных и достоверных различий между двумя сравниваемыми группами популяций ели финской.

Литература

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. 1024 с.

2. Методы анализа минерального вещества, применяющиеся в центральной лаборатории ПО «Уралгеология». Свердловск, 1989. 81 с.

3. Рогозин М. В. Изменение параметров ценопопуляций *Pinus sylvestris* L. и *Picea × fennica* (Regel) Kom. в онтогенезе при искусственном и естественном отборе: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. Пермь: ПГНИУ, 2013. 47 с.

CONVERSION OF DATA ON TRACE ELEMENTS IN THE NEEDLES OF SPRUCE FINNISH FOR STATISTICAL PROCESSING

V. S. KOMAROV, M. V. ROGOZIN, N. V. ZHEKINA

Natural Sciences Institute of Perm state national research University

Summary. Transformation of the initial data allowed statistically correct to prove the existence of additional and significant differences between the two groups of populations. Previously between the parent populations were found differences in morphology of the cones and bark and in this paper, these differences will receive your confirmation in various chemical composition of needles of their offspring.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БРАХИБЛАСТОВ И АУКСИБЛАСТОВ БЕРЕЗ

К. М. КУЛЕШ, А. С. ИСАЕВА, П. Г. ПРИЙМАК

Мурманский государственный технический университет

E-mail: neirohirurg@murmanmed.ru

В последнее время флукутирующей асимметрии (ФА) посвящается все больше не только отечественных, но и зарубежных работ, поскольку для того, чтобы оценить стабильность развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур, наиболее часто используют оценку флукутирующей асимметрии, которая представляет собой ненаправленные различия между правой и левой сторонами в процессе онтогенеза [5].

В связи с этим наиболее активно изучаются показатели ФА древесных растений, но при оценке ФА возникает проблема поиска метода для статистического анализа и интерпретации полученных результатов. Актуальность этот вопрос приобретает в связи с тем, что ФА – это безразмерная величина, другими словами, это интегральный показатель, суммирующий ряд соотношений морфологических параметров. Это ограничивает применение таких статистик, как среднее квадратическое отклонение, доверительный интервал и др., поскольку правила деления дисперсий в статистике не разработаны. И для того, чтобы определиться с методом анализа ФА, вначале необходимо определить характер распределения показателей ФА.

Цель настоящего исследования – оценка характера распределения значений ФА удлиненных и укороченных побегов берез и использование статистических методов сравнения групп данных по флукутирующей асимметрии.

Работа проводилась на двух группах листьев собранных в сентябре (г. Мурманск): с брахибластов (2012 г.) и ауксисбластов (2013 г.). У листьев измеряли по пять билатеральных признаков при помощи штангенциркуля/линейки с точностью от 0,1 до 1,0 мм: 1 – ширина половинки листа, 2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа, 3 – расстояние между основаниями первой и

второй жилкой второго порядка, 4 – расстояние между внешними концами этих же жилок, 5 – угол между главной и второй от основания жилкой второго порядка. Показатель ФА выражается десятичной дробью, представляющей отношение различий признака на правой и левой сторонах к сумме промеров листа [1].

Первоначальный этап оценки ФА заключался в построении вариационных рядов для определения характера распределения ФА в исследуемых выборках. Как правило, вариационные ряды применяют для оценки распределения признака, поскольку с помощью данного метода можно выявить отклонение признака от нормы у исследуемых показателей в выборке или, напротив, подтвердить нормальность распределения [2]. С помощью вариационных рядов выявили, что распределение ФА листьев брахибластов стремится к нормальному (рис. 1) по сравнению с ауксибластами (рис. 2). Можно предположить, что это связано с большей изменчивостью билатеральных признаков листьев на удлиненных побегах.

После установления типа распределения в анализе ФА применяют непараметрические критерии (если закон распределения отличается от нормального) или параметрические критерии, которые подчиняются нормальному распределению [4].

В нашем исследовании показатели ФА листовых пластинок брахибластов стремятся к нормальному распределению. В этом случае ряд авторов для анализа

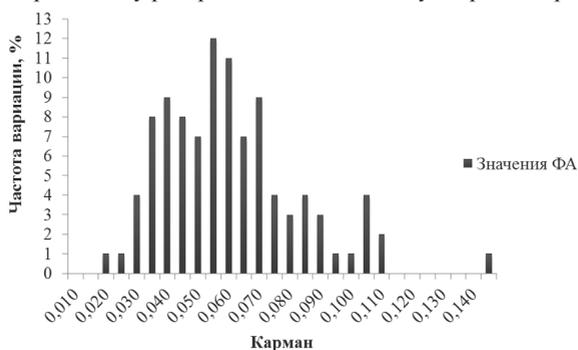


Рис. 1. Вариационный ряд значений ФА листьев брахибластов

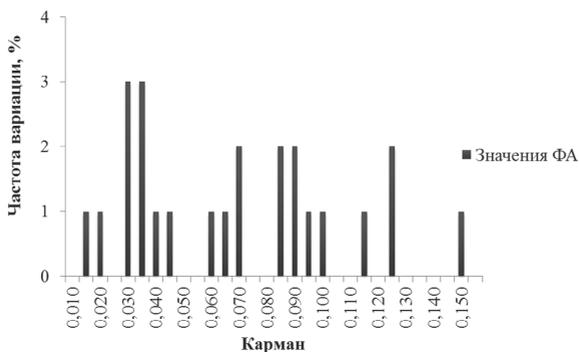


Рис. 2. Вариационный ряд значений ФА листьев ауксибластов

ФА используют средние значения и показатели вариации, такие как критерий Фишера, среднее квадратичное отклонение и т. д. В случае со значениями вариационных рядов ФА листьев ауксипластов распределение отличается от нормального, и для дальнейшего анализа обычно используют непараметрические критерии для оценки ФА в зависимости от выборок: критерий Манна – Уитни, критерий Краскела – Уоллиса, критерий Колмогорова – Смирнова и др. [4].

В нашем исследовании при оценке ФА использован медианный критерий для проверки гипотезы о нормальности распределения нескольких выборок и равенстве медиан [3].

В ходе расчетов мы одновременно проверяли равенство медиан исследуемых выборок и сравнивали распределение между выборками [3]. В результате критериальное значение медианного критерия получилось больше, чем табличное (см. табл.).

Исходя из полученных данных можно сказать, что медианы показателей ФА листьев ауксипластов в исследуемых выборках не равны между собой: площадь листьев ауксипластов на пробных площадях изменяется в соответствии с изменением уровня техногенной нагрузки. И вместе с тем в настоящем исследовании гипотеза о нормальности распределения не подтвердилась.

Проверка медианного критерия

Расчетное критериальное значение	36,27
Табличное значение χ^2	11,07

Литература

1. Захаров В. М. [и др.] Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 318 с.
2. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. 104 с.
3. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: МОРИОН, 2001. 408 с.
4. Наследов А. Д. SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2011. 400 с.
5. Swaddle J. P., Witter M. S., Cuthill I. C. The analysis of fluctuating asymmetry // *Animal Behaviour*. 1994. Vol. 48. P. 986–989.

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF FLUCTUATING ASYMMETRY CHARACTERISTICS OF BRACHYBLASTS AND AUXIBLASTS LEAVES OF BIRCH

K. M. KULESH, A. S. ISAEVA, P. G. PRIYMAK
Murmansk State Technical University, Murmansk

Summary. In this paper the analysis of fluctuating asymmetry (FA) of two groups of leaves collected from short shoots (brachyblasts) and long shoots (auxiblasts). As a result of the statistical analysis was revealed that in comparison with auxiblasts the distribution of FA of brachyblasts leaves tends to normal. In process of research was found that the medians of FA of auxiblasts leaves in investigated samples are not equal – as a consequence – the distribution of FA cannot be considered as normal.

АНАЛИЗ МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ХВОИ В ПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

А. Г. ЛЕБЕДЕВ

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров

E-mail: lesagl@mail.ru

Одна из проблем популяционной биологии древесных растений, в частности сосны обыкновенной, – выявление популяционно-хорологической структуры. Изучение данной проблемы осуществляется преимущественно на основе фенотипического и популяционно-генетического методов исследования [6–7]. При этом главенствующее положение занимает фенотипический метод, который по сравнению с популяционно-генетическим требует меньших экономических и временных затрат для сбора и обработки большого объема репрезентативного материала на значительной части ареала вида [3]. Поэтому на основе этого метода за последние десятилетия было выполнено множество работ по изучению внутривидовой морфофенотипической изменчивости структурных и функциональных признаков и особенности географической дифференциации вида в различных частях ареала. Основным объектом феногеографических исследований являются шишки, семена, семенные крылышки, которые собираются со срубленных деревьев в насаждениях сосны. Однако сбор шишек ограничивается существующей периодичностью семеношения деревьев, непродолжительностью сезона возможной заготовки шишек, отсутствием действующих лесосек в пунктах отбора выборки [2]. Поэтому необходимо провести морфолого-анатомические исследования вегетативных органов с целью выделения высокоинформативных маркеров.

Цель наших исследований – изучить изменчивость морфолого-анатомических признаков хвои в связи с дифференциацией популяций сосны обыкновенной и необходимостью выделения маркеров популяций.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в трех хорологически смежных морфофенотипически выделенных ранее популяциях сосны обыкновенной – Сысоло-Вычегодской, Северодвинской, Верхневетлужской [1]. В каждой популяции собрано по две выборки хвои. Для формирования выборки использовалось 70 деревьев (за исключением Сысольского лесничества Республики Коми, где их количество равно 48).

От каждого дерева в средней части центрального побега 2012 г. отбирали по 20 пар хвоинок, которые помещали в отдельные пакетики. Соблюдали следующие принципы формирования выборок: 1) внутривидовая и межвидовая равноудаленность друг от друга (примерно 90–120 км); 2) репрезентативность; 3) лесотипологическая однородность насаждений во всех пунктах сбора хвои (тип леса – сосняк брусничниковый).

При изучении морфолого-анатомического строения хвои использовали методические рекомендации Л. Ф. Правдина [8] и С. А. Мамаева [5]. Для этого из каждой пары отбирали одну хвоинку и с помощью линейки измеряли ее длину (L). В средней части хвоинки делали поперечный срез, на котором с помощью микроскопа МБС-1 определяли количество смоляных каналов общее (N_1) и с выпуклой стороны (N_2), измеряли ширину (l) и толщину (h) хвоинки. На основании полу-

ченных данных для каждого дерева вычисляли индекс формы поперечного сечения хвои (h/l), примерную площадь поперечного сечения хвои ($l \times h$), отношение общего числа смоляных каналов к площади поперечного сечения хвои ($N_1/l \times h$), отношение числа смоляных каналов с выпуклой стороны к площади поперечного сечения хвои ($N_2/l \times h$) и аллометрические индексы $N_2/l + 2h$ и N_1/L . Полученные данные по каждому количественному признаку обработаны статистически с помощью компьютерной программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Количественные признаки хвои имеют различные уровни индивидуальной изменчивости. Во всех выборках наиболее низкой изменчивостью отличается индекс формы поперечного сечения хвои ($CV = 4,6\text{--}6,2\%$), что по шкале С. А. Мамаева [5] соответствует очень низкому уровню варьирования ($CV < 7\%$). Ширина и высота поперечного среза хвои имеют низкий уровень изменчивости ($CV = 7,0\text{--}11,8\%$). Остальные признаки во всех выборках варьируют на среднем ($CV = 13\text{--}20\%$), повышенном ($CV = 21\text{--}30\%$) и высоком ($CV = 31\text{--}40\%$) уровнях.

Средние выборочные значения признаков-маркеров популяционного уровня в пределах каждой популяции должны быть однородными, т. е. статистически значимо не различаться между собой при уровне значимости $p_{0,05}$ [1]. Анализ средних выборочных параметров в популяциях показывает, что по t -критерию все изучаемые признаки, за исключением относительного показателя N_1/L и индекса формы поперечного сечения хвои (h/l), статистически значимо различаются и поэтому не могут являться маркерами популяций. Средние значения относительного показателя N_1/L в каждой популяции очень однородны, а при попарном сравнении хронологически смежных популяций (Сысоло-Вычегодская и Северодвинская, Северодвинская и Верхневетлужская) – различны. Это подтверждается статистической оценкой классовых частот рядов распределений индивидуальных значений признака. По критерию χ^2 [4] выборки каждой популяции однородны (критерий $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{0,05}$) (табл. 1), а суммарные ряды распределения выборочных частот каждой популяции статистически значимо различаются (критерий $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{0,001}$) (табл. 2).

Следовательно, по относительному показателю N_1/L Сысоло-Вычегодская популяция отличается от хронологически смежной Северодвинской, а Северодвинская от Верхневетлужской.

Выборки по индексу формы поперечного сечения хвои внутри каждой популяции статистически однородны (критерий $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{0,05}$). По этому индексу Сысоло-Вычегодская популяция не отличается от Северодвинской, однако Северодвинская популяция статистически значимо отличается от Верхневетлужской (критерий $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{0,001}$). Вероятно, полное равенство выборочных средних значений индекса формы поперечного сечения хвои в Сысоло-Вычегодской и Северодвинской популяциях обусловлено их слабой генетической подразделенностью и недостаточной высокой информативностью выявленного нами маркера.

Таким образом, относительный показатель числа смоляных каналов к длине хвои (N_1/L) и индекс формы поперечного сечения хвои являются достаточно информативными маркерами популяций *P. sylvestris*.

Таблица 1

Результаты оценки однородности выборок хвои в популяциях сосны обыкновенной по классовым частотам рядов распределения индивидуальных значений относительного показателя N_i/L

Сравниваемые выборки	Число степеней свободы	$\chi^2_{\text{факт.}}$	$\chi^2_{0,05}$
Визинга и Объячево	4	1,9	9,5
Красноборск и Великий Устюг	4	6,7	9,5
Пышуг и Вохма	4	4,9	9,5

Таблица 2

Результаты оценки достоверности различий хронологически смежных популяций сосны обыкновенной по классовым частотам рядов распределения объединенных выборочных значений относительного показателя N_i/L

Сравниваемые популяции	Число степеней свободы	$\chi^2_{\text{факт.}}$	$\chi^2_{0,001}$
Сысоло-Вычегодская и Северодвинская	2	26,3	13,8
Северодвинская и Верхневелужская	2	27,7	13,8

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №12-04-00062-а).

Литература

1. Видякин А. И. Популяционная структура сосны обыкновенной на востоке европейской части России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2004. 48 с.
2. Видякин А. И., Лебедев А. Г. Эндогенная и временная изменчивость числа смоляных каналов в хвое деревьев сосны обыкновенной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (1). С. 371–375.
3. Видякин А. И. Методические основы выделения фенов лесных древесных растений (на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)). Сыктывкар, 2010. 28 с.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
5. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 283с.
6. Петрова И. В., Санников С. Н. Изоляция и дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 160 с.
7. Политов Д. В. Генетика популяций и эволюционные взаимоотношения видов сосновых (сем. Pinaceae) Северной Евразии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 47 с.
8. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная: изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.

THE ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL VARIABILITY OF NEEDLE QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE SCOTCH PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POPULATION

A. G. LEBEDEV

Vyatka State Agricultural Academy, Kirov

Summary. In the article the author examines the variability of quantitative characteristics of needle in three chronologically related populations of the Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). The levels of their individual variability are defined. The author draws the conclusion that the quite informative parameters in the *P. sylvestris* population are the index of the number of resin ducts to the needle length and the index of the form of needle cross-section.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ КОМПЛЕКСОНЫ В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Е. С. ЛОГИНОВА, В. М. НИКОЛЬСКИЙ, Л. Н. ТОЛКАЧЕВА, А. А. ЯКОВЛЕВ

Тверской государственный университет

E-mail: jeniatver@inbox.ru

В рациональном использовании посевных угодий, повышении урожайности культур и получении экологически чистых продуктов заключается главная задача сельскохозяйственного производства. Решение этой задачи может быть найдено в стимулировании роста сельскохозяйственных культур экологически безопасными биопрепаратами.

Нами осуществлена разработка биопрепаратов на основе экологически безопасных комплексонов, производных янтарной кислоты (КПЯК), которые, кроме эффективной транспортной функции по доставке в растения микроэлементов, проявляют еще одно важнейшее свойство – способность на свету в условиях живой природы распадаться на фрагменты, в состав которых входят аминокислоты в усвояемом виде.

В растениеводстве комплексоны микроэлементов (меди, цинка, кобальта и железа) с такими комплексонами, производными янтарной кислоты, как этилендиаминдиантарная кислота (ЭДДЯК) или иминодиантарная кислота (ИДЯК), используются не только как стимуляторы роста растений, но и в качестве антихлорозного препарата. Комплексы цинка с ЭДДЯК и ИДЯК оказывают благотворное влияние на физиологическое состояние, рост и продуктивность растений. Эффективный состав на базе комплексонов для стимулирования растений картофеля был предложен нами еще 20 лет назад [6].

Традиционные биопрепараты, например, даже природного происхождения (гуматы), стимулируют рост не только культурных растений, но и сорняков. Мы же предлагаем новые мощные биопрепараты точечного (обработка семян) и кратковременного (в нужный период развития растений) воздействия.

Предлагаемые соединения, эффективно выполнив транспортную функцию по доставке биометаллов и бора растению или животному, на свету или в условиях естественного сброса быстро разлагаются на составляющие их аминокислоты и не сдвигают экологического равновесия.

Таким образом, наши биопрепараты, показывая высокую эффективность действия, в отличие от других стимуляторов роста, не переходят в окружающую

среду и не входят в состав сельхозпродукции, а значит, не портят вкуса, диетических и лечебных свойств этой продукции. Сегодня предложенные нами способы стимулирования роста растений с применением разлагаемых под действием света комплексонов биометаллов позволяют получить продукты здорового питания, содержащие высококачественные пищевые ингредиенты и выращенные без нарушения экологического равновесия.

В целях устранения негативных последствий антропогенного воздействия на природные экосистемы нами используется способ стимулирования роста растений с помощью КПДК, например, иминодиянтарной кислоты [2]. Для восполнения нехватки растениям микроэлементов с одновременным стимулированием роста этих растений используются комплексоны биометаллов [1, 3]. Для увеличения эффективности ростостимуляторов на основе экологически безопасных гуминовых кислот нами разработаны комплексные гуминовые стимуляторы роста, в состав которых введены КПДК [7].

В ходе отработки агротехнических приемов, обеспечивающих эффективную ростостимулирующую деятельность растений, нами запатентованы оригинальные устройства [4, 5].

Литература

1. Копич Н. И. [и др.]. Способ получения минерального комплекса с помощью этилендиаминдиянтарной кислоты: заявка на патент РФ № 2014107741 от 28.02.2014.
2. Никольский В. М. [и др.]. Способ предпосевной обработки семян: патент РФ № 2399183, опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.
3. Никольский В. М. [и др.]. Способ стимулирования роста растений: заявка на патент РФ № 2014107758 от 28.02.2014.
4. Никольский В. М., Яковлев А. А. Стеклопластиковая емкость для замачивания семян в составе прибора для последовательного замачивания семян растений в растворах различной рецептуры: патент РФ № 142429, опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.
5. Трофимова Т. В. [и др.]. Устройство для замачивания семян: патент РФ № 134732, опубл. 27.11.2013, Бюл. № 33.
6. Штефырцэ А. А. [и др.]. Состав для стимулирования развития растений картофеля: авторское свидетельство на изобретение РФ № 1825610, опубл. 07.07.1993, Бюл. № 25.
7. Яковлев А. А., Никольский В. М., Толкачева Л. Н. Способ получения гуминовых стимуляторов роста: заявка на патент РФ № 2014129955 от 22.07.2014.

ENVIRONMENTALLY SAFE CHELATING AS STIMULATORS OF PLANT GROWTH

E. S. LOGINOVA, V. M. NIKOLSKIY, L. N. TOLKACHEVA, A. A. YAKOVLEV

Tver State University, Tver

Summary. We carried out development of biological products on the basis of ecologically safe complexones which proved as the effective stimulating preparations for agriculture. The offered compounds, having effectively executed transport function on delivery of biometals to a plant or an animal, on light or in the conditions of natural dumping quickly decay on the amino acids making them and don't shift ecological equilibrium.

ЭНДЕМИЧНЫЕ ВИДЫ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

С. Р. МИФТАХОВА

Всероссийский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург

E-mail: urmanchy@yandex.ru

Дикие родичи культурных растений (ДРКР) – это эволюционно-генетически близкие к культурным растениям виды естественной флоры, входящие с ними в один род. Экономическая ценность видов ДРКР заключается в том, что многие из них перспективны для введения в культуру и использования в процессе получения новых сортов. Наряду с культурными видами ДРКР входят в состав генетических ресурсов растений, которые необходимо сохранять в целях обеспечения продовольственной безопасности государства [2]. Существует два основных метода сохранения генресурсов растений – *ex situ* (в коллекциях) и *in situ* (в составе растительных сообществ). Сохранение генетического разнообразия растений в составе природных экосистем является сегодня одним из приоритетных направлений [3]. Для реализации данной задачи на территории России разрабатывается единая стратегия сохранения *in situ* культурных растений и их диких родичей, важной составляющей которой является изучение ДРКР в составе региональных флор [6].

Как правило, большинство ДРКР – это широко распространенные виды, не нуждающиеся в организации специальных мер по сохранению. Однако часть видов являются редкими и уязвимыми и требуют особого внимания исследователя. К этой группе, в частности, относятся ДРКР с узколокальным ареалом [2].

Во флоре Республики Башкортостан насчитывается 252 аборигенных вида ДРКР из 75 родов и 22 семейств (список включает виды пищевого, кормового и технического значения), из них эндемиками флоры являются 17 видов.

Эндемичные виды ДРКР представлены в основном южноуральскими и уральскими элементами. Больше всего эндемичных видов содержат семейства *Lamiaceae* и *Poaceae*, причем по количеству эндемиков лидирует род *Thymus* (см. табл.).

Согласно классификации П. Л. Горчаковского, эндемики во флоре Урала, и Башкортостана в том числе, по эколого-ценотической приуроченности и особенностям своего происхождения подразделяются на высокогорные, скально-горно-степные и широколиственно-лесные виды [1].

Единственным широколиственно-лесным эндемиком среди ДРКР является *Lathyrus litvinovii* – вид кавказского происхождения, связанный с опушками широколиственных и хвойно-широколиственных лесов западного склона Южного Урала и Предуралья [5]. Растение широко распространено в республике: не встречается только в наиболее возвышенной части гор, а также на юге Зауралья.

Высокогорные эндемики характерны для подгольцового и горно-тундрового поясов Урала: к высокотравным подгольцовым лугам приурочены местообитания *Alopecurus glaucus*; в сообществах горных тундр встречается *Festuca igoschiniae*; на скалах выше границы леса можно обнаружить *Thymus paucifolius*. Все известные в Башкортостане местонахождения данных видов относятся к наиболее высоким вершинам Южного Урала – горам Ирмель и Ямантау.

Эндемичные виды ДРКР во флоре Республики Башкортостан

Таксон	Географическая группа*	Эколого-ценотическая группа**
Asteraceae <i>Serratula gmelinii</i> Tausch.	ПЮ	СГ
Fabaceae <i>Glycyrrhiza korshinskyi</i> Grig. <i>Lathyrus litvinovii</i> Iljin	ЮУ ЮУ	СГ ШЛ
Lamiaceae <i>Thymus bashkiriensis</i> Klokov & Des.-Shost. <i>T. binervulatus</i> Klokov & Des.-Shost. <i>T. cimicinus</i> F.K. Blum ex Ledeb. <i>T. mugodzharius</i> Klokov & Des.-Shost. <i>T. paucifolius</i> Klokov <i>T. punctulosus</i> Klokov <i>T. talijevii</i> Klokov & Des.-Shost. <i>T. uralensis</i> Klokov	УР ЮУ ПЮ ЮУ УР ЮУ УР УР	СГ СГ СГ СГ В СГ СГ СГ
Linaceae <i>Linum uralense</i> Juz.	ПЮ	СГ
Poaceae <i>Alopecurus glaucus</i> Less. <i>Elymus uralensis</i> (Nevski) Tzvelev <i>Elytrigia pruinifera</i> Nevski <i>Elytrigia reflexiaristata</i> (Nevski) Nevski <i>Festuca igoschiniae</i> Tzvelev	УР ЮУ ЮУ УР ЮУ	В СГ СГ СГ В

* ПЮ – поволжско-южноуральские эндемики, ЮУ – южноуральские, УР – уральские; ** СГ – скально-горнотепные, ШЛ – широколиственно-лесные, В – высокогорные

Скально-горнотепные эндемики представляют собой слабо обособленные и молодые по возрасту местные расы, возникшие в результате миграции на Урал европейских и сибирских видов в плейстоцене [5]. *Elymus uralensis* встречается по лесным и остепненным лугам в западных и восточных предгорьях Южного Урала. *Elytrigia reflexiaristata* и *E. pruinifera* произрастают на каменистых склонах и скалах Южного Урала, а также в Зауралье. *E. reflexiaristata* встречается и севернее, доходя до Среднего Урала.

Местообитания *Glycyrrhiza korshinskyi* связаны с солонцеватыми лугами на юге Зауралья. *Linum uralense* встречается на каменистых степных склонах и скальных обнажениях в южной части Башкортостана. *Serratula gmelinii* характеризуется почти повсеместным распространением в республике (кроме самой северной ее части и высокогорий). Местообитания вида приурочены к луговым степям и зарослям кустарников.

Около 2/3 видов тимьянов, распространенных в Башкортостане, являются скально-горнотепными эндемиками. Пять видов (*Thymus bashkiriensis*, *T. mugodzharius*, *T. punctulosus*, *T. talijevii*, *T. uralensis*) встречаются как в Предуралье, так и на Южном Урале в типичных для них местообитаниях – каменистых степях,

выходах известняков и мергелей, по береговым скалам. Два вида имеют более ограниченное распространение: *Thymus binervulatus* (единственное известное местонахождение вида связано со скалами хребта Крыкты на восточном макросклоне Южного Урала) и *T. cimicinus* (вид встречается в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности на западе республики).

Три вида из числа эндемичных ДРКР включены в региональную Красную книгу: *Glycyrrhiza korshinskyi*, *Thymus cimicinus*, *Linum uralense* [4]. Помимо них к сохранению *in situ* в Республике Башкортостан рекомендуются четыре стено-топных вида, имеющих узко локализованное распространение на исследуемой территории: *Alopecurus glaucus*, *Festuca igoschiniae*, *Thymus paucifolius*, *T. binervulatus*.

Литература

1. Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск, 1969. 286 с.
2. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 766: Дикие родичи культурных растений России / авт.-сост. Смекалова Т. Н., Чухина И. Г. СПб: ГНЦ РФ ВИР, 2005. 54 с.
3. Конвенция о биологическом разнообразии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cbd.int> (дата обращения: 29.07.14).
4. Красная книга Республики Башкортостан. В 2 т. Т. 1: Растения и грибы / под ред. д-ра биол. наук, проф. Миркина Б. М. 2-е изд. доп. и перераб. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
5. Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург; Миасс: Геотур, 2005. 537 с.
6. Современные методы и международный опыт сохранения генофонда дикорастущих растений (на примере диких плодовых). Алматы, 2011. С. 62–69.

ENDEMIC SPECIES OF CROP WILD RELATIVES IN FLORA OF BASHKORTOSTAN REPUBLIC

S. R. МИҒТАКНОВА

N. I. Vavilov Institute of Plant Industry, St. Petersburg

Summary. There are 17 endemic species of crop wild relatives (CWR) in Bashkortostan Republic. 3 of them are included into the regional Red List (*Glycyrrhiza korshinskyi*, *Thymus cimicinus*, *Linum uralense*). In addition, 4 stenotopic species are recommended for *in situ* conservation: *Alopecurus glaucus*, *Festuca igoschiniae*, *Thymus paucifolius*, *T. binervulatus*.

ОСОБЕННОСТИ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

В. А. ПОЛЕВКОВА

Тверской государственный университет

E-mail: polevok-lesnik@yandex.ru

Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. – одна из основных лесообразующих пород Тверской области, возобновляется исключительно семенным путем, поэтому имеет большое значение изучение особенностей семенной продуктивности сосны и ее зависимость от различных факторов. Известная русская поговорка «от худого семени не жди доброго племени» означает необходимость использования качественных семян для получения хорошего посадочного материала и выращивания в будущем высокопродуктивных лесов с качественной древесиной. Вопро-

сам семенной продуктивности сосны посвящено много работ, в том числе и диссертационных. Однако в каждой конкретной местности, в конкретном древостое семенная продуктивность отличается. Т. П. Некрасова [2] выделяет следующие факторы, влияющие на урожай семян: систематические и случайные. Систематические факторы – внутренние (возраст и генотип дерева) и внешние (свет, тепло, влага, почва). Случайные факторы – болезни, вредители, потребители семян и др.

В работе сделана попытка определить семенную продуктивность сосен на примере деревьев, произрастающих в Комсомольской роще города Твери. В ходе исследования проводили измерение размеров шишек нижних ветвей, выясняли особенности формирования семян в шишках, определяли количество семян в шишке и степень их выполненности. На основе полученных данных показали зависимость сформированности семени от размера шишки.

Выяснено, что ветвь в мутовке может иметь от 3 до 34 шишек, в среднем на одну ветвь приходится 17 шишек. Наши данные [3] вполне согласуются с литературными – от 4 до 32 в мутовке [1]. Максимальный размер шишек (длина/ширина) составил 44/33 мм, минимальный соответственно 21/17 мм, средний показатель – 33/21, при этом 44 % шишек крупнее среднего показателя.

Интересно отметить, что у сосны хорошо выполненные семена находятся только в верхней части шишки, где к моменту созревания семян чешуи отгибаются. В нижней части шишки семена не формируются. На наш взгляд, это может быть следствием неудавшегося опыления или недоразвития семезачатков (табл. 1).

Таблица 1

Средние морфометрические показатели женских шишек сосны (мм)

Длина	Ширина	Часть шишки с семенами	Часть шишки без семян
33,4	21,3	18,3	15,8

С размером шишек связана и степень выполненности семян. Вес одного семени колеблется от 55 мг (максимально) до 29 мг, соответственно наиболее крупные семена формируются в крупных шишках. Данные по размерам семян показаны в табл. 2.

Таблица 2

Средние размеры семян сосны

Среднее число семян в шишке	Средний вес одного семени (мг)	Длина семени (мм)	Ширина семени (мм)	Длина/ширина крылатки
8	24,4	3	1,9	10/3,6

Таким образом, обследованные нами деревья сосны имеют сравнительно низкую семенную продуктивность, что, возможно, связано с сильной антропогенной нагрузкой. Для получения более качественных семян необходимо выделить «плюсовые» деревья (находящиеся в центральной части зеленой зоны), более урожайные по количеству семян и степени их выполненности. Полученные нами данные могут иметь ориентировочное значение при проведении подобных работ.

Литература

1. Бажина Е. В., Аминев П. И. Морфология побегов и особенности семенной продуктивности макростробиллов деревьев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., пораженных биаторелловым раком // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. 23. № 2. С. 196–202.

2. Некрасова Т. П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск: Наука, 1972. 274 с.

3. Полевкова В. А. К вопросу о семенной продуктивности сосны (*Pinus sylvestris* L.) // Материалы XII научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, апрель 2014 года: сб. ст. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. С. 58–59.

FEATURES OF SEED PRODUCTIVITY OF PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.).

V. A. POLEVKOVA

Tver State University, Tver

Summary. It was ascertained the seed productivity of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in the conditions of Komsomolskaya grove of Tver city. It shows dependence of seeds quantity and quality from degree of cone development.

ОСОБЕННОСТИ СЕМЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ГЕЙХЕР

А. А. РЕУТ, Л. Н. МИРОНОВА

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН,

Уфа, Республика Башкортостан

E-mail: cvetok.79@mail.ru

Известно, что для рода *Heuchera* L. характерно семенное и вегетативное размножение (делением корневища и зелеными черенками) [1]. Семенной способ наиболее распространенный. Однако, по данным некоторых авторов, виды рода *Heuchera* L. относятся к группе растений, которая достаточно плохо размножается семенами. Поэтому первым этапом интродукционного изучения видов рода *Heuchera* L. было определение таких качеств семян, как всхожесть и энергия прорастания в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья.

Под всхожестью понимают количество семян, которые нормально проросли при оптимальных для данного вида условиях, выраженное в процентах по отношению к количеству взятых семян. Под энергией прорастания, которая характеризует дружность прорастания, понимают количество семян, которые проросли за определенный срок, установленный стандартом, выраженное в процентах [2].

Объектами исследования были семена 6 видов: *H. chlorantha* Piper, *H. cylindrica* Douglas ex Hook., *H. parvifolia* Nutt. ex Torr. et A. Gray, *H. pubescens* Pursh, *H. rubescens* Torr., *H. villosa* Michx. Для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести 100 штук семян каждого вида высевали в чашки Петри 7 марта 2013 г. при комнатной температуре. Первые всходы появились уже через семь дней – 13 марта у *H. pubescens* и *H. villosa*. За всходами наблюдали на протяжении 30 дней.

Согласно ГОСТ 24933.0-81 энергия прорастания семян у гейхеры определяется на пятые сутки, а всхожесть – на десятые. Так как первые семена проросли только на седьмой день, то энергия прорастания у всех изученных видов очень низкая. Возможно, это говорит о том, что энергия прорастания семян зависит от степени их зрелости, т. е. чем лучше они созрели, тем выше энергия прорастания. Кроме того, чем лучше энергия прорастания и всхожесть, тем выше качество семян.

Выявлено, что наибольший показатель всхожести имеют *H. villosa* – 18 % и *H. pubescens* – 10 %, наименьший – *H. cylindrica* и *H. rubescens* – 2 %. Остальные

виды не проросли в ограниченные ГОСТом сроки. Окончательные данные по всхожести семян выглядят следующим образом: наибольший процент у *H. pubescens*, *H. rubescens* – по 80 % и у *H. villosa* – 70 %, наименьший – у *H. chlorantha* – 6 %.

Таким образом, анализ всхожести семян 6 видов рода *Heuchera* L. позволил установить наиболее высокие показатели у *H. villosa* – 18 % и *H. pubescens* – 10 %. Энергия прорастания семян данных видов низкая, что говорит о том, что такие семена всходят неодновременно и медленно, поэтому складывается впечатление, что они некачественные.

В целях повышения всхожести и энергии прорастания семян представителей рода *Heuchera* L. был проведен рекогносцировочный опыт по использованию регуляторов роста для повышения данных показателей. Объектами исследования были семена 4 видов: *H. chlorantha*, *H. parvifolia*, *H. pubescens*, *H. villosa*. Схема проведения опыта следующая: 1) контроль (вода); 2) регулятор роста *Biodux* (д. в. – арахионовая кислота); 3) жидкое органоминеральное удобрение «Для рассады» (д. в. – NH_4+NO_3 , P_2O_5 , K_2O , органические вещества – гуматы). Для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести 100 штук семян каждого вида высевали в чашки Петри 3 июня 2013 г. при комнатной температуре. За всходами наблюдали на протяжении 45 дней.

Согласно полученным результатам, регуляторы роста оказали положительное влияние как на энергию прорастания, так и на всхожесть семян гейхер. Выявлено, что у *H. pubescens* и *H. villosa* энергия прорастания в вариантах опыта с жидким органоминеральным удобрением «Для рассады» составила 10 % в отличие от контроля. Показано, что максимальная всхожесть семян наблюдалась у *H. villosa* – 80 % и *H. pubescens* – 60 % в вариантах опыта с жидким органоминеральным удобрением «Для рассады», что в 4–6 раз больше, чем в контроле. На всхожесть семян *H. chlorantha* и *H. parvifolia* данный регулятор роста также оказал влияние, но в меньшей степени – всхожесть увеличилась в 1–3 раза по сравнению с контролем.

Регулятор роста *Biodux* ингибировал процесс прорастания и всхожести семян большинства видов, кроме *H. villosa*. У данного вида энергия прорастания с *Biodux* составила 4 %, а всхожесть семян – 23 %, что в 1,3 раза больше, чем в контроле. Следовательно, для каждого вида необходим подбор индивидуальных регуляторов роста растений и оптимальных условий их использования.

Таким образом, выявлена положительная отзывчивость *H. chlorantha*, *H. parvifolia*, *H. pubescens*, *H. villosa* на обработку регуляторами роста растений (арахионовая кислота, NH_4+NO_3 , P_2O_5 , K_2O , гуматы). Наиболее эффективным оказалось жидкое органоминеральное удобрение «Для рассады» (при замачивании семян гейхеры их всхожесть повысилась в 1,3–6 раз). Самой отзывчивой на обработку ФАВ оказалась *H. villosa*.

Литература

1. Миронова Л. Н., Воронцова А. А., Шипаева Г. В. Итоги интродукции и селекции декоративных травянистых растений в Республике Башкортостан. Ч. 1. М.: Наука, 2006. 211 с.
2. Миронова Л. Н., Реут А. А., Шипаева Г. В. Ассортимент декоративных травянистых растений для озеленения населенных пунктов Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2013. 92 с.

FEATURES OF SEED BREEDING OF *HEUCHERA*

A. A. REUT, L. N. MIRONOVA

Federal State Institution of Science Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Republic of Bashkortostan, Ufa

Summary. Work is devoted to the study of seed reproduction of 6 species of the genus *Heuchera* L. It is shown that the highest rates of germination were observed in *H. pubescens*, *H. rubescens* – 80% and *H. villosa* – 70% less – in *H. chlorantha* – 6%. The positive responsiveness *H. chlorantha*, *H. parvifolia*, *H. pubescens*, *H. villosa* processing plant growth regulators.

ЭКОЛОГИЯ *LYCOPUS EUROPAEUS* L. (СЕМ. LAMIACEAE)

С. В. ШАБАЛКИНА, И. В. ЧАЗОВА

Вятский государственный гуманитарный университет, Киров

E-mail: botany@vshu.kirov.ru

Одно из ведущих направлений современной экологии – описание экологического статуса видов по отношению к конкретным абиотическим факторам [4]. Это позволяет количественно определить толерантность видов различных биоморф, проанализировать их предпочтения и экологические позиции. Экологические потребности *Lycopus europaeus* L. – зюзника европейского – оценены по различным шкалам: оптимумным Н. Ellenberg [5] и Е. Landolt [6], амплитудно-оптимумным Л. Г. Раменского [2] и амплитудным Д. Н. Цыганова [3].

Н. Ellenberg [5] считает *L. europaeus* в равнинных областях Западной и Средней Европы полусветовым (7 по шкале освещенности), произрастающим на сырых, плохо аэрируемых (9 по шкале влажности), в основном нейтральных, а также кислых и щелочных (7 по шкале кислотности), богатых минеральным азотом (7 по шкале богатства почвы минеральным питанием) почвах. По Е. Landolt [6] в горных областях это растение полутеневое, встречающееся при относительной освещенности более 10 % (3 по шкале освещенности), обитающее на почвах: тонкодисперсных (глинистых и торфянистых), обычно водонепроницаемых и плохо аэрируемых (5 по шкале механического состава); слабокислых, иногда нейтральных и слабощелочных (3 по шкале кислотности); исключительно богатых гумусом (5 по шкале содержания гумуса), но от среднебедных до среднебогатых питательными веществами, особенно азотом (3 по шкале богатства почвы питательными веществами); предпочитает сырые и избегает среднеувлажненные местообитания (5 по шкале влажности).

Согласно Л. Г. Раменскому [2] в условиях бывшего СССР особи *L. europaeus* предпочитают средне и сильно обводненные (по шкале увлажнения) болота с достаточно богатыми (по шкале богатства и засоления почвы) торфянисто-глевыми и торфяными слабокислыми и нейтральными почвами, в меньшей степени – влажные и сырые, бедные и небогатые луга, на которых процент покрытия мал. Высчитав точку оптимума как полусумму ограничительных ступеней при обилии вида «обильно», определили принадлежность *L. europaeus* к следующим экологическим группам: по отношению к влажности – гипогидрофит, богатству почвы – эутроф.

В соответствии с представлениями Д. Н. Цыганова [3] в подзоне хвойно-широколиственных лесов Европейской части бывшего СССР амплитуда экологического ареала этого вида описывается следующим образом. По *термоклиматической шкале (Tm)* вид находится в диапазоне от 5 до 13 баллов, т. е. может быть отнесен к девяти экологическим свитам. Условия обитания *L. europaeus* соответствуют режимам от бореального до средиземноморского. Термоморфа – ВМ. Согласно *шкале континентальности климата (Kn)* *L. europaeus* занимает промежуток от 3 до 15 баллов, что обеспечивает приуроченность к 2-й океанической, субокеанической, морской, приморской, субматериковой, 1-й и 2-й материковым, полу-, суб- и мезоконтинентальным, 1-й и 2-й континентальным и ультраконтинентальной экологическим свитам. Особи могут произрастать в условиях от океанического до ультраконтинентального климата. Контрастоморфа – ОУ. В соответствии с *омброклиматической шкалой аридности-гумидности (Om)* *L. europaeus* способен встречаться в условиях от эуаридных до гумидных. Диапазон шкалы от 3 до 11 баллов свидетельствует о возможной принадлежности к эуаридной, 1-й и 2-й мезоаридным, 1-й и 2-й субаридным, семиаридной, 1-й и 2-й субгумидным, мезогумидным экологическим свитам. Омброморфа – ВФ. По *криоклиматической шкале (Cr)* пределы толерантности ограничиваются баллами от 2 до 13, что обеспечивает приуроченность к 2-й гиперкриотермной, 1-й и 2-й крио-, субкрио- и гемикриотермным, акриотермной, 1-й и 2-й субтермофильным экологическим свитам. *L. europaeus* произрастает в условиях от суровых до очень теплых зим. Криоморфа – +LQ.

Согласно *шкале увлажнения почв (Hd)* растения могут встречаться в местообитаниях от сухолесолуговых до прибрежно-водных, находясь в диапазоне от 11 до 21 баллов. Гидроморфа – са. Граница *шкалы солевого режима почв (Tr)* в интервале от 3 до 9 баллов у *L. europaeus* обуславливает отнесение к экологическим свитам от гликосемиолиготрофной до гликоэвтрофной. Особи *L. europaeus* способны произрастать на бедных, небогатых и богатых почвах. Трофоморфа – оЕ. В соответствии со *шкалой кислотности почв (RC)* *L. europaeus* может обитать как на очень кислых, так нейтральных и слабощелочных почвах, что согласуется с данными Н. Ellenberg и Е. Landolt. Диапазон шкалы от 1 до 11 баллов свидетельствует о возможной принадлежности к 1-й и 2-й гипер-, пер-, мезо- и субацидофильным, нейтрофильной, 1-й и 2-й субалкалофильным свитам. Ацидоморфа – аф. По *шкале богатства почв азотом (Nt)* *L. europaeus* предпочитает режимы в границах от 4 до 9 баллов, т. е. бедные, достаточно обеспеченные и богатые почвы. Это обуславливает приуроченность к 1-й и 2-й геми-, субнитрофильным и нитрофильным свитам. Нитроморфа – +In. Согласно *шкале переменности увлажнения почв (fH)* *L. europaeus* соответствует диапазон от 3 до 7 баллов, т. е. может быть отнесен к пяти экологическим свитам. Особи произрастают на почвах с относительно устойчивым, а также слабо и умеренно переменным увлажнением. Гидроконтрастоморфа – qs.

По *шкале освещенности-затенения (Lc)* растения могут встречаться как на открытых, так и полуоткрытых участках, в светлых лесах. *L. europaeus* занимает диапазон от 1 до 5 баллов, что соответствует внелесной (световой), полянной

(субсветовой), кустарниковой, разреженнолесной и светло-лесной свитам. Гелиоформа – GM.

Балл условно оптимального типа экологического режима находится как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности вида. Таким образом, согласно Д. Н. Цыганову *L. europaeus* предпочитает субаридные (Om = 7) условия материков (Kn = 9) с суммарной радиацией 40–50 ккал/см² · год (Tm = 9), умеренные и мягкие зимы со средней температурой самого холодного месяца от 0 до –16 °С (Cr = 7,5), световой режим полуоткрытых (Lc = 3) сыро- и болотно-лесолуговых (Hd = 16) пространств со слабо или умеренно переменным увлажнением (fH = 5), слабокислые (Rc = 6), небогатые и довольно богатые почвы (Tr = 6), в том числе и по обеспеченности азотом (Nt = 6,5).

На основе градации шкал по методике Л. А. Жуковой [1] определена потенциальная экологическая валентность вида. *L. europaeus* обладает высокой валентностью по отношению к четырем факторам (Tm = 0,70; Kn = 0,87; Cr = 0,80; Rc = 0,85), по остальным является мезовалентным (Tr = 0,37; fH = 0,45; Hd = 0,48; Nt = 0,55; Lc = 0,56; Om = 0,60). Индекс толерантности – 0,61, что характеризует вид как гемиеврибионтный в совокупности к десяти факторам, т. е. особи обладают достаточно высокой возможностью использования разнообразных местообитаний, наиболее требовательно относясь к солевому режиму и переменности увлажнения почв.

Таким образом, использование имеющихся шкал позволяет отнести *L. europaeus* к следующим экологическим группам: эунеморал, субаридофит, субкриофит, гидрофит, гликопермезотроф, субнитрофит, мезоацидофит, гемиконтрастофит, гелиофит.

Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057)

Литература

1. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность: в 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256–270.
2. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
3. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
4. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 2010. 368 с.
5. Ellenberg H. Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1974. 216 s.
6. Landolt E. Ökologische Zeigewerte der Schweizer Flora / Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. H. 64. S. 1–208.

ECOLOGY *LYCOPUS EUROPAEUS* L. (FAM. LAMIACEAE)

S. V. SHABALKINA, I. V. CHAZOVA

Yvatka State University of Humanities, Kirov

Summary. Ecological preferences of *Lycopus europaeus* L are estimated on scales of H. Ellenberg, E. Landolt, L. G. Ramensky and D. N. Tsyganov. With the use of gradation scales of D. N. Tsyganov it is established that the species is gemievrbionty.

ФЛОРА КОНЬЮГАТ (*ZYGNEMATOPHYCEAE*) НЕКОТОРЫХ ЗАРАСТАЮЩИХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

А. С. ШАХМАТОВ

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: shahmatov1992@mail.ru

К классу *Zygnematophyceae* (*Conjugatophyceae*) относят стрептофитные (*Streptophyta*) водоросли с нитчатым, коккоидным или колониальным устройством таллома, обладающие особым типом полового размножения – конъюгацией. Конъюгаты распространены на всех шести континентах и обитают главным образом в пресноводных водоемах, где они весьма часто, особенно на мелководье, образуют большие слизистые скопления.

Исследования проводились в период с 04.07.13 по 21.08.13 на юге Свердловской – севере Челябинской областей, в Уфалейско-Сысертском районе подзоны сосново-березовых лесов восточного макросклона Среднего Урала, который относится к Среднезауральской провинции Среднеуральской физико-географической области, на озерах Большое Ямское, Карагуз, Травяное, Черкаскуль и Боевское.

В пробах, взятых из указанных выше водоемов, было обнаружено 95 видов, разновидностей и форм водорослей, относящихся к 2 порядкам, 7 семействам, 17 родам класса *Zygnematophyceae* (*Conjugatophyceae*).

Анализ таксономической структуры выявленной флоры конъюгат показал преобладание представителей порядка *Desmidiiales* (91,7 %), в котором ведущее место принадлежит родам *Closterium* и *Cosmarium*, в то время как зигменомые водоросли (*Zygnematales*) составляют всего 8,3 % от общего числа видов.

Согласно проведенному эколого-географическому анализу, большая часть обнаруженных видов относится к бентосной (15,6 %) и планктонно-бентосной (9,4 %) экологической группе. Доминируют космополитные (29,2 %) по географическому распространению, индифферентные (18,8 %) и галофобные (14,6 %) по отношению к солености, ацидофильные (27,1 %) по отношению к pH водоросли. Сапробиологический анализ показал, что среди видов-индикаторов сапробности доминируют олигосапробы и β-мезосапробы, доли которых составляют 16,7 и 5,2 % соответственно.

Сравнение сходства видового состава водоемов, осуществлявшееся путем расчета для каждой пары озер коэффициента флористической общности Серенсена, выявило, что наибольшее сходство наблюдается между расположенными в непосредственной близости друг от друга озерами Большое Ямское, Черкаскуль и Травяное (23,7–34,8%), тогда как наименьшую схожесть с остальными озерами демонстрирует озеро Боевское (15,4 % с оз. Большое Ямское, 17,6 % с оз. Травяное и 17,9 % с оз. Черкаскуль), основными причинами этого могут выступать некоторая пространственная обособленность водоема и более высокая степень антропогенной нагрузки в связи с расположенными на берегу со стороны шоссе гостиницей и зонами отдыха, а также иной гидрологический режим.

По результатам сопоставления полученного альгофлористического списка с данными по Челябинской области из литературных источников [1, 2] общими для двух списков оказались только 29 таксонов, что отражает низкий уровень сходства (27,8 %). Остальные обнаруженные 66 видов, разновидностей и форм конъю-

югат, среди которых присутствует и очень редкий вид *Actinotaenium tessellatum* (Nordst.) Pal.-Mordv., являющиеся новыми для Челябинской области.

Литература

1. Снитко Л. В., Сергеева Р. М. Водоросли разнотипных водоемов восточной части Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН. 166 с.

2. Снитко Л. В. Экология и сукцессии фитопланктона озер Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2009. 376 с.

FLORA OF CONJUGATING GREEN ALGAE (*ZYGNEMATOPHYCEAE*) OF SOME WATER RESERVOIRS IN THE MIDDLE URALS

A. S. ШАХИМАТОВ

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. Flora of conjugating green algae of Bolshoe Yamskoe, Karaguz, Travyanoe, Cherkaskul and Boevskoye lakes represents 96 species, subspecies and forms from 1 classis, 2 orders, 7 families and 17 genera of algae. The flora is dominated by cosmopolite (29,2 %), planktonic (15,6 %) and benthoplanktonic (9,4 %) species, indifferent (18,8 %) to the salinity of water and acidophilic (27,1 %) in relation to pH. 66 species are new to the Chelyabinsk region.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ХВОЕ *LARIX SIBIRICA* LEDEB. НА ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. П. ШЛАПАК

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина
Кольского научного центра РАН, Кировск

E-mail: evgeniashl@mail.ru

Зеленые насаждения играют важную роль в оздоровлении городской среды и поддержании благоприятной экологической обстановки на урбанизированных территориях. В последние годы особенно актуальным становится изучение жизнеспособности древесных растений в условиях северных городов в связи с необходимостью промышленного освоения заполярных регионов. Возрастающее техногенное загрязнение, особенно в экстремальных климатических условиях, создает значительные трудности при оптимизации среды обитания человека на Севере. Одним из подходов к решению этой проблемы является организация комплексных исследований промышленного загрязнения и жизнеспособности насаждений древесных растений в городах Заполярья. В связи с этим Мурманская область в ее центральной части представляет собой один из наиболее репрезентативных северных регионов, где морской субарктический климат сочетается с интенсивным техногенным загрязнением.

Целью настоящей работы было выявить особенности накопления тяжелых металлов в хвое *Larix sibirica* на озелененных объектах различного типа в промышленно-развитых городах Мурманск и Мончегорск. Объектами исследования служили средневозрастные растения *Larix sibirica* Ledeb., широко используемой в озеленении благодаря высокой декоративности, устойчивости и способности к интенсивному синтезу биологически активных соединений. В Мурманской области ее доля составляет от 1 % (г. Снежногорск) до 19 % (г. Полярные Зори) общего числа городских насаждений.

Опытные площадки для проведения исследований заложены в промышленных городах Мончегорск и Мурманск. Экологическая обстановка в первом городе характеризуется близким (на расстоянии 3 км) расположением медно-никелевого комбината «Североникель». Наиболее вредоносным фактором окружающей среды в Мурманске наряду с промышленными предприятиями является автотранспорт.

Работа проводилась во время вегетационного сезона 2013 г. На пробных площадках отбирали образцы почв с 25 по 30 августа и образцы хвои средних частей кроны деревьев с 1 по 4 июля и с 25 по 30 августа. Содержание тяжелых металлов в почве и растительных тканях определяли атомно-абсорбционным методом после разложения азотной кислотой.

Содержание токсикантов в листьях городских насаждений *Larix sibirica* в Мурманске и Мончегорске оценивалось на экспериментальных площадках с близкими почвенными характеристиками. Во всех случаях насыпные окультуренные почвы состояли из смеси торфа и песка, $pH_{\text{соед}}$ 4,76–5,90. Они содержали малое количество аммонийного и нитратного азота (0,78–2,47 и 0,46–3,96 мг / 100 г сухой почвы, соответственно) и были значительно обеспечены (51,5–695,0 и 14,0–100,0 мг / 100 г сухой почвы соответственно) подвижными формами фосфора и калия.

Экспериментальные площадки различались по уровню загрязнения почвы соединениями Ni, Cu и Pb (см. табл.).

Содержание тяжелых металлов в почвах различных типов озелененных объектов г. Мурманска и г. Мончегорска

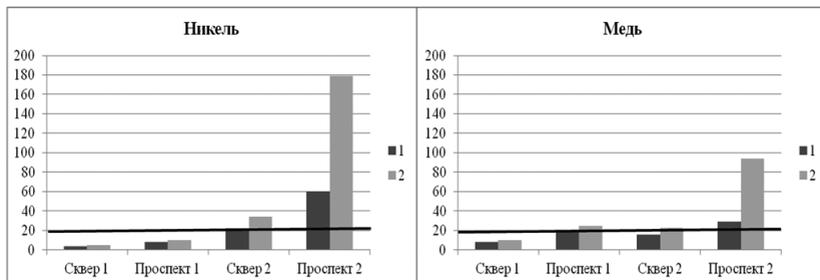
Площадка*	Содержание, мг/кг сух. веса		
	Ni	Cu	Pb
Мурманск			
Сквер 1	29,3	44,1	1,8
Проспект 1	26,5	34,6	2,2
Мончегорск			
Сквер 2	57,0	75,5	0,2
Проспект 2	209,9	301,6	2,3

* Сквер 1 – сквер на площади «Пять углов»; Проспект 1 – проспект Ленина; Сквер 2 – сквер у оз. Монче; Проспект 2 – проспект Металлургов.

Как следует из таблицы, почва объектов Мончегорска более загрязнена Ni и Cu по сравнению с мурманскими объектами и мало отличается от них по загрязнению Pb. При этом в Мончегорске почва проспекта Металлургов имеет максимальный уровень загрязнения по всем исследованным элементам относительно сквера у оз. Монче, тогда как в Мурманске, наоборот, концентрации Cu и Ni выше в почве сквера, а не улицы.

На рисунке ниже представлены результаты определения содержания Ni и Cu в хвое произрастающих на этих площадках образцов *Larix sibirica* в начале и в конце вегетационного сезона 2013 г.

Содержание Ni в хвое *Larix sibirica* г. Мурманска варьирует от 4 до 8 мг/кг и не превышает токсичную концентрацию. В Мончегорске содержание Ni пре-



— токсичная концентрация [1]
 Содержание Ni и Cu в хвое *Larix sibirica* (мг/кг)
 в начале (1) и в конце (2) вегетации 2013 г.

вышает токсичную концентрацию в 6 раз. Наибольшие значения содержания Cu в хвое исследуемого вида отмечены на проспекте Metallurgov в Мончегорске (94 мг/кг сухого веса), что в 5 раз превышает токсичную концентрацию. Содержание Cu в Мурманске находится в пределах нормы. Зональность отбора образцов в черте городов продемонстрировала, что наиболее высокие содержания тяжелых металлов преимущественно характерны для деревьев, произрастающих в непосредственной близости от дорог (улицы). Для растений скверов концентрации вышеперечисленных элементов ниже.

Также следует отметить, что к концу вегетационного периода происходит накопление Ni и Cu в хвое *Larix sibirica*. Это может быть вызвано попыткой растения освободиться от избыточного содержания металлов, вследствие чего происходит их транслокация из других частей растения именно в листья.

Соединения Pb являются основным компонентом выбросов автотранспорта. В исследованных городских насаждениях содержания данного элемента в хвое были ниже предела чувствительности прибора ($< 0,1$ мг/кг), т. е. исследуемый нами вид растений не накапливает свинец в хвое.

Таким образом, проведенные исследования показали, что среди обследованных городов наиболее высокий уровень загрязнения металлами почвы и хвои *Larix sibirica* выявлен в Мончегорске. Отмечено, что в условиях улиц содержания Ni и Cu в почве и хвое изучаемого вида выше, чем в условиях скверов. Выявлено также, что к концу вегетации концентрация химических элементов в хвое *Larix sibirica* увеличивается, что связано с накоплением металлов в процессе всего вегетационного периода.

Литература

1. Двоеглазова А. А. Эколого-биологические особенности древесных и травянистых растений в насаждениях урбаноэкосистемы крупного промышленного центра (на примере Ижевска): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2009. 20 с.

FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN THE NEEDLES OF SIBERIAN LARCH FOR THE GREEN AREAS OF INDUSTRIAL CITIES OF MURMANSK REGION

E. P. SHLAPAK

Polar-alpine botanical garden-institute KSC RAS, Kirovsk

Summary. The article is devoted to the problem of heavy metals accumulation peculiarities studying in Siberian larch assimilating organs under technogenic pollution on the various green areas such industrialized polar cities as Murmansk and Monchegorsk. It is shown that more Ni and Cu contain in the soil and Siberian larch needles under street condition than in square. This result in some increase Ni and Cu concentration in Siberian larch by the end on vegetation.

К ИЗУЧЕНИЮ ГРИБОВ МАКРОМИЦЕТОВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЦЛГПБЗ)

A. C. ЦВЕТКОВА

Тверской государственный университет

E-mail: nastya_cvetkova4@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется изучению биоразнообразия, так как глобальные антропогенные нарушения лесных экосистем пагубно отражаются на всех группах организмов, в том числе и на грибном компоненте. Грибное богатство наших лесов является частью природных ресурсов, которые еще недостаточно хорошо изучены и освоены.

Целью настоящей работы явилось изучение грибов макромицетов окрестностей поселков Заповедный и Большое Федоровское, которые находятся на территории ЦЛГПБЗ, в 2013–2014 гг.

Центрально-Лесной заповедник расположен на западе Европейской части России, на главном Каспийско-Балтийском водоразделе Русской равнины (непосредственно на водоразделе верховьев рек Волги и Западной Двины), в юго-западной оконечности Валдайской возвышенности (Тверская область, Нелидовский, Андреапольский и Селижаровский районы) [17].

Для обеспечения функций биосферного резерва по рекомендациям Севильской стратегии произведено зонирование территории ЦЛГПБЗ. Таким образом, вся охраняемая территория поделена на три зоны с различным режимом охраны и продовольствия.

1. **Охранная зона** (зона кооперации, переходная зона) – территория рационального землевладения, соответствует переходной зоне в рекомендациях ЮНЕСКО. Здесь разрешена любая хозяйственная деятельность, не вызывающая истощения природных ресурсов и способствующая устойчивому социально-экономическому развитию региона.

Именно в этой зоне проводилось наше исследование, главным образом в соновых, еловых и мелколиственных лесах.

2. **Буферная зона** имеет кластерный характер – одноклометровая полоса вдоль внешних границ заповедного ядра, это также государственные заказники и памятники природы, глухариные тока, барсучьи поселения, лесозащитные по-

лосы вдоль рек и др. Выполняет функции снижения антропогенного пресса на заповедное ядро.

3. **Заповедное ядро** – территория собственно заповедника, функциональное значение, режим, допустимые виды деятельности полностью соответствуют Положению о государственных природных заповедниках РФ. А. С. Желтухин и др. отмечают, что именно заповедное ядро характеризуется наивысшей степенью охраны, предусмотренной законодательством РФ об ООПТ [7].

Первые сведения по грибам Тверской области, скорее всего, принадлежат В. А. Траншелю [20], который работал в окрестностях станций Бологое и Березайка (ныне Тверская область). Изучением микобиоты Тверской области в последние тридцать лет занимается кафедра ботаники Тверского государственного университета. Можно ответить целый ряд работ по микобиоте [6, 11–15 и др.].

В Центрально-Лесном заповеднике работали В. Я. Частухин и М. А. Николаевская, занимавшиеся изучением распада органических веществ в еловых лесах [21]. М. А. Бондарцева опубликовала список из 110 видов дереворазрушающих грибов ЦЛГПБЗ [3]. Ю. Г. Мухина, Л. В. Гарибова опубликовали список из 127 агарикоидных базидиомицетов [16]. В. М. Коткова изучала афиллофоровые грибы в Центрально-Лесном заповеднике и опубликовала список из 165 видов [10].

Сбор и определение видов грибов в окрестностях поселков Заповедный и Большое Федоровское осуществлялись согласно принятым микологическим разработкам [1, 2, 4, 5, 8, 18, 19, 22 и др.]. Название видов грибов и их классификация принята согласно сайту <http://www.mycobank.org>. Анализ эколого-трофической структуры микобиоты, проводился по шкале трофических групп А. Е. Коваленко [9].

За время исследования нами отмечено 78 видов макромицетов. Общее количество видов по литературным данным и нашим собранным к настоящему времени составило 172 вида, относящихся к 35 семействам и 94 родам. Наибольшее число видов принадлежит к семейству *Polyporaceae* – 43 вида (25 %) и *Hymenochaetaceae* – 26 видов (15 %). Десять семейств – одновидовые (5,8 %).

По эколого-трофическим группам наибольшее число видов принадлежат к сапротрофам, растущим на древесине (Le) – 147 видов (86,04 %), наименьшее число – к сапротрофам, растущим на опаде (Fd), на растительных остатках (He), мхах (M) – 3 вида (1,74 %).

Литература

1. Бондарцев А. С. Шкала цветов: пособие для биологов при научных и научно-прикладных исследованиях. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 28 с.
2. Бондарцев, А. С., Зингер Р. А. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. II. Спор. раст. Вып. 6. Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 499–543.
3. Бондарцева М. А. Дереворазрушающие грибы Центрально-Лесного заповедника // Новости систематики низших растений. Т. 23. Л., 1986. 110 с.
4. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып 2. М.: Наука, 1998. 391 с.
5. Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии: морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов: учеб. пособие. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2005. 220 с.

6. Дементьева С. М., Кравченко П. Н., Курочкин С. А. К изучению макромицетов Бологовского района // Вест. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2007. Вып. 6, №22 (50). С. 141–144.
7. Желтухин А. С. [и др.] Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник. М.: Деловой мир, 2001. 80 с.
8. Зерова М. Я. Атлас грибов Украины. Киев: Наукова думка, 1974. 252 с.
9. Коваленко А. Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s.str., Boletales, Agaricales s. Str., Russulales в горных лесах центральной части Северо-западного Кавказа // Микология и аитопатология. 1980. Т. 14, вып. 4. С. 300–314.
10. Коткова В. М. Изучение афиллофоровых грибов в лесах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника // Труды ЦЛГПБЗ. Вып. 6. Великие Луки, 2012. С. 327–339.
11. Курочкин С. А. Макромицеты Тверской области (агарикоидные и гастероидные базидиомицеты): дис. ... канд. биол. наук. СПб, 1993. 457 с.
12. Курочкин С. А. Эколого-биологические аспекты гастероидных базидиомицетов Тверской области // Современная микология в России: Тез. докл. I съезда микологов. М.: Национальная академия микологии, 2002. С. 63.
13. Лебедев А. Н., Нотов А. А., Коробков А. Г. Миксомицеты Удомельского района Тверской области // Вест. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2008. Вып. 8, №20 (80). С. 136–142.
14. Медведев А. Г. Трутовые грибы как индикаторы изменений лесных экосистем Тверской области под воздействием антропогенной нагрузки: дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 235 с.
15. Медведев А. Г. Трутовые грибы как индикаторы изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки. Тверь, 2006. 236 с.
16. Мухина Ю. Г., Гарибова Л. В. Агарикоидные базидиомицеты различных типов леса Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника // Хвойные бореальные зоны. 2010. № 3–4. С. 338–340.
17. Пузаченко Ю. Г. [и др.]. Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник. М.: Деловой мир, 2007. 80 с.
18. Сержанина Г. И. Съедобные и ядовитые грибы. Минск: Наука и техника, 1967. 184 с.
19. Сосин П. Е. Определитель гастеромицетов СССР. Л.: Наука, 1973. 161 с.
20. Траншель В. А. Флористические экскурсии в Новгородской и Тверской губерниях, произведенные летом 1897 года работавшими на Бологовской биологической станции // Тр. С.-Петерб. о-ва естествоиспытателей. 1897. Т. 28. Вып. 1. С. 160–203.
21. Частухин В. Я., Николаевская М. А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л.: Наука, 1969. 326 с.
22. Moser M. Die Röhrlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1978. 532 s. (Kleine Kryptogamenflora, begründet von H Gams. Bd. 2, b/2. T. 2).

TO STUDYING OF FUNGI MACROMYCETES OF THE CENTRAL-FOREST NATIONAL NATURAL BIOSPHERIC RESERVE (CFNBR)

A. S. TSVETKOVA

Tver State University, Tver

Summary. Presented own researches of a variety of fungi of the Central-forest national natural biospheric reserve.

ЧАСТЬ 2. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ИЗ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛЕОТВАЛОВ

К. И. Боталова

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: ksenija-bio@mail.ru

Синантропная адвентивная растительность играет незаменимую экологическую роль в техногенных ландшафтах, где без участия человека формирует фотосинтезирующий покров на почвогрунтах с неблагоприятными свойствами. Растения зоны солеотвалов проходят отбор на солеустойчивость – выживание в корневой среде с высокой концентрацией солей [1].

В основе адаптивных способностей растительности к засолению почвы лежат эффективные физиологические механизмы защиты, направленные на предотвращение осмотического и токсического действия солей [2]. За счет аккумуляции низкомолекулярных органических соединений происходит оптимизация внутриклеточной среды функционирования ферментных систем. Клетка имеет многоуровневую систему антиоксидантной защиты, нейтрализует как активные формы кислорода, так и последствия их разрушительного действия в неблагоприятных условиях произрастания [3].

Цель исследований – изучить накопление пролина и редокс-активность у триостренника приморского (*Triglochium maritica*), мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara*), подорожника среднего (*Plantago media*), произрастающих в условиях техногенного засоления.

Повторность отбора растительных проб (листьев и корней/корневищ) была 8–12-кратной. В листьях и корнях определили содержание свободных ионов натрия и хлора методом пламенной фотометрии. Пересчет на мг/100 г производился по формулам и калибровочному графику. Пролина и редокс-активность измерялись при помощи спектрофотометрии. Материалы исследований обработаны статистически.

Как показали наши исследования, наибольшая концентрация свободных ионов натрия отмечена в листьях и корнях триостренника приморского (табл. 1), который обладает определенной солеустойчивостью. Мать-и-мачеха содержит ионов натрия в листьях в несколько раз меньше, чем триостренник, одновременно у нее не проявилось различий между органами по количеству этого иона. Подорожник отличился повышенным содержанием Na^+ в корнях по сравнению с листьями; так, у менее устойчивых видов проявляется тенденция к локализации токсичных ионов Na^+ в подземных органах.

Накопление свободных ионов Cl^- у триостренника приморского было максимальным и почти равно количеству Na^+ (табл. 2). У подорожника среднего количество ионов хлора значительно выше, чем ионов натрия; они концентрировались преимущественно в листьях по сравнению с корнями. Мать-и-мачеха отмечена наименьшим количеством ионов хлора, органы растения не отличались содержанием этих ионов.

Таблица 1

Содержание ионов Na⁺, мг/100 г сухой массы

Вид	Орган	Среднее	min	max	95%-й доверительный интервал
Триостренник приморский	Лист	4556	4000	4900	4361÷4750
	Корень	1453	600	3000	887÷2019
Мать-и-мачеха обыкновенная	Лист	877	400	1166	714÷1040
	Корень	944	500	1166	751÷136
Подорожник средний	Лист	440	266	666	328÷552
	Корень	637	500	866	502÷772

Таблица 2

Содержание ионов Cl⁻, мг/100 г сухой массы

Вид	Орган	Среднее	min	max	95%-н доверительный интервал
Триостренник приморский	Лист	4942	4473	5609	47035÷180
	Корень	1470	568	2485	1045÷1894
Подорожник средний	Лист	2382	1704	3195	2054÷2711
	Корень	994	781	1278	801÷1187
Мать-и-мачеха обыкновенная	Лист	1216	933	1491	1107÷1326
	Корень	978	781	1278	842÷1114

Пролин является одним из наиболее распространенных осмолитов. Свободный пролин при стрессе обладает полифункциональным биологическим эффектом [1].

Самый высокий уровень содержания пролина в листьях и корнях был отмечен у триостренника приморского (табл. 3), по-видимому, данная аминокислота обеспечивает устойчивость к техногенному засолению. Во много раз ниже содержание пролина у мать-и-мачехи и подорожника. Одновременно мать-и-мачеха накапливала больше пролина в корневищах по сравнению с листьями. Но у подорожника при минимальном количестве пролина не выявлено различий между органами.

Таблица 3

Содержание пролина, мг%

Вид	Орган	Среднее	min	max	Доверительный интервал
Триостренник приморский	Лист	2118	1400	3550	1658÷2578
	Корень	846	275	2425	287÷1406
Подорожник средний	Лист	26	10	65	11÷41
	Корень	21	18	28	18÷24
Мать-и-мачеха обыкновенная	Лист	60	20	93	45÷76
	Корень	120	78	195	91÷148

Величина общей редуцирующей активности растительных экстрактов показывает суммарную восстановительную активность, формирующуюся для борьбы с избытком свободных радикалов в растениях при засолении корневой сре-

ды. У триостренника приморского редокс-потенциал листьев несколько выше по сравнению двумя остальными видами (табл. 4).

Таблица 4

Общая редуцирующая активность, мл 0,002 н $KJ O_3$ на 100 г сухой массы

Вид	Орган	Среднее	min	max	Доверительный интервал
Триостренник приморский	Лист	1200	800	1800	957÷1443
	Корень	1060	800	1400	924÷1196
Подорожник средний	Лист	856	600	1450	668÷1043
	Корень	775	600	1000	652÷898
Мать-и-мачеха обыкновенная	Лист	942	700	1600	776÷1107
	Корень	1039	700	1300	877÷1201

Таким образом, представители синантропной растительности, произрастающие в условиях техногенного хлоридно-натриевого засоления, существенно отличались накоплением свободных ионов хлора и натрия. Триостренник приморский характеризовался высоким уровнем концентрации свободных ионов хлора и натрия в листьях. Мать-и-мачеха и подорожник концентрировали больше ионов хлора, чем ионов натрия. У триостренника концентрация пролина в листьях и корнях во много раз выше, чем у мать-и-мачехи и подорожника, последний содержал наименьшее количество пролина. Исследуемые растения не отличались по редокс-активности листьев и корней.

Литература

1. Еремченко О. З., Четина О. А., Кусакина М. Г., Шестаков И. Е. Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений. Пермь: Перм. гос. иссл. ун-т, 2013. 146 с.
2. Кузнецов Вл. В., Шевякова Н. И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 321–336.
3. Радюкина Н. Л. [и др.]. Изучение индуцибельных и конститутивных механизмов устойчивости к солевому стрессу у гравилата городского // Физиология растений. 2009. Т. 54. №5. С. 692–698.

INDICATORS OF PLANT'S SALT-ENDURANCE FROM OF THE ZONE OF INFLUENCE SOLEOTVALOV

К. И. БОТАЛОВА

Perm State National Research University, Perm

Summary. In this article we considered the following types are triostrennik of seaside (*Triglochium maritima*), coltsfoot of ordinary (*Tussilago farfara*), the plantain of an average (*Plantago media*) growing in the conditions of technogenic salinization. Indicators of a soderazheniye of a proline, Na^+ , Cl^- were measured. Thus, the representatives of sinantropny vegetation growing in the conditions of technogenic hloridno-sodium salinization, significantly differed accumulation of free ions of chlorine and sodium.

ВЛИЯНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ *FUCUS DISTICHUS* (L.)

О. В. ЧОВГАН, С. С. МАЛАВЕНДА

Мурманский государственный технический университет

E-mail: polar.night@yandex.ru

Литораль Баренцева моря преимущественно представлена фукусовыми водорослями, в том числе *Fucus distichus*. Они составляют основу литоральных фитоценозов, имеют важное экологическое и практическое значение. На жизнедеятельность фукоидов, на их морфофизиологическое состояние, безусловно, оказывают влияние внешние факторы. Азот, являясь биогенным элементом, служит неотъемлемым компонентом для поддержания нормальной жизнедеятельности водорослей. Однако минеральный азот – один из основных компонентов сточных вод, и на сегодняшний день практически нет информации о пороговых концентрациях данного вида загрязнения, а также о возможных последствиях для физиологии морских гидробионтов.

Гидрохимическое загрязнение прежде всего сказывается на метаболизме водорослей и их продукции. Но не менее сильное воздействие гидрохимическое загрязнение оказывает на морфологию и физиологию макрофитов. Особый интерес и актуальность представляет изучение реакции макрофитов на воздействие загрязнения по физиологическим параметрам.

Цель работы – исследование влияния метаболитов *F. distichus*, выделяемых в среду, на устойчивость водорослей к повышенным концентрациям азота в воде.

Задачи:

- проанализировать влияние различных концентраций азота на скорость роста *F. distichus*;
- выявить изменения фотосинтетического аппарата под воздействием минерального азота.

Материалы и методы. Для проведения работы с литорали бухты Белокаменная Кольского залива были отобраны 20 растений *F. distichus* в возрасте около 3 лет (5–7 ветвлений). Для проведения эксперимента использовались прозрачные сосуды объемом 3 л. Культивация водорослей проводилась в течение 4 недель с постоянной барботацией среды при температуре 8 °С и солености воды 30 ‰ без смены воды. На каждый вариант было взято по 5 растений *F. distichus* при концентрациях нитратного азота 2,5, 10 и 25 мг/л, что соответствует превышению концентрации нитратов в водах Кольского залива в 50, 200 и 500 раз. По данным Н. В. Барышниковой с коллегами концентрация нитратного азота в поверхностных водах бухты в течение всего года не превышает 0,05 мг/л [1]. Контрольные образцы культивировались в морской воде без добавления нитратов. На протяжении эксперимента у фукоидов измерялась масса, длина, определялась продукция водорослей кислородным методом при помощи оксиметра. В конце эксперимента у исследуемых образцов *F. distichus* было выявлено содержание хлорофиллов «а» и «с» по традиционной методике с использованием спектрофотометра, в качестве растворителя применялся 96 %-й этанол. Также было определено содержание сухого вещества каждого экспериментального таллома (ГОСТ 26185-84).

Результаты и обсуждения. В результате исследований получено, что на протяжении эксперимента абсолютная скорость роста длины и массы снижается у всех исследуемых образцов. Наибольшее снижение скорости роста у водорослей, культивируемых при максимальной концентрации нитратного азота. Отмечено повышение содержания сухого вещества при увеличении концентрации азота, что согласуется с литературными данными [2].

Расчет коэффициента фотосинтетической эффективности (Кфэ) показал, что в трех вариантах эксперимента скорость потребления кислорода была выше скорости его образования. У водорослей, культивируемых при концентрации нитратов 2,5 мг/л, в начале и в середине эксперимента Кфэ был выше единицы, что указывает на преобладание фотосинтеза над дыханием даже в отсутствие смены воды.

Содержание фотосинтетических пигментов у водорослей, культивируемых при концентрации нитратов 2,5 мг/л, в три раза выше, чем у растений в других вариантах эксперимента.

Таким образом, содержание нитратов в морской воде в концентрации 2,5 мг/л снижает влияние собственных метаболитов на жизнеспособность *F. distichus*, а в концентрации 25 мг/л – усиливает.

Литература

1. Барышникова Н. В., Макаревич Е. В., Малавенда С. С. Влияние гидролого-гидрохимических параметров на распределение бактериобентосных сообществ литорали Мурманского побережья Баренцева моря // Тезисы XIII междунар. науч. конф. студентов и аспирантов «Проблема арктического региона» (Мурманск, май 2013). Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2013. С. 21.

2. Очетеряна С. О. Влияние природных и антропогенных факторов среды на развитие и химический состав зеленых водорослей (Chlorophyta) на литорали юго-восточной камчатки // Тезисы XIII съезда рус. бот. о-ва (Тольятти, сент., 2013). Тольятти, 2013 С. 121–122.

INFLUENCE OF NITRATE NITROGEN ON THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF *FUCUS DISTICHUS* (L.)

O. V. CHOVGAN, S. S. MALAVENDA

Murmansk State Technical University, Murmansk

Summary. Nitrogen is the biogenic element of algae, including *Fucus distichus*. Mineral nitrogen is one of the components of wastewater. Today, virtually no information about the minimum concentration of this kind of pollution and reaction of macrophytes on the impact of pollution on physiological parameters.

Purpose – study of the influence of metabolites *F. distichus*, excreted in the environment on the sustainability of algae to elevated nitrate concentrations.

ВЛИЯНИЕ ГЕНА *HMG1* НА СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ В ЛИСТЬЯХ ТРАНСГЕННОГО ТАБАКА

А. А. ЕРМОШИН, Ю. В. САНАЕВА, С. А. БОРЦОВА

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: ermosh@el.ru

Введение. Стерины – липидные компоненты мембран, отвечающие за ее текучесть, поэтому изменение их количества может приводить к изменению ее свойств, например к увеличению стресс-толерантности растений. Ключевым этапом

в синтезе стероидов, как и всех цитозольных изопреноидов, является образование мевалоновой кислоты. Данная реакция катализируется продуктами гена семейства *hmg* [1, 3].

Целью данной работы было выяснить, оказывает ли влияние инсерция гена *hmg1* на содержание липидов в тканях трансгенного табака.

Материалы и методы. В работе использовались трансгенные растения табака сорта «Самсун», несущие инсерцию гена *hmg1* из *A. thaliana* в прямой и обратной ориентации относительно конститутивного промотора CaMV 35 S. Таким образом, были получены растения с усиленной экспрессией данного гена и с подавленной (используя стратегию антисмысловых РНК) [2]. Трансгенные и контрольные растения выращивали в условиях закрытого грунта на биологической станции УрФУ. В работе использовали здоровые, окончившие свой рост листья. Выборка составляла 5–10 растений каждой линии. Брели 3–4 линии с усиленной (С-линии) и подавленной (А-линии) экспрессией гена. Была проведена экстракция липидов [4], определено их содержание гравиметрическим методом. Кроме того, была определена доля включения фотоассимилятов в липиды с применением радиоактивно меченого $^{14}\text{CO}_2$.

Результаты и обсуждения. Общее содержание липидов достоверно не отличалось у разных линий, однако наблюдали тенденцию к повышению их содержания у линий с усиленной экспрессией гена и к снижению у линий с подавленной экспрессией. В эксперименте 2013 г. у контрольных растений содержание липидов составляло 0,109 г/г сухой массы, у А-линий – в среднем 0,101 г/г сухой массы (от 0,096 до 0,107), у С-линий – в среднем 0,113 г/г сухой массы (от 0,106 до 0,122). В 2012 г. наблюдали сходную тенденцию: содержание липидов составило 0,113 г/г сухой массы в контроле; 0,121 г/г сухой массы у линии С4; 0,096–0,109 г/г сухой массы у линий А1 и А2.

У растений с дополнительной копией гена *hmg1* ^{14}C -углерода включалось в липиды на 5,1 % больше, а в неомыляемый остаток – на 3,6 % больше, чем в контроле. У растений с подавленной экспрессией *hmg1* гена включение ^{14}C в липиды относительно контроля падало на 2,3–5,4 %, в компоненты неомыляемого остатка – на 4,1–10,3 %. Данные отличия были статистически достоверны ($p = 0,037–0,049$).

Таким образом, мы считаем доказанным роль гена *hmg1* в синтезе липидов растений. Растения с усиленной экспрессией гена накапливают большее количество липидов в тканях листа (до 1 % от сухой массы). При этом наблюдается тенденция в увеличении ^{14}C -ассимилятов в липиды и неомыляемый остаток. Подавление экспрессии данного гена приводит к уменьшению накопления липидов и уменьшению потока фотоассимилятов в них.

Литература

1. Пасешниченко В. А. Терпеноиды и стероиды в жизни растений // Успехи биол. химии. 1991. Т. 32. С. 197–221.
2. Поройко В. А., Рукавцова Е. Б., Орлова И. В., Бурьянов Я. И. Фенотипические изменения трансгенных растений табака с антисмысловой формой гена *hmg1* // Генетика. 2000. Т. 36. С. 1200–1205.
3. Племенков В. В. Введение в химию природных соединений. Казань, 2001. 376 с.

4. Folch J., Lees M., Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // Journal Biology Chemistry. 1957. Vol. 226. P. 497–509.

EFFECT OF *HMG1* GENE TO LIPID CONTENT IN THE LEAVES OF TRANSGENIC TOBACCO PLANTS

A. A. ERMOSHIN, YU. V. SANAeva, S. A. BORTSOVA

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. The role of *hmg1* gene in lipid accumulation was studied. In this research we used a transgenic tobacco plants. Lipid accumulation in *hmg1* gene contained transgenic plants was shown. The carbon flux into lipids in transgenic plants was increased.

АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ *RAPHANUS SATIVUS* L. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ СУЛЬФАТАМИ СВИНЦА И КАДМИЯ

Т. Н. ГОЛЕВА

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: goleva13@yandex.ru

Известно, что тяжелые металлы при низкой концентрации выполняют роль важнейших микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития растений. Однако остается неизвестной физиологическая роль Cd и Pb. Под влиянием неблагоприятных условий среды, в частности техногенного загрязнения, в клетках растений происходит развитие окислительного стресса с избыточным образованием активных форм кислорода (АФК) [1]. К основным механизмам устойчивости растений к действию поллютантов относят активацию ферментов антиоксидантной защиты, прерывающих цепи избыточного образования свободных радикалов [4]. Повышение активности компонентов антиоксидантной системы защиты может определять уровень адаптационных способностей растений к действию антропогенных загрязнителей. Однако особенности функционирования антиоксидантной системы растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами изучены недостаточно. В связи с этим целью работы явилось исследование активности некоторых компонентов антиоксидантной защиты редиса посевого при выращивании на почве, загрязненной сульфатами свинца и кадмия.

Объектом исследований был редис посевной (*Raphanus sativus* L.) сорта Жара. Растения выращивали в условиях модельного эксперимента в течение тридцати дней на агродерново-подзолистой почве на фоне внесения сульфатов свинца (1, 5 и 10 ПДК, при ПДК = 100 мг/кг почвы) и кадмия (1, 50, 100 ПДК, при ПДК = 3 мг/кг почвы). Контролем служили растения, выращенные на незагрязненной почве. Повторность опытов – трехкратная. Определение массы и высоты надземной части растений проводили в двадцатикратной повторности. Биохимические показатели устанавливали в трехкратной повторности. Общее содержание перекисей определяли феррогиоционатным методом [2]; активность каталазы – газометрическим методом [3]; активность пероксидаз – по методу Бояркина [3]. Содержание аскорбиновой кислоты и общую редокс-активность изучали методом Петта – Прокошева [5]. Полученные результаты статистически обработаны

с помощью компьютерной программы Stadia 8.0, использовали дисперсионный и регрессионный анализы.

Результаты и обсуждение. Загрязнение почвы солью свинца не оказало достоверного воздействия на высоту растений. Достоверное снижение высоты растений прослежено по вариантам Cd 50 и 100 ПДК (рис. 1).

Токсическое воздействие на массу растений оказало загрязнение Pb и Cd, однако исходя из внесенных доз солей эффект действия кадмия проявлялся на порядок сильнее (рис. 2).

Генерация перекиси водорода может служить одним из биохимических показателей состояния растений в условиях нарушения внутриклеточных процессов.

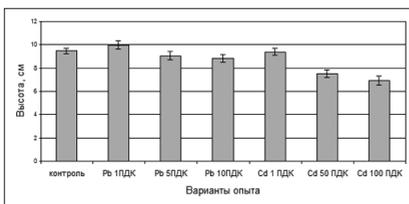


Рис. 1. Влияние сульфатов свинца и кадмия на высоту растений редиса, см

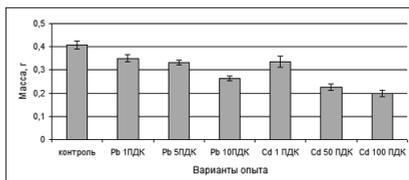


Рис. 2. Влияние сульфатов свинца и кадмия на сырую массу надземной части растений, г

Дисперсионный анализ подтвердил достоверное влияние фактора загрязнения почвы на содержание перекисей в листьях растений. В то же время количество перекисей зависело не только от их продуцирования, но и от эффективности работы антиоксидантной системы. На фоне действия соли свинца содержание перекисей в листьях растений повышено на вариантах 5 и 10 ПДК по сравнению с контрольными растениями. В вариантах с более токсичным кадмием содержание перекисей ниже контроля, по-видимому, из-за повышенной активности систем антиоксидантной защиты растений.

Избыток пероксида водорода, возникающий при действии стрессовых факторов, элиминируется каталазой и пероксидазами. При повышенном загрязнении свинцом и наименьшей дозе кадмия зафиксировано снижение активности каталазы. Вероятно, в адаптации растений на этом фоне имеют значения другие антиоксиданты. Под влиянием Cd 50 ПДК отмечено усиление активности каталазы в листьях растений в 1,5 раза по сравнению с контролем.

Установлена обратная экспоненциальная зависимость между общим количеством перекисей и активностью каталазы: $y = e^{0,25} - 0,3x$; уровень значимости нулевой гипотезы $P = 0,0004$; критерий Фишера $F = 11,3$. Следовательно, чем выше активность каталазы, тем ниже содержание перекисей в листьях.

Проведенные опыты показали, что внесение в почву сульфата свинца не сопровождалось усилением пероксидазной активности растений редиса (рис. 4). В варианте с внесением кадмия наблюдалось статистически достоверное увеличение активности пероксидаз по сравнению с контролем. В растениях редиса с увеличением загрязненности сульфатом свинца и кадмия повышалось содержание аскорбиновой кислоты, способной к восстановительным реакциям. Самый

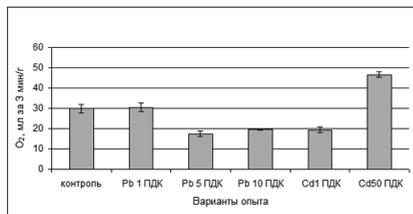


Рис. 3. Влияние сульфатов свинца и кадмия на активность каталазы в листьях редиса, мл O₂ за 3 мин на 1 г сырой массы

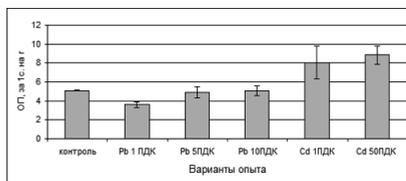


Рис. 4. Влияние сульфатов свинца и кадмия на активность пероксидаз в листьях редиса, оптическая плотность (ОП) за 1 с на 1 г сырой массы

высокий уровень содержания аскорбиновой кислоты установлен при максимальных дозах тяжелых металлов – в 2 раза больше, чем на контроле. Установлено заметное усиление редокс-активности в листьях редиса в условиях загрязнения почвы свинцом и кадмием, что, вероятно, является одним из защитно-приспособительных реакций при избыточной генерации активных форм кислорода.

Литература

1. Гарифзянов А. Р. Образование перекиси водорода и проявление окислительного стресса в листьях древесных растений в условиях промышленного загрязнения // Фундаментальные исследования. Биологические науки. 2012. №1. С. 151–155.
2. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
3. Прадедова Е. В., Ишеева О. Д., Салаев Р. К. Классификация системы антиоксидантной защиты как основа рациональной организации экспериментального исследования окислительного стресса у растений // Физиология растений. 2011. Т. 58. № 2. С.177–185.
4. Практикум по физиологии растений. М.: Колос, 1972. 168 с.
5. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2011. 77 с.

THE INFLUENCE OF SOIL POLLUTION BY $PbSO_4$ AND $CdSO_4$ ON THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF *RAPHANUS SATIVUS* L.

T. N. GOLEVA

Perm State University, Perm

Summary. Results of researches of the content of antioxidants in the plants of *Raphanus sativus* L. in the conditions of soil pollution $PbSO_4$ and $CdSO_4$ on the antioxidant system are presented. It is shown, that alterations in the plants antioxidant protection system are dependent on different levels of heavy metals in soil.

УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ К СТОЧНЫМ ВОДАМ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА

М. Н. Кислицина

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: mariyakislitsina@yandex.ru

С каждым годом проблема техногенного загрязнения гидросферы становится все более актуальной. Биогенные и токсичные вещества, попадая в водные объекты, резко ухудшают их экологическое состояние. Это не проходит бесследно

для водной флоры, которая является важнейшим средообразующим компонентом гидроэкосистем. Формирование адаптационного ответа растительного организма на действие абиотических стрессоров происходит в результате множества метаболических изменений [5]. Учитывая многообразие и сложность метаболических путей, ответственных за адаптацию растений, следует ожидать, что их регуляция является скоординированной. Исследование механизмов, позволяющих растениям адаптироваться к действию неблагоприятных факторов внешней среды, является одной из фундаментальных проблем биологии в целом и экологической физиологии растений в частности.

Цель данной работы – изучение ответных реакций растений в связи с промышленным загрязнением среды обитания сточными водами Новолялинского целлюлозно-бумажного комбината (НЦБК).

Объектами исследования были наиболее распространенные макрофиты р. Ляля: *Eloдея canadensis* Michx., *Sagittaria natans* Pall. и *Alisma plantago-aquatica* L.

Река Ляля – правый приток р. Сосьвы, одна из рек, участвующих в формировании Иртышского бассейна [2]. Согласно результатам анализа воды из р. Ляля, предоставленных химико-аналитической лабораторией НЦБК, среди основных загрязняющих веществ реки можно выделить фенолы (10–52 ПДК), нефтепродукты (2,1–8,2 ПДК) и СПАВ (3,14 ПДК), а из биогенных элементов – аммонийный азот (1,4–1,7 ПДК).

Растения отбирали из речных вод фонового участка (выше по течению от комбината) и импактного участка (ниже впадения производственных сточных вод). Для оценки степени негативного воздействия сточных вод определяли интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) [8]. Устойчивость растений к промышленному загрязнению оценивали на основании изучения работы неферментативных систем антиоксидантной защиты. Проведено сопоставление содержания аскорбиновой кислоты [7], флавоноидов [3] и свободного пролина [4] в листьях растений из условно чистого и загрязненного участков русла. Каждое определение проводили в усредненной пробе листьев в трех аналитических повторностях. Математическую обработку данных выполняли при помощи программ MS Excel, Statistica 6.0. В таблице результаты представлены в виде средних значений и стандартной ошибки среднего.

Результаты исследований показали, что все растения из импактного участка реки испытывали окислительный стресс. Известно, что при воздействии стрессорного фактора происходит активация перекисного окисления липидов, что может привести к нарушению целостности мембран [1]. В наших исследованиях было отмечено существенное накопление малонового диальдегида в листьях растений из загрязненного участка русла (в 30–200 раз выше по сравнению с фоновым участком).

Содержание аскорбиновой кислоты и пролина было ниже в листьях растений из импактного участка (см. табл. ниже). Поскольку данные антиоксиданты способны выступать в роли ингибиторов свободных радикалов и реакций окисления, то при действии поллютантов сточных вод НЦБК их расходование, вероятно, повышалось на инактивацию образующихся в клетке свободных радикалов.

Содержание низкомолекулярных антиоксидантов
в листьях растений из р. Ляля

Показатель	<i>E. canadensis</i>	<i>S. natans</i>	<i>A. plantago-aquatica</i>
Аскорбиновая кислота, мг/г сухой массы	$13,11 \pm 0,28$ $10,70 \pm 0,18$	$15,74 \pm 0,12$ $11,96 \pm 0,08$	$17,90 \pm 0,44$ $14,62 \pm 0,82$
Свободный пролин, мкм/г сухой массы	$45,96 \pm 1,08$ $40,49 \pm 1,34$	$46,16 \pm 2,20$ $36,60 \pm 0,81$	$97,91 \pm 3,53$ $39,19 \pm 0,90$
Флавоноиды, мг/г сухой массы	$76,15 \pm 6,41$ $92,51 \pm 2,67$	$70,69 \pm 1,40$ $85,53 \pm 0,71$	$73,68 \pm 4,55$ □ $87,19 \pm 1,38$

Примечание: числитель – фоновый участок русла, знаменатель – импактный участок русла.

Содержание флавоноидов в листьях растений из импактного участка русла было выше по сравнению с растениями из фонового участка (см. табл.). Известно, что механизм действия флавоноидов в формировании устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов среды заключается в их способности выступать перехватчиками перекисных и алкоксильных радикалов. Ввиду того что ПОЛ было выше в растениях, испытывающих воздействие сточных вод НЦБК, необходимость инактивации свободных радикалов отразилась на биосинтезе фенольных соединений, в результате чего содержание флавоноидов в растениях из загрязненного участка реки повысилось по сравнению с участком реки, где растения не испытывали данного воздействия.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о проявлении неспецифических реакций растений в ответ на воздействие поллютантов сточных вод НЦБК, заключающихся в снижении содержания аскорбиновой кислоты, пролина и повышении содержания флавоноидов. Изученные низкомолекулярные антиоксиданты выполняют важные функции в клетках растений, в том числе способствуют сохранению их жизнеспособности в стрессовых условиях.

Литература

1. Деви С. Р., Прасад М. Н. В. Антиокислительная активность растений *Brassica juncea*, подвергнутых действию высоких концентраций меди // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 2. С. 233–237.
2. Поиск по данным государственного водного реестра [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/>
3. Рогожин В. В. Практикум по биологической химии: учеб.-метод. пособие. СПб: Лань, 2006. 256 с.
4. Bates L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.
5. Bouchereau A., Aziz A., Larher F., Martin-Tanguy J. Polyamines and environmental challenges: recent development // Plant Sci. 1999. Vol. 140. P. 103–125.
6. Dixon R. A., Paiva N. L. Stress-induced Phenylpropanoid Metabolism // Plant Cell. 1995. Vol. 7. P. 1085–1097.
7. Hewitt E. J., Dicks G. J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissue // The Biochemical Journal. 1961. V. 78, № 2. P. 384–391.
8. Uchiyama M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test // Anal. Biochem. 1978. Vol. 86. P. 287–297.

AQUATIC PLANTS RESISTANCE TO PAPER INDUSTRY

M. N. KISLITSINA

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. The data on the influence of the pulp and paper mill wastewater on the prooxidant and antioxidant processes of aquatic plants are presented. It is showed that the low molecular weight antioxidants cause nonspecific resistance of aquatic plants to wastewater from Paper Industry.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКСИДА АЗОТА И СУЛЬФИДА ВОДОРОДА НА ТРАНСПОРТНУЮ АКТИВНОСТЬ ПРОТОННЫХ ПОМП ВАКУОЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ

Е. В. Колесникова, И. С. Нестеркина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

E-mail: yatakol@mail.ru

В настоящее время исследование роли газотрансмиттеров, таких как оксид азота и сульфид водорода, в протекании метаболических процессов в клетке имеет большое значение. Это связано с тем, что рядом исследователей была показана роль этих соединений как внутриклеточных и межклеточных посредников. Исследования на животных объектах показали пути биосинтеза этих соединений в клетке и значительный ряд функций, который они выполняют. Механизмы воздействия газовых молекул на растительные организмы начали изучать сравнительно недавно, но уже стало понятно, что эти соединения являются новыми сигнальными молекулами с ключевыми функциями в физиологии растений, принимающими активное участие в росте и развитии корней, а также модулирующими многие адаптивные реакции к абиотическим стрессам [5]. Оксид азота является наиболее исследованной молекулой в этом плане, поскольку он был первым на пути выяснения роли газовых молекул в биологических объектах.

Что же касается исследований по изучению роли газотрансмиттеров в регуляторных механизмах мембранных транспортных систем, связанных с переносом протонов, то таких работ сравнительно немного. Так, было установлено, что в присутствии сульфида водорода происходит снижение токсичности алюминия на проростки ячменя за счет увеличения активности H^+ -АТФазы плазмалеммы [4]. Кроме того, происходит увеличение экспрессии генов плазмалемной H^+ -АТФазы в присутствии оксида азота в условиях солевого стресса [3], а также увеличение активности митохондриальной H^+ -АТФазы в присутствии алюминия [6]. Однако являются ли эти молекулы регуляторами активности протонтранспортирующих систем на вакуолярной мембране, до сих пор не известно.

Электрогенные помпы H^+ -АТФаза и H^+ -ПФаза – главные компоненты вакуолярной мембраны в клетках растений [8], в результате работы которых осуществляется создание протонного и электрохимического градиентов, необходимых для вторичного активного транспорта через вакуолярную мембрану. Ранее уже было установлено, что оксид азота увеличивает активность протонных помп тонопласта в условиях солевого стресса [7, 9]. Цель данного исследования заключалась в изучении влияния оксида азота и сульфида водорода на транспортную активность протонных помп вакуолярной мембраны (H^+ -АТФазы и H^+ -ПФазы).

Объектом исследования служили корнеплоды столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.). В экспериментах использовали корнеплоды, находящиеся на стадии покоя, которые хранили в овощехранилище при температуре 4–5 °С. Из ткани корнеплодов проводили изолирование вакуолей и вакуолярных мембран по разработанной ранее методике [1]. Транспортную активность протонных помп тонопласта определяли методом флуоресцентных зондов. Содержание белка определяли по методу Бредфорд [2]. Для контроля специфичности реакций во всех экспериментах использовали общепринятые ингибиторы.

В проводимом исследовании использовали различные концентрации газотрансмиттеров 100, 10 и 1 мкМ. По результатам экспериментов не было выявлено существенных отличий в уровне активности протонтранспортирующих ферментов в зависимости от концентрации. Во всех вариантах опыта отмечалось достоверное увеличение активности обеих протонных помп. По-видимому, эти соединения оказывают влияние на конформацию транспортных белков, за счет чего и происходят наблюдаемые эффекты. Исключение составляет вариант опыта с 10 мкМ сульфида водорода, в присутствии которого происходило ингибирование активности H^+ -ПФазы; на активность H^+ -АТФазы эта газовая молекула не оказывала такого влияния. В продолжение этой работы планируется исследование влияния этих веществ в условиях стресса. Полученные нами экспериментальные данные помогут понять роль газотрансмиттеров в регуляции протонных помп вакуолярной мембраны, а в дальнейшем и степень их участия при стрессе.

Работа выполнена с использованием средств Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-04-31080).

Литература

1. Саляев Р.К., Кузеванов В.Я., Хаптагаев С.Б., Копытчук В.Н. Выделение и очистка вакуолей и вакуолярных мембран из клеток растений // Физиология растений. 1981. № 28. С. 1295–1305.
2. Bradford D.P. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilising the principal of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. № 72. P. 248–254.
3. Chen J., Xiao Q., Wu F., Dong X., He J., Pei Z., Zheng H. Nitric oxide enhances salt secretion and Na^+ sequestration in a mangrove plant, *Avicennia marina*, through increasing the expression of H^+ -ATPase and Na^+/H^+ antiporter under high salinity // Tree Physiology. 2010. Vol. 30. P. 1570–1585.
4. Dawood M., Cao F., Jahangir M.M., Zhang G., Wu F. Alleviation of aluminum toxicity by hydrogen sulfide is related to elevated ATPase, and suppressed aluminum uptake and oxidative stress in barley // J Hazard Mater. 2012. Vol. 30. P. 209–210.
5. García-Mata C., Lamattina L. Gasotransmitters are emerging as new guard cell signaling molecules and regulators of leaf gas exchange // Plant Sci. 2013. Vol. 201–202. P. 66–73.
6. He H.Y., He L.F., Li X.F., Gu M.H. Effects of sodium nitroprusside on mitochondrial function of rye and wheat root tip under aluminum stress // Zhi Wu Sheng Li Yu Fen Zi Sheng Wu Xue Xue Bao. 2006. Vol. 32(2). P. 239–244.
7. Shi Q., Ding F., Wang X., Wei M. Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress // Plant Physiol. Biochem. 2007. Vol. 45. P. 542–550.
8. Silva P., Geros H. Regulation by salt of vacuolar H^+ -ATPase and H^+ -pyrophosphatase activities and Na^+/H^+ exchange // Plant Signaling and Behavior. 2009. Vol. 4(8). P. 718–726.
9. Zhang Y., Wang L., Liu Y., Zhang Q., Wei Q., Zhang W. Nitric oxide enhances salt tolerance in maize seedlings through increasing activities of proton-pump and Na^+/H^+ antiport in the tonoplast // Planta. 2006. Vol. 224. P. 545–555.

THE INFLUENCE OF NITRIC OXIDE AND HYDROGEN SULFIDE ON THE TRANSPORT ACTIVITY OF THE PROTON PUMP OF VACUOLAR MEMBRANE

E. V. KOLESNIKOVA, I. S. NESTERKINA

Siberian institute of physiology and biochemistry of plants SB RAS, Irkutsk

Summary. In recent years, more and more attention is paid to gasotransmitters as molecules are actively involved in the metabolic processes in the cell. Studies on animal objects have shown biosynthesis pathways of these compounds in the cell, and a significant number of functions that they perform. However, little is known about their regulatory roles in plants. The present work is related to studying the effect of nitric oxide and hydrogen sulfide on the transport activity of proton pumps of vacuolar membrane (H^+ -ATPase and H^+ -pyrophosphatase). Creating an electrochemical proton gradient in the vacuolar membrane, which provides the work of many transfer protein, H^+ -ATPase and H^+ -pyrophosphatase actively take part in the course of many metabolic processes of the cell.

МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА АЛЬБУМИНОВЫХ БЕЛКОВ СЕМЯН ЛЬНА

Ю. В. КОЗЛОВСКАЯ

Тверской государственной технической университет

E-mail: yliyak_81@mail.ru

Для оценки качества белков растений используют методы определения отдельных белковых групп в общем белковом комплексе. При этом отдельные белковые группы (альбумины, глобулины, проламины, глютелины) извлекаются различными органическими растворителями, солями с помощью ионов тяжелых металлов и количественно учитываются. Условия экстракции белков обусловлены особенностями их структуры и свойствами.

Одной из основных трудностей анализа растительных белков является полное экстрагирование белков из ткани растений. Прежде чем приступить к изучению белков, они должны быть выделены из ткани растений и освобождены от сопровождающих их других химических веществ. Следует учитывать также, что белки находятся внутри отдельных растительных клеток, через оболочки которых они не могут диффундировать в окружающий раствор. Поэтому при экстракции белков требуется полное разрушение клеток. Для этого используют различные типы гомогенизаторов, тщательное растирание гомогенатов в ступках, обработку гомогенатов ультразвуком, промораживание растительных тканей и другие методы в зависимости от целей и задач исследования.

Объектом исследования настоящей работы служили семена травянистого однолетнего растения льна долгунца.

В процессе выделения и очистки белков альбуминов из гомогената семян льна нами сочетались методы экстракции; методы фракционирования, центрифугирования и высаливания.

Для определения концентрации белков альбуминов в водных экстрактах пользовались методом УФ-спектроскопии. Для этого в интервале длин волн 220–290 нм нами были сняты УФ-спектры поглощения водного экстракта альбуминов,

выделенных из семян льна при pH 6,5, pH 5,5; найден максимум поглощения раствора при длине волны $\lambda = 280$ нм. Поглощение УФ-лучей растворами белков объясняется присутствием в белках ароматических аминокислот: триптофана (Три), тирозина (Тир) и в меньшей степени фенилаланина (Фен).

Также для определения содержания белков альбуминов в семенах льна использовали метод биуретовой реакции.

Использование двух независимых физико-химических методов позволило получить близкие по значению величины содержания индивидуальной группы альбуминовых белков, составившие в среднем $(1,75 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$ г/г сырой массы.

METHODS FOR ANALYSIS OF ALBUMIN PROTEINS IN THE FLAX SEEDS

Yu. V. KOZLOVSKAYA

Tver State Technical University, Tver

Summary. To assess the quality of plant protein used methods for determining the individual protein bands in general, protein, complex. The individual protein groups (albumin, globulins, prolamins, glutelins) are extracted with various organic solvents, salts, with the help of heavy metal ions and quantitatively accounted for. Conditions for extraction of proteins due to the peculiarities of their structure and properties.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ ВЕГЕТАЦИИ

Л. А. КРАСНОЯРОВА¹, А. В. НЕМЧАНИНОВА²

¹ *Томский сельскохозяйственный институт (филиал НГАУ)*

E-mail: subito@sibmail.com

² *Томский государственный университет*

E-mail: chivstvalive@mail.ru

В настоящее время перспективным является использование регуляторов роста растений и структурообразователей почвы (природного гумуса), которые за счет активации физиологических процессов в растениях способствуют усвоению минеральных веществ и ингибируют минерализацию гумуса. Гуматы – это соли гуминовых кислот, составляющих основу гумусных веществ почв. Сырьем для получения гуматов служат торф, сапрпель, угли (окисленные каменные, землистые блестящие, бурые). В основе получения гуминовых удобрений и препаратов лежат свойства гуминовых кислот каустобиолитов образовывать водорастворимые соли с натрием, калием, аммонием.

Гумусовые кислоты увеличивают поступление минеральных элементов и органических соединений в растения благодаря повышению проницаемости их клеточных мембран. В растения поступают металлогумусовые соединения без предварительного их расщепления до неорганических элементов. Растениями поглощаются низкомолекулярные частицы и высокомолекулярные фрагменты гумусовых кислот, которые подвергаются внутри растений трансформации, являются источником физиологически активных веществ, положительно влияют на рост, развитие и продуктивность растений [6].

Кальций используется в растительных клетках как вторичный посредник для контролирования многих процессов (закрытие устьиц, тропизм, рост пыльцевых трубок, акклиматизация к холоду, экспрессия генов, фотоморфогенез). Кальций

активирует ряд ферментов, способствуя агрегации субъединиц. При недостатке кальция увеличивается проницаемость мембран и нарушается их целостность. При недостатке кальция у делящихся клеток не образуются клеточные стенки и образуются многоядерные меристематические клетки. Недостаток кальция вызывает прекращение образования боковых корней и корневых волосков, приводит к набуханию пектиновых веществ, что вызывает ослизнение клеточных стенок и разрушение клеток [4].

Нами был использован новый стимулятор роста растений – гуминовый препарат с кальцием, получен смешиванием Гумостима (ТУ 0392-030-00493929-06) и раствора хлорида кальция в эквивалентных количествах. Препарат в жидкой форме, темно-коричневого цвета со специфическим запахом, концентрация измеряется в процентах гуминовых кислот [3].

Ранее сотрудниками СибНИИСХиТ были проведены лабораторные испытания кальциевого препарата с использованием яровой пшеницы, которые показали стимулирующее влияние препарата в широком диапазоне концентраций (от 0,01 до 0,0001 %). Прирост сухой вегетативной массы проростков составил 4–19 %, сухой корневой массы – 25–73 %. Максимальное стимулирующее действие оказал препарат в концентрации 0,001 %, увеличив вегетативную массу на 19 %, корневую – на 73 % [1]. Концентрации, оказавшие наиболее положительное влияние, были использованы при закладке полевого опыта.

Полевой опыт проводили на серой лесной почве полевого стационара СибНИИСХиТ Лучаново на яровой пшенице сорта Иргина на минеральном фоне (мочевина N_{45}) по методике Б. А. Доспехова [2]. Повторность опытов трехкратная, размещение вариантов систематическое, площадь делянок 40 м², учетная – 32 м². Почва опытного участка рН_{сол.} 4,88, гидролитическая кислотность 7,59 мг-экв/100г сухой почвы, гумус 5,7 %.

Препарат применяли для предпосевной обработки семян пшеницы (10 л рабочего раствора на 1 т семян). Схема опыта: контроль (семена без обработки), обработка Гумостимом с кальцием в концентрациях 0,01 и 0,001 %.

Эффективность применения препаратов оценивалась по результатам определения следующих показателей: в фазу полные всходы, трубкования и цветения снимали биометрические показатели (площадь листьев одного растения, площадь одного листа, количество листьев, сухая масса десяти растений, влажность растений, удельная поверхностная площадь листьев (УППЛ), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧФП)). Определение проводили по десяти растениям пшеницы в трех повторностях. Полученные экспериментальные данные обрабатывали при помощи пакетов прикладных программ Snedecor v.5 [5].

Анализируя полученные данные, можно сказать следующее.

В фазы полные всходы и трубкования достоверной разницы не наблюдалось в показателях: площади поверхности листьев одного растения, количества листьев, УППЛ и всхожести. Было лишь незначительное увеличение этих показателей по сравнению с контролем. А вот в фазу трубкования с применением концентрации препарата 0,001 % была достоверной разница в показателях площади одного листа – 8,0 см², что на 33 % больше, чем в контроле. Также эта концентрация отличается по показателю сухой массы десяти растений, которая на 28 % превышает контроль (контроль составил 3,0 г).

Чистая продуктивность фотосинтеза в фазу трубкования составила в контрольном варианте $9,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сутки}$, а в опытных вариантах увеличилась на 0,6 г (концентрация 0,01 %) и 1,5 г (концентрация 0,001 %).

Самой показательной в нашем опыте оказалась фаза цветения: обе концентрации показали себя очень хорошо. Влажность растений и УППЛ остались на уровне контроля. Все остальные показатели достоверно превышали контрольные. Площадь листьев одного растения осталась на уровне контроля при концентрации препарата 0,01 % и увеличилась на 5 % при воздействии препарата в концентрации 0,001 %.

Площадь одного листа в контроле составила 41 см^2 , что на 127 % больше при концентрации 0,01 % и при концентрации 0,001 % больше на 124 %. По количеству листьев большая концентрация увеличила на 131 %, меньшая концентрация увеличила на 121 % (контроль составил 4,2 шт.). Сухая масса десяти растений в контрольном варианте составила 8,8 г. При воздействии препарата в концентрации 0,001 % сухая масса возросла в два раза, а при воздействии препарата в концентрации 0,01 % в 2,5 раза.

Таким образом, предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом с кальцием позволила увеличить площадь листьев, сухую массу растений, чистую продуктивность фотосинтеза. Увеличение фотосинтетической поверхности позволяет предположить в дальнейшем увеличение урожайности.

Литература

1. Бобровская Д. Л., Кравец А. В., Касимова Л. В. Изучение свойств фульво-гумата кальция как стимулятора роста пшеницы // Сб. тр. рег. науч.-практ. конф. «Современные достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике». Томск: Изд-во ТСХИ, 2011. Вып. 13. С. 44–48.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.
3. Касимова Л. В., Кравец А. В., Николаева Д. Л. Стимулятор роста растений, обогащенный кальцием, способ его получения и способ обработки семян: патент № 2514659, опубл. 20.02.2014, Бюл. № 12.
4. Малиновский В. И. Физиология растений: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. 106 с.
5. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.
6. Христева Л. А. Физиологическая функция гуминовой кислоты в процессах обмена веществ высших растений // Гуминовые удобрения: Теория и практика их применения. Харьков: Харьковский университет, 1957. С. 95–107.

THE INFLUENCE OF HUMIC FERTILIZERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT IN THE FIRST HALF OF VEGETATION

L. A. KRASNOYAROVA¹, A. V. NEMCHANINOVA²

¹ Tomsk Agricultural Institute branch NGAU, Tomsk

² Tomsk State University, Tomsk

Summary. In a field experiment tested pre-sowing treatment of seeds of spring wheat humic substances with calcium. Processing increased leaf area, plant dry weight, net photosynthetic productivity. Increase photosynthetic surface suggests further yield increases.

ВЛИЯНИЕ *BACILLUS SUBTILIS* 10-4 НА СОДЕРЖАНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ В НОРМЕ И ПРИ ЗАСОЛЕНИИ

О. В. Ласточкина, Р. А. Юлдашев, А. В. Широков, Л. И. Пусенкова

Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Российской академии сельскохозяйственных наук, Уфа

E-mail: oksanaibg@gmail.com

Bacillus subtilis Cohn являются типичными представителями микробиоты растительного организма, обладающие ростстимулирующим и антистрессовым эффектом к неблагоприятным факторам биотической и абиотической природы [1, 9]. Так, ранее нами была показана способность бактерий *Bacillus subtilis* 10-4 оказывать протекторный эффект на растения пшеницы в условиях солевого стресса [7]. Считается, что такое действие обусловлено их способностью к синтезу широкого спектра биологически активных веществ в окружающую среду [2, 6], а также запуску механизмов системной приобретенной устойчивости и индуцированной системной устойчивости, в регуляции сигнальных путей которых ключевую роль играют такие фитогормоны, как салициловая кислота (СК) и жасмоновая кислота / этилен соответственно [3, 5, 12]. Однако, несмотря на многочисленные исследования, вся цепь механизмов по пути индуцирования бактериями *Bacillus subtilis* Cohn устойчивости растений к стрессам, в частности к засолению, пока далека от ясности и требует детального изучения.

Цель работы заключалась в оценке влияния предпосевной обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) суспензионной культурой штамма *Bacillus subtilis* 10-4 (10^5 КОЕ/мл) на содержание СК в проростках в норме и при натрий-хлоридном засолении.

Обнаружено, что воздействие 2 % NaCl на проростки пшеницы приводило к существенному увеличению содержания СК в них, что не удивительно, поскольку СК является ключевым медиатором сигнальных путей, ведущих к активации защитных систем организма в ответ на воздействие разных по природе стрессовых факторов [4, 10, 13]. Вместе с тем сама предобработка семян пшеницы *Bacillus subtilis* 10-4 вызывала почти двукратное накопление СК в проростках (до стресса), что согласуется с имеющимися в литературе данными [8, 11] и может свидетельствовать в пользу СК-зависимого пути реализации протекторного действия этих бактерий. Действительно, предобработанные суспензионной культурой штамма *Bacillus subtilis* 10-4 проростки характеризовались значительно меньшим уровнем стресс-индуцированного накопления СК, что, по-видимому, является следствием проявления бациллами преадаптирующего действия на растения к последующему воздействию стресса через активацию салицилат-зависимых сигнальных путей.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют в пользу вероятности вовлечения эндогенной СК в реализацию протекторного действия *Bacillus subtilis* на растения пшеницы при засолении.

Литература

1. Beneduzi A., Ambrosini A., Passaglia L.M.P. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents // Genetics and Molecular Biology. 2012. Vol. 35(4). P. 1044–1051.

2. Berg G. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2009. Vol. 84(1). P. 11–18.
3. García-Gutiérrez L., Zerriouh H., Romero D., Cubero J., de Vicente A., Pérez-García A. The antagonistic strain *Bacillus subtilis* UMAF6639 also confers protection to melon plants against cucumber powdery mildew by activation of jasmonate- and salicylic acid-dependent defense responses // *Microb. Biotechnol.* 2013. Vol. 6(3). P. 264–274.
4. Horvath E., Szalai G., Janda T. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling // *J. Plant Growth Regul.* 2007. Vol. 26. P. 290–300.
5. Niu D.D., Liu H.-X., Jiang C.-H., Wang Y.-P., Wang Q.-Y., Jin H.-L., Guo J.-H. 2011. The plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* by simultaneously activating salicylate- and jasmonate/ethylene-dependent signaling pathways. *Molecular Plant Microbe Interactions.* Vol. 24(5). P. 533–542.
6. Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2011. Vol. 22. P. 187–193.
7. Pusenkova L.I., Lastochkina O.V., Shirokov A.V., Ilyasova E.Y. Growth-stimulating and anti-stress effects of new *Bacillus subtilis* strains on wheat plants under salinity // *European Applied Sciences.* 2013. Vol. 1(10). P. 9–12.
8. Savada H., Shim I.-S., Usui K. Induction of benzoic acid 2-hydrolase and salicylic acid biosynthesis – Modulation by salt stress in rice seedlings // *Plant science.* 2006. Vol. 171. P. 263–270.
9. Sayed S.A., Atef A.S., Soha E. Response of three sweet basil cultivars to inoculation with *Bacillus subtilis* and arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress conditions // *Nature and Science.* 2011. Vol. 9(6). P. 1–6.
10. Smith J.L., De Moraes C.M., Mescher M.C. Jasmonate- and salicylate-mediated plant defense responses to insect herbivores, pathogens and parasitic plants // *Pest. Manag. Sci.* 2009. Vol. 65. P. 497–503.
11. Turan M., Ekinci M., Yıldırım E., Güneş K., Karagöz K., Kotan R., Dursun A. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content in cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings // *Turk. J. Agric. For.* 2014. Vol. 38. P. 327–333.
12. Van Loon L.C. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria // *Eur. J. Plant Pathol.* 2007. Vol. 119. P. 243–254.
13. Vlot A.C., Dempsey D.A., Klessig D.F. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease // *Annu. Rev. Phytopathol.* 2009. Vol. 47. P. 177–206.

EFFECT OF *BACILLUS SUBTILIS* 10-4 ON SALICYLIC ACID CONTENT IN WHEAT SEEDLINGS UNDER NORMAL AND SALINITY CONDITIONS

O. V. LASTOCHKINA, R. A. YULDASHEV, A. V. SHIROKOV, L. I. PUSENKOVA

*Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture,
Russian Academy of Agricultural Sciences, Ufa*

Summary. This study analyzed the effect of presowing treatment of seeds with *Bacillus subtilis* 10-4 on salicylic acid (SA) content in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings under normal and salinity (2%NaCl) conditions. It was found that *Bacillus subtilis* 10-4 increased the content of SA in wheat seedlings and contribute to decrease the level of stress-induced SA accumulation in them. Thus, obtained data indicate the probability involvement of endogenous SA on realization of *Bacillus subtilis* 10-4 – induced protective action on wheat plants under salinity.

ИЗУЧЕНИЕ МИКОРИЗАЦИИ КАК СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

М. А. ЛЕБЕДЕВА, И. Л. БУХАРИНА

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

E-mail: mariya-lebedeva-7@bk.ru

Симбиоз между растениями и микоризообразующими грибами широко распространен в природе. Но с момента окультуривания растений и применения агротехнических мероприятий эта связь у многих культур нарушилась.

Современные исследования в области молекулярной физиологии растений показали, что симбиоз растений с микоризообразующими грибами способствует лучшему усвоению растением элементов питания, уменьшает расход воды, обеспечивает растения биологически активными веществами, участвующими в формировании устойчивости растений к стрессовым факторам. Поэтому способ микоризации растений при их возделывании с целью повышения устойчивости является перспективным и экологичным методом.

Зарубежные ученые проводят исследовательскую работу по вторичной адаптации микоризообразующих грибов к действию неблагоприятных факторов, таких как засоленность, засуха и тяжелые металлы. В основном на примере растений для открытого грунта. Все эти исследования показывают, что эндотрофные грибы в подавляющем большинстве не видоспецифичны.

В нашем НОЦ проводятся исследования по выделению симбиотических эндотрофных грибов из корневой системы древесных растений, произрастающих в насаждениях города Ижевска. Уже найдены эндотрофные грибы рода *Glomus*, особенно в почвах насаждений санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь». Наиболее вероятно, что эти грибы уже адаптированы и устойчивы к экстремальным техногенным условиям. Исследования показывают, что эндотрофные грибы не видоспецифичны, поэтому их вполне можно использовать для инокуляции, в том числе сельскохозяйственных культур. Именно этой проблеме посвящены наши исследования.

В процессе микоризации существуют определенные сложности, поэтому наши исследования включают изучение и сравнительный анализ действия предлагаемых зарубежных грибных препаратов и грибов, выделенных из почв насаждений нашего города. В последующем планируются исследования по разработке препарата, альтернативного зарубежным аналогам, на основе выделенных из почв города эндотрофных грибов.

К настоящему времени заложен ряд вегетационных опытов в условиях климатической камеры с двумя сортами томата (F_1 Кохава, F_1 Малика) и применением двух различных препаратов: MucorMix (Микормикс), Great White (Белая акула) для инокуляции корневой системы двумя способами: внесением препарата непосредственно в субстрат (вариант «субстрат») и с обработкой корневой системы растений питательной средой, в которую внесена суспензия спор грибов (вариант «питательная среда»).

Растения выращивали в регулируемых условиях климатической камеры в стерильной песчаной гидропонной культуре. С периода первых настоящих листьев

подавался питательный раствор. Продолжительность опыта составила восемь недель.

Влияние грибных препаратов на рост и развитие томата в рассадный период (достоверность различий установлена методами описательной статистики по доверительному интервалу среднего значения показателя при $P < 0,05$)

Вариант	Адсорбционная поверхность корней, м ²		Содержание пигментов, мг/г			Сухое вещество, %	Высота растений, см
	общая	рабочая	хлорофилл а	хлорофилл в	каротиноиды		
Сорт F ₁ Кохава							
Контроль	0,256	0,110	1,214	0,181	0,541	2,6	6,3
Микормикс (субстрат)	0,236	0,130	1,048	0,161	0,499	4,5	9,5
Микормикс (пит. среда)	0,202	0,122	1,048	0,203	0,496	8,2	10,0
Белая акула (субстрат)	0,235	0,135	1,344	0,233	0,680	5,6	6,7
Белая акула (пит. среда)	0,219	0,117	0,976	0,157	0,467	10,6	8,2
Сорт F ₁ Малика							
Контроль	0,180	0,094	1,330	0,168	0,476	2,7	7,3
Микормикс (субстрат)	0,103	0,055	1,145	0,214	0,518	4,4	7,8
Микормикс (пит. среда)	0,112	0,045	1,010	0,161	0,478	7,5	8,3
Белая акула (субстрат)	0,079	0,039	1,274	0,167	0,679	6,8	4,2
Белая акула (пит. среда)	0,062	0,038	1,031	0,157	0,506	5,6	6,3

Примечание. Жирным шрифтом выделены показатели, имеющие достоверное различие с контролем.

Рост и развитие оценивали по таким важным показателям, как содержание фотосинтетических пигментов и состояние корневой системы. Анализ показал, что при использовании грибных препаратов общая адсорбционная поверхность корней достоверно снижается (см. табл. выше), но при этом грибные препараты вызвали тенденцию увеличения рабочей адсорбционной поверхности корней растений, а препарат Белая акула – ее достоверное увеличение. Этот же препарат вызвал существенное увеличение содержания хлорофилла в и каротиноидов, что говорит о повышении устойчивости и теневыносливости растений.

Оба препарата на обоих сортах вызвали увеличение содержания сухого вещества в 2–4,5 раза. Инокулированные растения имели большую высоту главного побега по сравнению с контролем.

THE STUDY OF MINORITATH AS A WAY OF INCREASING THE SUSTAINABILITY OF VEGETABLE CROPS IN GREENHOUSES

M. A. LEBEDEVVA, I. L. BUKHARINA

Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk

Summary. The purpose of this study is to investigate the effect endocrine fungi on the growth, development and sustainability of tomato in greenhouses in hydroponic culture, relevant for vegetable Udmurtia. Laid the growing experience in climate chambers with two tomato varieties and the use of two different drugs for inoculation of the root system, and in two ways: by making the drug directly to the substrate and with the use of special nutrient medium. The plants were grown in controlled conditions in climate chambers in sterile sand hydroponic culture.

ФЛАВОНОЛЫ В РЕГУЛЯЦИИ РАЗВИТИЯ, ПРОРАСТАНИЯ И РОСТА МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ *IN VIVO*

Ю. В. Минкина

Институт атомной энергетики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ», Обнинск

E-mail: minkina_ylia@mail.ru

Литературные данные свидетельствуют о зависимости фертильности растений от содержания флавонолов в их тканях [1, 2]. Однако функции флавонолов в репродуктивном процессе до сих пор не установлены.

Для получения более полных данных об образовании и накоплении флавонолов в прогамной фазе оплодотворения мы исследовали на двух клонах петунии (самосовместимом и самонесовместимом) динамику содержания флавонолов в системе пыльник-мужской гаметофит; прорастающем *in vitro* мужском гаметофите; системе пыльца-пестик после самоопыления.

Развитие пыльцевых зерен петунии обоих клонов сопровождалось постоянным увеличением уровня содержания флавонолов в тканях пыльника (длина бутонов от 15 до 50 мм). Развитие фертильного мужского гаметофита самосовместимого клона сопровождалось трехкратным повышением уровня содержания флавонолов и одиннадцатикратным в случае самонесовместимого клона.

Зрелая пыльца двух фертильных клонов незначительно отличалась по уровню содержания флавонолов: $27,34 \pm 1,83$ мг/г сырой массы (самосовместимый клон) и $20,96 \pm 1,49$ мг/г сырой (самонесовместимый клон). Разница между средними величинами содержания суммы фенольных соединений и флавонолов в пыльце двух клонов достоверна при 5 % уровне значимости ($P < 0,05$).

Таким образом, развитие мужского гаметофита самонесовместимого клона, по сравнению с мужским гаметофитом самосовместимого клона, сопровождалось повышенным уровнем флавонолов в развивающихся пыльниках. Можно допустить, что это связано с формированием механизма самонесовместимости в мужском гаметофите.

Прорастание *in vitro* пыльцевых зерен обоих клонов сопровождалось повышением на 15–30 % уровня флавонолов, более значительное повышение отмечено в случае самосовместимого клона (статистически достоверные различия между клонами отмечены в течение 0,5 часа культивирования).

При последующем культивировании в течение 5 часов уровень флавонолов постепенно снижался до исходных значений.

Таким образом, прорастание мужского гаметофита двух клонов петунии сопровождалось заметным повышением уровня флавонолов (более значительное повышение характерно для самосовместимого клона).

Из представленных в таблицах данных о содержании флавонолов в системе пыльца-пестик петунии двух клонов до опыления следует, что мужской гаметофит обоих фертильных клонов по сравнению со спорофитными тканями пестика характеризуется более высоким уровнем флавонолов.

Система пыльца-пестик самосовместимого клона по сравнению с таковой самонесовместимого клона содержит более высокий уровень флавонолов (разница достоверна при 5 % уровне значимости ($P < 0,05$)).

Следующий этап работы включал определение локализации флавонолов в отдельных частях пестика (рыльце, столбик, завязь).

Из полученных результатов видно, что рыльца двух клонов различались по содержанию флавонолов, а именно, для самосовместимого клона характерен более высокий уровень флавонолов (1,087 мг/г сырой массы). В столбиках обоих клонов содержалось незначительное количество флавонолов (0,539 и 0,359 мг/г сырой массы соответственно). Завязи обоих клонов содержали практически одинаковый уровень флавонолов (0,855–0,948 мг/г сырой массы).

Таким образом, развитие, прорастание и рост мужского гаметофита *in vivo* петунии самосовместимого и самонесовместимого клонов сопровождалось повышением содержания флавонолов. Зрелый мужской гаметофит по сравнению со спорофитными тканями пестика характеризовался чрезвычайно высоким уровнем флавонолов. Локализация флавонолов в тканях пестика характеризовалась спецификой в каждой из трех его частей, выполняющих различные функции в процессе прорастания пыльцы и роста пыльцевых трубок.

Таблица 1

Содержание флавонолов (ФЛ) в системе пыльца-пестик петунии самосовместимого клона до опыления, мг/г сырой массы

Орган	ФЛ
Пыльца	27,34±
Пестик	2,48±
Система пыльца-пестик	29,82±

Таблица 2

Содержание флавонолов (ФЛ) в системе пыльца-пестик петунии самонесовместимого клона до опыления, мг/г сырой массы

Орган	ФЛ
Пыльца	20,96±
Пестик	1,83±
Система пыльца-пестик	22,79±

Таблица 3

Содержание флавонолов (ФЛ) в трех частях пестика петунии самосовместимого клона до опыления, мг/г сырой массы

Орган	ФЛ
Рыльце	1,087±
Столбик	0,539±
Завязь	0,855±

Таблица 4

Содержание флавонолов (ФЛ) в трех частях пестика петунии самонесовместимого клона до опыления, мг/г сырой массы

Орган	ФЛ
Рыльце	0,526±
Столбик	0,359±
Завязь	0,948±

Литература

1. Vogt T., Pollak P., Tarlyn N., Taylor L. P. Pollination- or wound-induced kaempferol accumulation in *petunia* stigmas enhances seed production // Plant Cell. 1994. Vol. 6. P. 11–23.

2. Ylstra B., Busscher J., Franclin J., Hollman P. C. H., Mol J. N. M., van Tunen J. Flavonols and fertilization in *Petunia hybrida*: localization and mode of action during pollen tube growth // Plant. J. 1994. Vol. 6. P. 201–212.

FLAVONOLS IN THE REGULATION OF DEVELOPMENT, GERMINATION AND GROWTH OF MALE GAMETOPHYTE PETUNIA IN VIVO

YU. V. MINKINA

IATE National Research Nuclear University «MEPHI», Obninsk, Russia

Summary. The development of pollen grains of *Petunia* both clones was accompanied by a steady increase in the level of the amount Flavonols in the tissues of the anther. Mature pollen fertile clones two slightly different levels of Flavonols: 27.34 ± 1.83 mg/g fresh weight (compatibility clone) and 20.96 ± 1.49 mg/g fresh weight (incompatibility clone). The male gametophyte of both fertile clones compared to sporophyte tissues of the pistil is characterized by higher levels of Flavonols. Stigma after pollination characterized by the highest level of Flavonols compared to style and ovary.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ФАЗАМ ВЕГЕТАЦИИ В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. В. НЕМЧАНИНОВА¹, Л. А. КРАСНОЯРОВА²

¹ *Томский государственный университет*

E-mail: chuvstvalive@mail.ru

² *Томский сельскохозяйственный институт (филиал НГАУ)*

E-mail: subito@sibmail.com

В настоящее время установлено, что гумусовые вещества (особенно гуминовые препараты), получаемые из торфа, горючих сланцев и др., являются при низких концентрациях высокоактивными стимуляторами роста и развития растений. Поступая в растение, они усиливают энергетические процессы ассимиляции углекислоты в процессе фотосинтеза, белковый и нуклеиновый обмен, повышают коэффициент использования элементов минерального питания, качество продукции сельскохозяйственных культур, а также формирование урожая.

Гуминовые вещества также обладают свойствами адаптогена, повышают сопротивляемость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям и болезням. Это особенно важно в условиях Западной Сибири, для которой характерны короткий вегетационный период, поздняя весна, недостаток или избыток влаги.

Препараты гуминовой природы используются под различные сельскохозяйственные культуры различными агротехническими способами. Препарат Гумостим (ТУ 0392-030-00493929-06) производится на опытной установке СибНИИ сельского хозяйства и торфа, содержит гуминовые кислоты, аминокислоты, карбоновые кислоты, макроэлементы (азот, фосфор, кальций, железо), микроэлементы (медь, цинк, марганец), витамины групп А, В, витамины С, Е. Изготовлен из торфа месторождения Темное Томского района. Препарат обладает высокой биологической и антистрессовой активностью, иммуностимулирующими свойствами. Увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян нового урожая. Усиливает корнеобразование, кустистость, количество и массу зерен в колосе. Малые

дозы, высокая эффективность, экологическая безопасность, совместимость с ядохимикатами и минеральными удобрениями и доступная цена делают его привлекательным для сельхозпроизводителей [3].

Необходимость для растений кальция подтверждена многими исследованиями. Кальций необходим для нормального роста и развития надземных органов и корней растений. Потребность в нем проявляется еще в фазе прорастания, а также в течение всего периода активного роста. Кальций принимает участие в поддержании структуры хромосом, рибосом и митохондрий. Одной из самых важных функций кальция является его влияние на физико-химическое состояние протоплазмы – ее вязкость, проницаемость и другие свойства, от которых зависит нормальное протекание биохимических процессов в растении [5].

В связи с этим актуальным является изучение ростостимулирующей активности препаратов на основе физиологически активных гуминовых кислот и биогенного элемента – кальция.

В своей работе мы использовали новый стимулятор роста растений – гуминовый препарат с кальцием (патент № 2514659), полученный смешиванием Гумостима и раствора хлорида кальция в эквивалентных количествах. Препарат находится в жидкой форме, темно-коричневого цвета со специфическим запахом, концентрация измеряется по содержанию гуминовых кислот в процентах [2].

Исследователями ГНУ СибНИИСХиТ были проведены лабораторные биотесты кальциевого препарата с использованием ярового ячменя. Из данных по обработке семян ячменя при выращивании на чашках Петри было выделено две концентрации 0,0100 и 0,0001 %, показавшие увеличение всхожести на 8 и 5 % соответственно. При этом показатели вегетативной массы превышали контроль на 15 и 22 %, а показатели корневой массы – на 16 и 14 % соответственно. При выращивании ячменя в рулонах препарат проявлял стимулирующую активность только в концентрации 0,01 %, увеличив всхожесть на 4 %, сухую вегетативную массу на 12 % [4]. Выбранные концентрации были использованы при закладке полевого опыта.

Цель работы – изучить физиологические параметры ярового ячменя, семена которого обработаны гуминовым препаратом с кальцием, по фазам вегетации в полевым эксперименте.

Полевой опыт проводили на серой лесной почве полевого стационара СибНИИСХиТ Лучаново на яровом ячмене сорта Ача на минеральном фоне (мочевина N_{45}) по методике Доспехова Б. А. [1]. Повторность опытов трехкратная, размещение вариантов систематическое, площадь делянок 40 м², учетная – 32 м². Почва опытного участка рН_{сол.} 4,88, гидрлитическая кислотность 7,59 мг-экв/100 г сухой почвы, гумус 5,7 %. Препарат применяли для предпосевной обработки семян ячменя (10 л рабочего раствора на 1 т семян). Схема опыта: контроль (семена без обработки), обработка Гумостимом с кальцием в концентрациях 0,0100 и 0,0001 %.

Обработка регуляторами роста оценивалась по результатам определения морфометрических показателей ячменя. В фазу полные всходы, кущения и цветения определяли площадь листьев одного растения, площадь одного листа, количество листьев, сухую массу десяти растений, влажность растений, удельную поверхность листьев (УПЛИ), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Определение проводили по десяти растениям ячменя в трех повторностях. Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны программой Snedecog v. [6]

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что наблюдалось превышение показателей (количество листьев, площадь одного листа, площадь листьев одного растения, УППЛ, сухая масса 10 растений) опытных вариантов над контрольными в фазы полные всходы и кушения. На 32 % увеличилась ЧПФ в фазе кушения в варианте с концентрацией 0,01 % гуминового препарата с кальцием в сравнении с контролем (ЧПФ контроля $3,86 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сутки}$). В фазу выметывания физиологические показатели опытных вариантов достоверно превышали контроль. В значительной степени увеличилось количество листьев в фазе выметывания: на 61,7 % увеличилось количество листьев в варианте с применением концентрации 0,01 % гуминового препарата с кальцием и на 64,7 % в варианте с применением концентрации 0,0001 % по сравнению с контролем (в контроле 7,83 шт.). Обработка регуляторами роста способствовала возрастанию площади листьев одного растения в фазу выметывания по сравнению с контролем. В контрольном варианте площадь составила $59,95 \text{ см}^2$, а в опытных вариантах увеличилась на 70 % (концентрация 0,01 %) и на 74 % (концентрация 0,001 %). По сравнению с контролем (контроль составил 9,68 г) на 54% возросла сухая масса опытного варианта с 0,01 % концентрацией и на 23 % у опытного варианта с 0,0001 % концентрацией.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что предпосевная обработка гуминовыми препаратами из торфа с кальцием способствует интенсивному увеличению биометрических показателей ячменя в фазе вегетации. В последующем это должно повлиять на увеличение урожайности.

Литература

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.
2. Касимова Л. В., Кравец А. В., Николаева Д. Л. Стимулятор роста растений, обогащенный кальцием, способ его получения и способ обработки семян: патент № 2514659, опубл. 20.02.2014, Бюл. № 12.
3. Касимова Л. В., Титова Э. В., Сорокин И. Б., Кравец А. В. Физиологическая активность и применение стимулятора роста растений из торфа «Гумостим» // *Achievements and Prospects of Humic Substances Application in Agriculture*. Днепропетровск, 2008. С. 137–139.
4. Кравец А. В., Бобровская Д. Л., Касимова Л. В. Кальциевый препарат для стимуляции роста сельскохозяйственных растений // *Актуальные проблемы науки: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф., 30 мая 2011 г.: в 4 ч. Ч. 3*. Тамбов: Бизнес-Наука-Общество, 2011. С. 52–53.
5. Малиновский В. И. Физиология растений: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. 106 с.
6. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.

THE IMPACT OF HUMIC FERTILIZATION ON DEVELOPMENT AND EVOLUTION OF HORDEUM ON VEGETATIVE STAGES IN FIELD EXPERIMENT

A. V. NEMCHANINOVA¹, L. A. KRASNOYAROVA²

¹ Tomsk State University, Tomsk

² Tomsk agricultural Institute branch NGAU, Tomsk

Summary. In the field experiment we tested preplant treatment of seeds of spring barley by use humic preparation which consist of two concentrations of calcium. The results of trial shows that biometric reading has changed, so we predict dramatic increase of harvest.

РАФТЫ В СТРУКТУРЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН

И. С. НЕСТЕРКИНА, Е. В. КОЛЕСНИКОВА

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,

E-mail: nirinka24@mail.ru

Известно, что биологические мембраны асимметричны, многочисленный экспериментальный материал позволяет сделать вывод о неравномерном распределении липидов в плоскости мембраны [8]. В настоящее время жидкостно-мозаичная модель строения мембраны дополнена новыми данными о латеральной неоднородности мембраны. Следует признать, что пока не существует единой общепризнанной модели латерального строения биологической мембраны.

Однако чрезвычайно популярной в последнее десятилетие стала концепция рафтов или гликофинголипид-холестериновых доменов (участки мембраны, обогащенные сфингомиелином, стеринами и белками). Итак, в 1997 году известный немецкий ученый Кай Зимонс выдвинул революционную теорию «липидных рафтов». Суть теории в том, что определенные участки мембраны самоорганизованы в обогащенные холестерином «рафты», в которых липиды находятся в новом фазовом состоянии, жидкоупорядоченном, т. е. они более плотные, чем остальные области мембраны, и потому свободно дрейфуют в окружающем пространстве [13].

В настоящее время, эти стерин-обогащенные участки мембраны именуют доменами, иногда с приставкой микро- или нано- в зависимости от размера. В англоязычной литературе эти домены называются «raft», что в переводе означает «плот» [1]. Для этих микродоменов еще нет определенной стандартизованной номенклатуры.

Установлено, что размер рафтов может меняться в зависимости от концентрации липидов в клетке, внешних условий и активного состояния мембраны. А также их стабильность и время жизни зависит от количества белков, инкорпорированных в рафт, от количества и качества нерафтовых белков, от величины поверхностного натяжения на границе раздела рафта и жидкостно-неупорядоченного фосфолипидного окружения и от связывания внутренних компонентов рафта с элементами цитоскелета. Согласно данным, полученным на основе исследования механизмов преактивации клеток, сначала рафты представляют собой нанокластеры (10 нм). А при функциональной нагрузке клетки происходит объединение рафтов в более крупные структуры размером от 50 до 200 нм [4]. Исследования

позволили определить не только размеры рафтов, но и возможное время существования (в среднем не более 1 минуты) [3]. Кроме того, толщина рафтов на 0,5–1,0 нм превышает толщину окружающей их мембраны.

Благодаря своим специфическим особенностям и строению рафты могут участвовать в регуляции разнообразных физиологических процессов, таких как межклеточные взаимодействия, эндоцитоз, внутриклеточная передача сигналов, сортировка липидов, регуляция функций ионных каналов и доставка белков из аппарата Гольджи в плазматическую мембрану и т. д. В зависимости от происходящих в жизни клетки событий рафты способны собираться в большие платформы, и тогда молекулы белков, которые до того находились на разных «плотах»-рафтах, получают возможность встретиться и вступить во взаимодействие [10, 11, 13].

Все это объясняет большой интерес к изучению липидных рафтов. В настоящее время обнаружение и изучение рафтов проводилось в клетках животных, грибов, растений. В этих объектах рафты исследовались на таких мембранах, как плазмалемма, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум и митохондрии [5, 7, 14].

Мы проявляем большой интерес к биологическим мембранам растений. И наблюдаем, что интенсивное изучение рафтов в мембранах растений начато сравнительно недавно. За это время исследователям удалось охарактеризовать структуру и функции рафтов плазмалеммы и аппарата Гольджи [2, 6, 7, 9, 11].

Мы провели подобные исследования по обнаружению рафтов на вакуолярной мембране. И нами впервые было доказано присутствие рафтов в тонопласте [12], хотя, как известно, вакуолярная мембрана играет большую роль в жизни растительной клетки. Мы подробно изучили липидный состав рафтов тонопласта. Однако еще есть неясные моменты: например, каковы функции и размеры рафтов в тонопласте, время жизни и т. д. Это и есть цель нашего дальнейшего исследования.

Литература

1. Акимов С. А., Фролов В. А., Кузьмин П. И. Линейное натяжение и функция распределения нанорафтов по размерам в бислойных липидных мембранах // Биологические мембраны. 2005. Т. 22, № 5. С. 413–426.
2. Белугин Б. В., Жесткова И. М., Трофимова М. С. Сродство РНР-аквапоринов к стерин-обогащенным доменам плазмалеммы клеток этиолированных проростков гороха // Биологические мембраны. 2010. Т. 27, № 5. С. 394–403.
3. Ипатова О. М. Фосфолипиды: механизмы действия и применение в клинике. М.: ГУ НИИ Биомедхим. РАНН, 2005. 318 с.
4. Плескова С. Н., Пудовкина Е. Е. Морфологическая и структурная характеристика рафтов // Цитология. 2013. Т. 55, № 8. С. 586–592.
5. Hansen G. H., Niels-Christiansen L. L., Thorsen E., Immerdal L., Danielsen E. M. Cholesterol depletion of enterocytes. Effect on the Golgi complex and apical membrane trafficking // Journal of Biological Chemistry. 2000. Vol. 275, № 7. P. 5136–5142.
6. Laloï M., Perret A. M., Chatre L., Melsner S., Cantrel C., Vaultier M. N., Zachowski A., Bathany K., Schmitter J. M., Vallet M., Lessire R., Hartmann M. A., Moreau P. Insights into the role of specific lipids in the formation and delivery of lipid microdomains to the plasma membrane of plant cells. // Plant Physiol. 2007. Vol. 143. P. 461–472.
7. Lefebvre B., Furt F., Hartmann M. A., Michaelson L. V., Carde J. P., Sargueil-Boiron F., Rossignol M., Napier J. A., Cullimore J., Bessoule J. J., Mongrand S. Characterization of lipid rafts

from *Medicago truncatula* root plasma membranes: a proteomic study reveals the presence of a raft-associated redox system // *Plant Physiol.* 2007. Vol. 144. P. 402–418.

8. Lindblom G., Oradd G., Filippov A. Lipid lateral diffusion in bilayers with phosphatidylcholine, sphingomyelin and cholesterol. An NMR study of dynamics and lateral phase separation // *Chem. Phys. Lipids.* 2006. Vol. 141, P. 179–184.

9. Mongrand S., Morel J., Laroche J., Claverol S., Carde J., Hartmann M., Bonneau M., Simon-Plast F., Lessire R., Bessoule J. Lipid rafts in higher plant cells // *Biol.Chem.* 2004. Vol. 279, № 35. P. 36277–36286.

10. Mongrand S., Stanislas T., Bayer E. M. F., Lherminier J., Simon-Plast F. Membrane rafts in plant cells // *Trends in Plant Science.* 2010. Vol. 15, № 12. P. 656–663.

11. Morel J., Claverol S., Mongrand S., Furt F., Fromentin J., Bessoule J., Blein J., Simon-Plast F. Proteomics of plant detergent-resistant membranes // *Mol Cell Proteomics.* 2006. Vol. 5, № 8. P. 1396–1411.

12. Ozolina N. V., Nesterkina I. S., Kolesnikova E. V., Salyaev R. K., Nurminsky V. N., Rakevich A. L., Martynovich E. F., Chernyshov M. Y. Tonoplast of *Beta vulgaris* L. contains detergent-resistant membrane microdomains. // *Planta.* 2013. Vol. 237, № 3. P. 859–71.

13. Simons K., Ikonen E. (1997) Functional rafts in cell membranes // *Nature.* 1997. Vol. 387. P. 569–571.

14. Zurzolo C., van Meer G., Mayor S. The order of rafts. Conference on microdomains, lipid rafts and caveolae // *EMBO Rep.* 2003. Vol. 4, № 12. P. 1117–1121.

RAFTS IN THE STRUCTURE OF BIOLOGICAL MEMBRANES

I. S. NESTERKINA, E. V. KOLESNIKOVA

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Summary. It is known that biological membranes are asymmetric in their structure. In the last decade the raft model of biological membrane structure has become the most popular. Rafts are specific regions of membrane. Its lipids have liquid ordered phase state, and they are more dense than the left part of the membrane, and therefore they drift freely in the surrounding membrane space. Mostly rafts in plants are studied in plasma membrane and Golgi apparatus. We first have proved the presence of rafts in the plant vacuolar membrane.

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДОВОГО ЗАКАЛИВАНИЯ НА УРОВЕНЬ УГЛЕВОДОВ И ПРОЛИНА В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ГИПЕРТЕРМИИ

В. В. ПАРХОМЕНКО, А. В. ОЩЕПКОВА

Пермский государственный национально-исследовательский университет

E-mail: 16vera_91@mail.ru

Явление закаливания растений известно довольно давно, однако до сих пор его молекулярно-биохимические механизмы остаются до конца не выясненными.

Лучше изучена физиология и биохимия теплового закаливания, тогда как метаболические особенности предварительной обработки пониженной температурой (холодовое закаливание) практически не исследованы. Известно, что физиологической основой закаливания являются неспецифические реакции, которые вызывают генетическое перепрограммирование на запуск адаптационных программ. Среди таких реакций особую роль отводят синтезу низкомолекулярных протекторов (НМП): пролин, полиамины, вещества фенольной природы, органические кислоты, моносахариды [3, 5].

Целью нашей работы было изучение влияния холодового закаливания на содержание пролина, глюкозы и крахмала в проростках пшеницы в процессе их адаптации (стадии стресс-реакции и специализированной адаптации) к последующей гипертермии.

Исследование проводили на недельных проростках пшеницы мягкой (сорт Иргина), которые выращивали в климатической камере ШН-М на вермикулите при температуре 22 °С, влажности 75–80 % и освещенности люминесцентными лампами 15 ч в сутки (1-й вариант – контроль). Затем часть проростков подвергали температурным воздействиям по следующей схеме: 2-й вариант – 8 °С (6 ч) (низкая закалывающая температура); 3-й вариант – 45 °С (4 ч) (повреждающая гипертермия); 4-й вариант – холодовое закаливание (8 °С, 6 ч) и сразу гипертермия (45 °С, 4 ч).

Для анализа брали растения через 12 ч (стадия стресс-реакции) и 72 ч (стадия адаптации) после окончания всех обработок.

Анализировали прирост проростков за 3 суток, первичную теплоустойчивость по методу Ф. Ф. Мацкова [4], количество глюкозы фотометрическим методом Вознесенского [1] количество крахмала – фотометрическим методом [1], содержание пролина – по методу L. S. Bates et al [6]. Повторность анализов – двух-трехкратная. Результаты обрабатывали статистически с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Определяли достоверность различий между некоторыми вариантами по наименьшей существенной разнице (HCP_{05}).

Анализ полученных нами данных показал, что монодействие гипертермии практически полностью ингибировало рост надземной части проростков.

Предварительное холодовое закаливание уменьшило рост-ингибирующий эффект гипертермии. При этом первичная теплоустойчивость, о которой мы судили по степени деструкции хлорофилла при холодовом закаливании, повышалась до уровня контроля.

Следовательно, уже в начальный период холодового закаливания в растениях начинаются адаптивные преобразования, часть из которых носит неспецифический характер, что, очевидно, и вызывает дополнительное повышение устойчивости при последующем действии на растения высокой температуры.

Сложилось мнение, что свободный пролин при стрессе обладает полифункциональным биологическим эффектом осмопротектор, стабилизатор макромолекул и мембран, дополнительный источник энергии и азота, антиоксидант и др. [2].

Полученные нами результаты (рис. 1) показали достоверно повышенное содержание пролина во всех опытных вариантах на этапе стресс-реакции. На этапе адаптации количество пролина в 3-м и 4-м вариантах снизилось до уровня контроля.

Уровень глюкозы у всех опытных растений был пониженным по сравнению с контролем (рис. 2). Особенно существенно количество глюкозы уменьшалось на третий день после гипертермического воздействия, т. е. на стадии адаптации.

Анализ соотношения пулов крахмала и глюкозы показал осуществление гидролиза крахмала с образованием глюкозы на стадии адаптации. Можно предположить, что гидролиз крахмала в листьях осуществляется тогда, когда потребности в энергии выше, чем может дать фотосинтез.

На основании полученных нами результатов и данных литературы можно считать, что в развитии теплоустойчивости растений после предварительной холодной обработки активно функционирует многокомпонентная протекторная система, включающая регуляцию пула глюкозы, пролина и других низкомолекулярных соединений. Синтез нескольких НМП имеет важное преимущество, поскольку эти соединения выполняют как общую протекторную функцию, так и высоко специализированную физиологическую роль при адаптации растений к стрессорам различной природы. Это создает возможность их функциональной взаимозаменяемости.

На основании полученных результатов можно сделать следующие основные выводы:

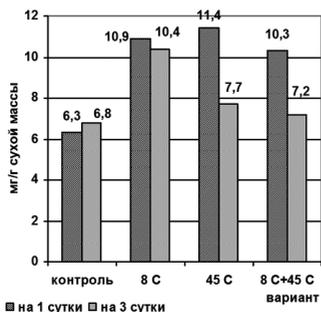


Рис. 1. Изменение содержания пролина в проростках пшеницы при закаливании и гипертермии

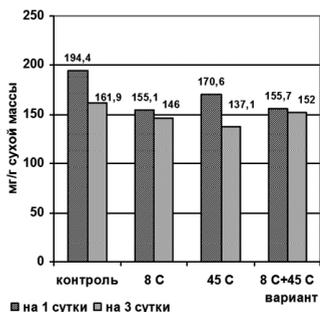


Рис. 2. Изменение количества глюкозы в проростках пшеницы при закаливании и гипертермии

1. Холодовое закаливание (8 °С, 6 ч) проростков пшеницы повышает их теплоустойчивость, что выражается в снижении рост-ингибирующего эффекта и уменьшении степени деструкции хлорофилла при последующей гипертермии (45 °С, 3ч).
2. Установлен различный вклад изучаемых НМП в механизм холодового закаливания. Так, на стадии стресс-реакции основную протекторную роль выполняет пролин, а на стадии специализированной адаптации – глюкоза.

Функциональная взаимозаменяемость глюкозы и пролина является эффективным механизмом физиологической адаптации к гипертермии.

Литература

1. Большой практикум «Биохимия»: лабораторные работы / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2012. С. 26–35.
2. Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999. Т. 46, № 2. С. 321–336.
3. Титов А. В., Таланова В. В. Устойчивость растений и фитогормоны. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2009. 206 с.
4. Физиология устойчивости растений к экстремальным факторам: мет. указ. к лабораторным работам / сост. Л. А. Чудинова, Л. А. Филатова. Пермь, 1991. С. 12–13.
5. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. С. 58–68.
6. Bates L. S., Waidren R. P., Tear J. D. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant and Soil. 1973. Vol. 39, № 1. P. 205.

EFFECT OF COLD HARDENING ON THE LEVEL OF CARBOHEDRATES AND PROLINE IN WHEAT SEEDLINGS DURING SUBSEQUENT HYPERTHERMIA

V. V. PARHOMENKO, A. V. OSHCHERKOVA
Perm State University, Perm

Summary. Presents the results of the impact on wheat term low hardening (4 °C) and high damaging temperature (45 °C). Established the formation of cross-adaptation sequential action of hypo- and hyperthermia. The observed decrease in the glucose level particularly during the adaptation hyperthermia, which to some extent offset by the intensive accumulation of proline.

ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ КАДМИЯ В ГРАДИЕНТЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОГОЛИСТНИКА

К. А. ПОМОРЦЕВА

Уральский федеральный университет, Екатеринбург
E-mail: pomor-a.ksieniia@list.ru

В современных условиях все более значимыми становятся исследования по выяснению изменений в растениях в ответ на повышенные концентрации тяжелых металлов (ТМ), поступающих в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека. Ведь ТМ представляют серьезную угрозу для биоты вследствие их токсичности для организмов и постепенного накопления до опасного уровня. Попадая в водные объекты, они резко ухудшают их экологическое состояние.

В связи с этим целью данной работы было оценить влияние ионов кадмия в градиенте концентрации на физиолого-биохимические показатели высшего водного растения.

Объект исследования – роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.). Эксперимент проводили в лабораторных условиях. Растения помещали в дистиллированную воду с добавлением сульфата кадмия в градиенте концентрации (0,1; 1,0; 10 мг/л Cd²⁺). Контролем служили растения, инкубированные в дистиллированной воде без внесения токсиканта.

Усредненную пробу листьев отбирали не менее чем с 7–10 растениями. Определяли интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность гваякол-пероксидазы, содержание фотосинтетических пигментов и растворимого белка через одни и трие суток инкубации.

О степени повреждения биологических мембран судили по количеству продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-РП) [3]. Активность гваякол-пероксидазы оценивали по скорости полимеризации гваякола до тетрагваякола [2]. Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли спектрофотометрически, экстрагируя пигменты из листьев 80 % ацетоном [1]. Каждое измерение осуществлено в трехкратной аналитической повторности.

Как известно, при стрессовых условиях начинает образовываться большее количество активных форм кислорода (АФК), чем в норме. Это влечет за собой повреждение мембран и нарушения в работе фотосинтетического аппарата.

Так, после инкубирования в течение одних суток самая большая интенсивность ПОЛ отмечена в вариантах с Cd^{2+} при концентрациях 1 мг/л и 10 мг/л (рис. 1). Уровень пероксидации липидов в варианте с кадмием при концентрации 0,1 мг/л практически не отличался от контроля. После трехдневной экспозиции во всех вариантах произошло снижение интенсивности ПОЛ. Исходя из полученных результатов можно отметить, что данные концентрации ионов кадмия для роголистника погруженного не являются летальными, поэтому через некоторое время наблюдались стабилизация и даже уменьшение интенсивности ПОЛ по сравнению с контрольными вариантами. Можно говорить о наступлении стадии адаптации через трое суток опыта, хотя, вероятнее всего, требуется больше времени, чтобы растения справились с окислительным стрессом.

Максимальная активность пероксидазы была обнаружена в варианте с кадмием при 0,1 мг/л через одни и трое суток экспозиции (рис. 2). Воздействие низкими концентрациями активизировало работу ферментативной системы растений. Высокие концентрации тяжелых металлов, как правило, приводят к образованию большего количества свободных радикалов, которые, в свою очередь, могут инактивировать конститутивный пул фермента. Времени для возобновления их синтеза недостаточно, поэтому через трое суток не было достоверных различий в активности фермента.

Фотосинтетический аппарат растений очень чувствителен к изменениям в окружающей среде. При инкубировании роголистника в течение трех суток при возрастании концентрации Cd^{2+} содержание хлорофилла *a* снижалось, в то время как после инкубирования растений в течение одних суток отчетливо выраженной тенденции по хлорофиллу *a* не выявлено. По динамике хлорофилла *b* обнаружена следующая закономерность: при инкубировании растений в течение одних суток в градиенте концентрации Cd^{2+} его количество повышалось, а после трех суток опыта наблюдалась обратная тенденция.

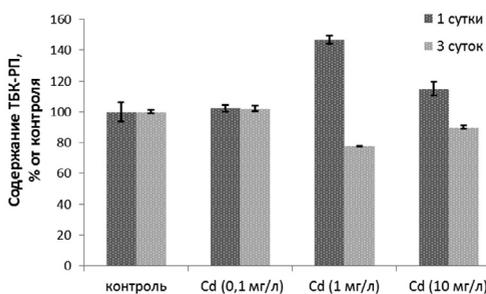


Рис. 1. Содержание ТБК-РП в листьях роголистника при разных концентрациях ионов кадмия

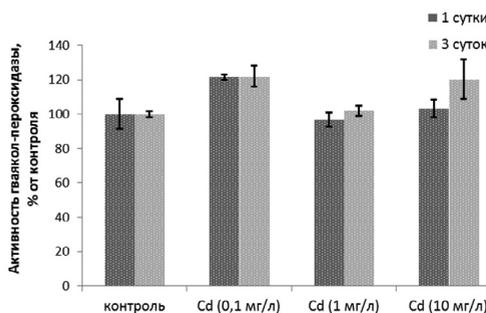


Рис. 2. Активность пероксидазы в листьях роголистника при разных концентрациях ионов кадмия

Показано, что после инкубирования в течение суток количество каротиноидов в листьях увеличивалось по сравнению с контролем. Это связано с тем, что ионы кадмия индуцируют образование АФК, приводя к сильным окислительным процессам в растительных тканях. В свою очередь, известно, что каротиноиды могут действовать как «ловушки» радикалов. Этим можно объяснить тот факт, что после трех суток произошло снижение интенсивности ПОЛ в варианте Cd^{2+} (1 мг/л) по сравнению с этим же вариантом через одни сутки. Содержание каротиноидов снижалось после трехдневной инкубации во всех вариантах по сравнению с их количеством через одни сутки.

Таким образом, ионы кадмия в повышенных концентрациях вызывают максимальные повреждения мембран, активизируется антиоксидантная система защиты растений. При этом содержание каротиноидов возрастает, приводя к уменьшению интенсивности ПОЛ. Это подтверждает их способность к снижению генерации АФК. После трехдневной инкубации, очевидно, наступает фаза адаптации.

Литература

1. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. М., 2003. 256 с.
2. Chance B., Maehly A. C. Assay catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology*. N. Y.: Academic Press, 1955. P. 764–775.
3. Uchiyama M., Mihara M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test // *Anal. Biochem.* 1978. Vol. 86. P. 287–297.

THE ACTION OF CADMIUM IONS IN A CONCENTRATION GRADIENT ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *CERATOPHYLLUM DEMERSUM* L.

К. А. РОМОРТСЕВА

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. Studies have been performed to assess the response of *Ceratophyllum demersum* L. to the impact of cadmium sulphate in a concentration gradient (0.1; 1.0; 10 mg/L Cd^{2+}). We have determined the lipid peroxidation intensity, peroxidase activity and the content of photosynthetic pigments in plants. Observed changes (after 72 h) can be defined as the adaptation phase.

ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ АНТИГРИБНОГО ДЕЙСТВИЯ ХАРПИНО-ПОДОБНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПЕПТИДОВ РАСТЕНИЙ

Е. А. РОГОЖИН¹, А. С. ВАСИЛЬЧЕНКО^{2,3}, С. К. ЗАВРИЕВ¹

¹Институт биоорганической химии РАН, Москва

²Оренбургский государственный университет

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург

E-mail: rea21@list.ru

Болезни растений, вызываемые различными патогенными микроорганизмами, приносят значительный экономический ущерб при сельскохозяйственном производстве во многих странах. В связи с этим отдельного внимания заслуживают разработка и совершенствование новых эффективных систем защиты растений от болезней, в частности с применением биологически активных соединений природного происхождения. При этом немаловажный интерес представляет

изучение молекулярных механизмов действия таких соединений на патогенные микроорганизмы-мишени.

Объектом наших исследований является пептид ЕсАМР1, ранее выделенный из семян ежевника (*E. crusgalli*), принадлежащего к семейству харпино-подобных защитных пептидов растений, для которого показано наличие выраженных антифунгальных свойств, а также способность подавлять рост бактериальных колоний *in vitro*. В рамках проведенной работы было проведено более детальное исследование взаимодействия харпино-подобного антимикробного пептида ЕсАМР1 семян ежевника с конидиями фитопатогенного гриба *F. solani*. Ранее было показано, что данный пептид обладает достаточно широкой специфичностью антифунгального действия против большого спектра видов грибов-микромитозов из различных родов и биоэкологических групп.

На первом этапе была установлена степень выраженности проявляемого эффекта пептида на структуры гриба при различных действующих концентрациях (до 64 мкМ). Так, было установлено, что только при «сверхвысоких» концентрациях ЕсАМР1 (более 32 мкМ) проявляется наличие морфологических изменений структур конидий, которые могут являться следствием гипернакопления пептида на оболочке (предположительно за счет связывания с углеводными компонентами клеточной стенки), что в конечном итоге влияет на биохимические процессы морфогенеза – биосинтез углеводов, их полимеризацию или на подавление ферментативного комплекса, задействованного в данном процессе.

На втором этапе исследований была изучена степень выраженности проявляемого эффекта пептидом на конидии гриба, находящиеся в различном физиологическом состоянии (стадия проросших и непроросших клеток), а также в зависимости от времени экспозиции. При детальном рассмотрении данных, полученных с добавлением ЕсАМР1, можно видеть, что действие пептида на проросшие в течение 24 ч конидии является статистически более выраженным. Полученные данные позволяют предположить, что данный пептид с большей эффективностью способен действовать на молодые гифы, чем на относительно устойчивые конидии, некоторые типы которых в частности предназначены для сохранения организма при действии неблагоприятных факторов окружающей среды.

На третьем этапе исследований была определена динамика накопления и перераспределения ЕсАМР1 в клетках конидий по времени с применением методов лазерной флуоресцентной микроскопии. Измерения, проведенные с разрешением 130 нм, показали, что пептид распределен по оболочке равномерно. При инкубации грибов с пептидом в течение 1–6 ч признаков неоднородного связывания ЕсАМР1 на оболочке не обнаружено. Это позволяет предположить, что на оболочке споры присутствует большое число центров связывания пептида, распределенных однородно.

Четвертый этап исследований был связан с определением ряда физических параметров клеточной поверхности грибных конидий после инкубирования с разными концентрациями ЕсАМР1. Использование метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) для решения данных задач в последнее время является одним из основных инструментов для количественного определения результатов воздействия разнообразных соединений на грибные споры. С использованием метода

АСМ была изучена способность пептида EcAMP1 изменять физические свойства поверхности грибных спор. Пептиды тестировали в диапазоне действующих концентраций 4–32 мкМ. В рамках данной работы была установлена прямая зависимость между возрастанием его действующей концентрации и степенью нарушения (разрушения, разрыхления) поверхности грибных спор путем экспериментального определения среднеквадратичной шероховатости поверхности. Так, при концентрации 4 и 8 мкМ данное значение составляло 2,69 и 2,96 относительных единиц (отн. ед.), что выше контроля соответственно на 16 и 27 %. При увеличении действующих концентраций EcAMP1 до 16 и 32 мкМ данный параметр возрастал до 3,9 и 6,31 отн. ед., что превышало контрольное значение в 1,7 и 2,7 раза. Таким образом, существует корреляция между нарушением структуры грибных конидий под воздействием изучаемого пептида и наличием морфологических изменений, которые детектируются визуальным методом оптической микроскопии при концентрации более 20 мкМ.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что в рамках данной работы была проведена серия исследований по изучению взаимодействия антимикробного харпино-подобного пептида EcAMP1 семян ежевника (*E. crusgalli*) с фитопатогенным грибом *F. solani* на клеточном уровне. Впервые показано, что изучаемый пептид может обладать специфичностью действия, которая может заключаться в реализации особого механизма действия, что в конечном итоге приводит к проявлению фунгистатического эффекта.

APPROACHES TO STUDYING OF PLANT HAIRPIN-LIKE DEFENSE PEPTIDES' MODE OF ANTIFUNGAL ACTION

E. A. ROGOZHIN¹, A. S. VASILCHENKO^{2,3}, S. K. ZAVRIEV¹

¹*Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow*

²*Department of Microbiology, Orenburg State University, Orenburg*

³*Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Russian Academy of Sciences, Orenburg*
E-mail: rea21@list.ru

Summary. An interaction of hairpin-like cationic peptide EcAMP1 from barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* L.) with conidia of plant pathogenic fungus *Fusarium solani* at the cellular level was studied by combination of optical, laser scanning fluorescence and atomic force microscopy. As result, a direct relationship between hyphal growth inhibition and increasing of peptide active concentration, time of incubation and fungal physiological condition has been determined. A dynamics of accumulation and redistribution of the peptide studied on fungal cellular cover and inside the conidia cells depending on time of coupling has been shown, also a dissimilarity of EcAMP1 binding with fungal cover, and its stepwise accumulation and diffuse localization in cytoplasm. A correlation between structural disruption of fungal conidia under influence of peptide high concentrations and presence of morphological changes at concentration above 32 μ M has been also found.

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА АУКСИНОВ НА РОСТ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА

Ю. В. САНАЕВА, С. А. БОРЦОВА, А. А. ЕРМОШИН, О. С. СИНЕНКО

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: julia.sanaeva@yandex.ru

Ауксин является одним из ключевых гормонов растений, активирующим деление и растяжение клеток, участвующим в формировании проводящих пучков и корней. Ткани, обогащенные ауксином, обладают аттрагирующим действием [1, 2].

Алексеевой В. В. и соавт. были получены трансгенные растения табака *Nicotiana tabacum* L., содержащие агробактериальный ген *iaaM* под контролем конститутивного двойного промотора 35S РНК вируса мозаики цветной капусты. Ген *iaaM* кодирует ключевой фермент биосинтеза ИУК – триптофанмонооксигеназу. Авторы наблюдали несколько фенотипов трансгенных растений: нормальный фенотип (содержание свободных ауксинов 35,9 мкг/г сухой массы), промежуточный фенотип (43,7 мкг/г сухой массы) и аномальный фенотип (51,7 мкг/г сухой массы) [1].

В настоящей работе были исследованы потомки поколения T1 трансгенных растений табака промежуточного (линия 6/1) и нормального (линия 6/2) фенотипа, полученных Алексеевой В. В. с соавт. Растения были выращены на биостанции УрФУ в условиях закрытого грунта. Выборка составляла 7–10 растений каждой линии. В период с 30.07.14 по 29.08.14 каждые три дня у растений измеряли высоту, число листьев, площадь 12-го листа.

Трансгенные растения обеих линий показывали отставание в росте от контроля (рис. 1). При этом отличия становились большими с возрастом растений. Если в начале измерений растения всех вариантов практически не различались, то к концу августа, перед началом цветения, растения нормального и полунормального фенотипа были на 31 и 38 см ниже контроля и имели в среднем на 3,68 и 2,06 меньше листьев соответственно.

Скорость роста листа у трансгенных растений была несколько меньше, чем в контроле, и к моменту окончания роста контрольного листа листья трансгенных растений продолжали увеличиваться. В конце августа размер листа растений во

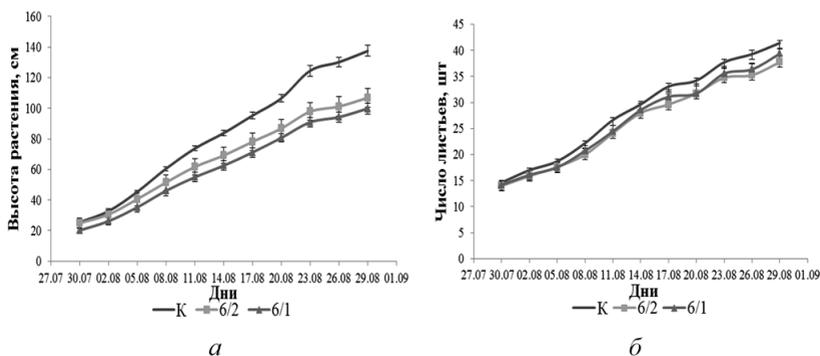


Рис. 1. Параметры роста растений (а – высота; б – число листьев)



Рис. 2. Изменение площади листа растений табака

всех вариантах опыта выровнялся (рис. 2).

Таким образом, избыток ауксинов негативно сказывается на росте растений, при этом отличия становятся более заметными с возрастом. Однако несмотря на более медленные темпы роста, у ауксиновых растений наблюдается более раннее старение листьев: к концу опыта у трансгенных линий пожелтели листья до 9–11-го яруса, что составило практически половину побега, а у контрольных растений – только несколько нижних.

Литература

1. Алексеева В. В., Рукавцова Е. Б., Бобрешова М. Е., Ложникова В. Н., Бурьянов Я. И. Получение и анализ трансгенных растений табака, экспрессирующих агробактериальный ген триптофанмонооксигеназы // Физиология растений. 2004. Т. 51, № 4. С. 600–606.
2. Лутова Л. А. [и др.]. Генетика развития растений / под ред. чл.-кор. РАН С. Г. Инге-Вечтомова. СПб.: Наука, 2000. 439 с.
3. Полевой В. В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1989. 464 с.

THE EFFECT OF EXCESS AUXINS ON THE GROWTH OF TRANSGENIC TOBACCO PLANTS

Yu. V. SANAeva, S. A. BORTSOVA, A. A. ERMOSHIN, O. S. SINENKO

Ural Federal University, Ekaterinburg

Summary. The effect of an excess auxin on the growth of transgenic tobacco plants was studied. Auxin is one of the most important phytohormones. Plant height, number of leaves and leaf area were measured. We found that the excess of auxin has a negative impact on the growth of tobacco plants, and the differences become more pronounced with age.

ГРУППОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПЛОДОВ И ЛИСТЬЕВ МЕГАДЕНИИ БАРДУНОВА (MEGADENIA BARDUNOVII M. POP)

Н. В. СЕМЕНОВА

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
E-mail: tashasemyonova@mail.ru*

Известно, что важную роль в жизнедеятельности растений и их адаптации к условиям обитания играют биологические мембраны. Липидам мембран и составу их ЖК отводится ведущая роль в регулировании текучести мембран как одного из механизмов биохимической адаптации растений к условиям окружающей среды. Поэтому изучение липидного и жирнокислотного состава тканей растений представляет и фундаментальный, и практический интерес.

Объектом исследования послужила мегадения Бардунова (*Megadenia bardunovii* M. Pop.), найденная и описанная относительно недавно, в 1953 г. Мегадения Бардунова – узлокальный эндемик, реликт палеогенового возраста. Изучение жирнокислотного состава тканей этого растения может дать информацию для исследований по хемосистематике и реконструкции филогенетических взаимоотношений различных таксонов, а значит, и для понимания путей эволюции семейства *Brassicaceae*. Ранее нами был исследован жирнокислотный состав тканей листьев и семян мегадении в сравнении с родственными, более продвинутыми в эволюционном плане, видами растений семейства крестоцветных: *Arabidopsis thaliana* L., *Brassica napus* L., *Thellungiella salsuginea* Pall., *Lepidium sativum* L. Было установлено, что высокая степень ненасыщенности жирных кислот в тканях листьев всех пяти видов обусловлена в основном тремя кислотами: олеиновой, линолевой и α -линоленовой. Причем наиболее высокое содержание линоленовой кислоты наблюдали у мегадении (53,4 %, вес.). Было обнаружено также высокое весовое содержание эйкозеновой C20:1(n-9) кислоты – около 50 % от суммы кислот у семян (плодов), что значительно отличается от жирнокислотного состава семян других исследуемых видов семейства крестоцветных. Такое содержание эйкозеновой кислоты может, по всей вероятности, быть использовано в качестве хемотаксономического признака.

Целью представляемой работы было выяснение локализации высоких содержаний C20:1 кислоты в плодах мегадении Бардунова. Методом препаративной колоночной хроматографии были получены фракции липидов: нейтральные, глико- и фосфолипиды. Методом тонкослойной хроматографии изучали внутрифракционный липидный состав как плодов, так и семян мегадении Бардунова. Определено, что нейтральные липиды являются основным липидным классом плодов мегадении: их содержание составило 86 % от общего числа липидов. При анализе липидного состава тканей листьев обнаружено, что основную часть липидов тканей листьев мегадении составляют гликолипиды – это 74 % от общего содержания липидов. Триглицериды являются основной составляющей нейтральной фракции у плодов – более 50 % от общего количества, в то время как у листьев большую долю занимают эфиры стероидов и триглицериды – по 20 % соответственно.

При анализе жирнокислотного состава липидных фракций установлено, что высокое содержание мононенасыщенной C20:1(n-9) кислоты в плодах мегадении приурочено к нейтральной фракции липидов (вероятно, в составе триглицеридов). В этой фракции обнаружено 94,9 % от общего количества этой кислоты в тканях плодов.

GROUP LIPID COMPOSITION OF MEGADENIA BARDUNOVII (MEGADENIA BARDUNOVII M.POP) FRUITS AND LEAVES

N. V. SEMENOVA

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Summary. We have studied the lipid and fatty acid composition of fruits and leaves tissue of *Megadenia Bardunovii* as one of the important adaptation indicators of plants to environmental conditions. A comparative analysis of fatty acid composition of neutral lipids, glycolipids and phospholipids in the fruits and leaves has been carried

out. It has been established that a high content of monounsaturated C20:1n-9 acid of Megadenia fruits is confined to the neutral lipid fraction – it contains 94.9% of the total acids in the fruit tissue.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АССИМИЛЯТОВ И ЗАПАСАНИЕ УГЛЕВОДОВ В ОРГАНАХ ЯЧМЕНЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ

О. С. Синенко, И. В. Парасочка

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: olga_sinenko@list.ru

Классические представления о донорно-акцепторной системе растений сформировались в конце прошлого века. Согласно этой концепции донорами ассимилятов являются фотосинтезирующие органы, прежде всего листья, а акцепторами – все остальные части растения, импортирующие ассимиляты [1]. Связи между донорами и акцепторами осуществляются за счет процессов транспорта, которые не так просты и однозначны, как это кажется на первый взгляд. Одни и те же части растения могут одновременно и образовывать, и использовать ассимиляты. Может происходить процесс смены основных акцепторов в онтогенезе. Например, при формировании генеративных органов нередко используются вещества, накопленные растением до цветения [2, 3].

Понимание механизмов, лежащих в основе регуляции донорно-акцепторных отношений в растении в ходе онтогенеза, – это путь к управлению процессом распределения ассимилятов и повышения хозяйственной продуктивности зерновых культур. Поэтому изучение процессов образования, распределения и перераспределения веществ углеводной природы в ходе онтогенеза представляет особый интерес.

Объектом исследования служили растения *Hordeum vulgare* L., сорта Дина, которые выращивали в открытом грунте мелкоделяночным способом на серых лесных почвах. Возраст растений учитывали со дня всходов. Растения изучали на различных стадиях онтогенеза: набухания листового влагалища, колошения, молочной, молочно-восковой и восковой спелости зерновок.

Были изучены изменения содержания различных фракций углеводов у ячменя в онтогенезе. Определяли количество углеводов в органах нативных растений и у растений, листья которых подкармливались $^{14}\text{CO}_2$ для изучения транспорта ассимилятов.

По мере роста и развития растения менялась динамика различных фракций углеводов у ячменя. После фазы колошения шло быстрое накопление биомассы зерновок за счет интенсивного синтеза в них всех основных углеводных фракций. Основной фракцией, накапливающейся в онтогенезе зерновок, является крахмал. Также источником пластических веществ для созревания зерновок были вещества, запасенные на предыдущих стадиях развития во временных акцепторах – солоmine и структурных элементах колоса.

Анализ распределения радиоактивных ассимилятов между органами главного побега позволил выявить некоторые общие закономерности этого процесса. Вклад листьев и листовых влагалищ в общую радиоактивность растения посто-

янно снижался за счет оттока радиоактивных ассимилятов в другие органы, а после колошения еще и за счет постепенного отмирания листьев нижних ярусов. К концу вегетационного периода суммарная радиоактивность колоса и соломины составляла от 70 до 100 %.

Динамика включения радиоактивной метки в различные углеводные фракции колоса была сложной. Как и в вегетативных органах, в первые дни после введения метки максимальным уровнем радиоактивности характеризовалась спирторастворимая фракция углеводов. В дальнейшем в структурных элементах колоса наблюдали постоянное снижение радиоактивности спирторастворимой фракции, в то время как радиоактивность свободных сахаров в зерновках увеличивалась. На стадии колошения в листьях и листовых влагалищах большая часть метки обнаруживалась во фракции растворимых сахаров. После стадии колошения не наблюдали такого интенсивного включения метки в структурные полисахариды соломины, хотя накопление биомассы в нижних междоузлиях продолжалось до молочной спелости зерновок. На стадии восковой спелости в листьях, листовых влагалищах, солоmine и структурных элементах колоса большая часть радиоактивной метки обнаруживалась во фракции свободных сахаров, во всех полимерных фракциях зерновок и крахмале верхних междоузлий соломины.

Полученные данные показывают значимость вклада различных органов ячменя в формирование и созревание зерновок и степени вторичной мобилизации веществ, синтезированных растением до цветения.

Литература

1. Мокроносов А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного органа: 52-е Тимирязевские чтения. М.: Наука, 1983. 60 с.
2. Мокроносов А. Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.
3. Fageria N. K., Baligar V. C., Clark R. B. Physiology of crop production. Binghamton, NY, USA: Haworth Press, 2006. P. 345.

ASSIMILATE PARTITIONING AND CARBOHYDRATE STORAGE IN BARLEY ORGANS DURING DEVELOPMENT

O. S. SINENKO, I. V. PARASOCHKA

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. Changes in the content of various carbohydrate fractions in barley organs during plant development were studied. The results have shown the role of the secondary mobilization of carbohydrates from straw, ear awns and glumes in kernel development.

ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ИНСЕРЦИИ ГЕНА ГРИБНОЙ ЛАККАЗЫ В ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЯХ ОСИНЫ

А. С. ТУГБАЕВА¹, Ю. А. КОВАЛИКА², К. А. ШЕСТИБРАТОВ², А. А. ЕРМОШИН¹

¹ Уральский федеральный университет, Екатеринбург.

² Филиал Института биоорганической химии РАН, Пуцзино

anastasia.tugbaeva@gmail.com

Лигнин – один из наиболее распространенных биополимеров в природе, является неотъемлемым компонентом древесины, выполняет механические функции, обеспечивает герметичность клеточной стенки, делает ее непроницаемой для

фитопатогенов и грибов [2, 3]. Исследования многих лабораторий направлены на изучение механизмов полимеризации монолигнолов до лигнина и ферментов, осуществляющих эти превращения [2, 3]. Изучение роли лакказы в растениях позволит понять конечные этапы синтеза лигнина, процессы одревеснения и склеротизации [4]. С другой стороны, снижение содержания лигнина в древесине снизит загрязнение окружающей среды техническими лигнинами и сделает производство продуктов химической и целлюлозно-бумажной промышленности менее затратным [1].

Объект исследования – трансгенные линии осины, несущие ген грибной лакказы – *Lac*.

Цель работы – исследовать фенотипическое проявление инсерции гена грибной лакказы в трансгенных растениях осины.

Была проведена агробактериальная трансформация исходного генотипа осины 47 бинарным вектором *pBI-Lac*, содержащим ген лакказы из гриба *Trametes hirsute* под контролем промотора CaMV 35S. В качестве селективного гена был использован ген устойчивости к канамицину – *nptII*. В результате было получено 29 линий трансформантов. Из всех линий была выделена тотальная ДНК и с помощью метода ПЦР проанализирована на наличие гена *vir B*, встройки целевого гена *Lac* и селективного гена *nptII*. Было показано, что в 17 линиях произошла инсерция целевого гена *Lac*, селективный ген *nptII* присутствует во всех линиях, агробактериальная контаминация отсутствует.

Был проведен анализ 18 линий трансгенной осины: получен экстракт белков, содержащий рекомбинантную лакказу, из листьев растений, выращенных в условиях *in vitro* и *ex vitro* на станции искусственного климата «Биотрон», оценена ферментативная активность лакказы, проведены биометрические исследования четырехмесячных растений, выращенных в условиях зарытого грунта, изучено укоренение в условиях *in vitro* на 6, 9 и 12 сутки эксперимента.

Активность фермента в условиях *in vitro* выше, чем в контроле у 7 линий, максимальна для генотипа 47XVIII*Lac*22 и составляет 76,6 МЕ, что выше контроля в 1,2 раза. Активность фермента у четырехмесячных растений, выращенных в тепличных условиях, выше контроля у 6 линий на 14–40 %. По результатам биометрического анализа показано, что высота растений в тепличных условиях у 5 линий со встройкой гена *Lac* была выше контроля на 26,5 %; для 2 линий высота значительно ниже контроля (70,9 %). Укоренение в условиях *in vitro* на уровне контроля у 9 линий трансформантов (80–100 % укоренение на 12 день, средняя длина корней на 12-й день 9,3–15,6 мм, достоверное отличие от контроля). Для 2 линий трансформантов укоренение ниже уровня контроля наблюдалось на протяжении всего эксперимента (20–40 % укоренение на 12-й день, средняя длина корней на 12-й день 2,00–6,75 мм, отличие достоверно). Показана положительная корреляция активности рекомбинантной лакказы и высоты растений *ex vitro*. Коэффициент корреляции Пирсона составляет 0,77452.

Таким образом, инсерция гена рекомбинантной лакказы в трансформированных линиях осины может вызывать изменение высоты растений, влиять на эффективность укоренения и элонгацию корней в условиях *in vitro*. Для дальнейших исследований были выбраны 8 наиболее перспективные генотипов.

Литература

1. Кузнецов Б. Н., Кузнецова С. А., Тарабанько В. Е. Новые методы получения химических продуктов из биомассы деревьев сибирских пород // Российский химический журнал. 2004. Т. 48, № 3. С. 4–20.
2. Baucher M., Halpin C., Petit-Conil M., Boerjan W. Lignin: genetic engineering and impact on pulping // Critical reviews in biochemistry and molecular biology. 2003. Vol. 38. P. 305–350.
3. Berthet S., Demont-Caulet N., Pollet B., et al. Disruption of laccase4 and 17 results in tissue-specific alterations to lignification of *Arabidopsis thaliana* stems // The Plant Cell. 2011. Vol. 23. P. 1124–1137.
4. Huis R., Morreel K., Fliniaux O. et al. Hypolignification and oligolignol accumulation in flax stems // Plant Physiology Preview. 2012. Vol. 158, № 4. P. 1893–1915.

THE PHENOTYPIC EXPRESSION OF INSERTION OF THE GENE OF FUNGAL LACCASE IN TRANSGENE PLANTS OF THE ASPEN

A. S. TUGBAEVA¹, YU. A. KOVALIKAYA², K. A. SHESTIBRATOV², A. A. ERMOSHIN¹

¹ Ural Federal University, Yekaterinburg

² The Branch of the IBCh RAS, Pushchino

Summary. Lignin is prevalent polymer in nature, provides mechanical support, protections organism of higher plant. Scientists are studying the mechanisms of polymerization, biosynthesis of monolignols. The 18 genotypes of aspen were obtained with insertion of the laccase gene after transformation by pBI-*Lac* vector. Insertion of the gene of fungal laccase in transgene aspen can cause a change height of plants; affect the efficiency of rooting and elongation of roots *in vitro*. Eight genotypes were chosen for further research.

ЧАСТЬ 3. ЭКОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ГРИБОВ

АКТИВАЦИЯ ЭКСПРЕССИИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ГЕНОВ КАК АДАПТИВНЫЙ ОТВЕТ *ESCHERICHIA COLI* НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ

А. В. АХОВА

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: akhovan@mail.ru

Предполагается, что неблагоприятное внешнее воздействие любой природы на бактериальные клетки сопровождается развитием в них эндогенного окислительного стресса [3]. Одним из признаков окислительного стресса является индукция генов оксидантной защиты, объединенных в регулоны. Основными регулонами оксидантной защиты *E. coli* являются *oxyR*-регулон (ген *katG*), реагирующий на увеличение внутриклеточной концентрации перекиси водорода, и *soxRS*-регулон (ген *soxS*), экспрессия которого возрастает при изменении окислительно-восстановительных условий в клетке [1, 2].

Целью настоящей работы является исследование экспрессии генов *soxS* и *oxyR* в бактериальных клетках, подвергнутых действию различных стрессовых факторов.

Методы. Клетки *E. coli* выращивали на LB-бульоне без перемешивания при 37 °С. Количество колониеобразующих единиц (КОЕ) определяли высевом на LB-агар. Уровень экспрессии генов оценивали по активности бета-галактозидазы в клетках, несущих слияние промотора соответствующего гена со структурной частью гена *lacZ*, кодирующего бета-галактозидазу [4].

Результаты. Было проведено исследование экспрессии генов *soxS* и *katG* в клетках *E. coli*, подвергнутых действию осмотического стресса (добавка хлорида натрия в концентрации 30–200 мг/мл), кислотного стресса (добавка уксусной кислоты в концентрации 0,125–2 мг/мл), теплового стресса (нагревание с 37 °С до 42–60 °С) и фторхинолоновых (левофлоксацин в концентрации 0,005–0,1 мкг/мл) и бета-лактамов (цефотаксим в концентрации 0,05–1,0 мкг/мл) антибиотиков. Сила стрессовых воздействий варьировала от субингибиторного (количество КОЕ не снижалось на протяжении 6 часов наблюдения) до сублетального (количество КОЕ снижалось с 10^8 /мл до 10^7 – 10^5 /мл) и летального действия (за исключением осмотического стресса). Субингибиторное действие всех стрессов, за исключением кислотного, не оказывало влияния на экспрессию антиоксидантных генов. Летальное действие всех стрессов приводило к снижению экспрессии генов по сравнению с культурой в контрольных условиях. При сублетальном действии кислотного и осмотического стрессов наблюдалась двупиковость кривой экспрессии гена *soxS*: первое повышение экспрессии происходило через 15–30 минут после начала стрессового воздействия, после чего наблюдалось снижение уровня экспрессии, который затем вновь увеличивался и оставался выше контрольного уровня на протяжении всего времени наблюдения. Увеличение экспрессии *katG* было зарегистрировано в ответ на осмотический стресс и действие антибиотиков. В условиях воздействия на клетки антибиотиков экспрессия генов

равномерно возрастала на протяжении всего эксперимента и была выше по сравнению с другими видами стресса.

Заключение. В ответ на такие неблагоприятные внешние воздействия, как осмотический, кислотный и тепловой шоки, а также действие антибиотиков, в клетках *E. coli* происходит увеличение экспрессии генов оксидантной защиты, что свидетельствует о развитии эндогенного окислительного стресса.

Работа поддержана молодежным грантом УрО РАН (№ 14-4-ИП-29), программой Президиума РАН «МКБ» (№ 12-П-4-1047).

Литература

1. Aslund F., Zheng M., Beckwith J. & Storz G. Regulation of the OxyR transcription factor by hydrogen peroxide and the cellular thiol-disulfide status // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1999. Vol. 96. P. 6161–6165.
2. Ding H. & Demple B. In vivo kinetics of a redox-regulated transcriptional switch // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1997. Vol. 94. P. 8445–8449.
3. Dodd C., Richards P. & Aldsworth T. Suicide through stress: a bacterial response to sublethal injury in the food environment // Int. J. Food. Microbiol. 2007. Vol. 120. P. 46–50.
4. Miller J. H. Experiments in Molecular Genetics. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1992.

INCREASE IN EXPRESSION OF ANTIOXIDANT GENES IN *ESCHERICHIA COLI* IN RESPONSE TO THE STRESS CONDITIONS

A. V. АКНОВА

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm

Summary. An increase of expression of *soxS* and *katG* genes of an oxidative defense was shown in response to osmotic shift, acidic shock and antibiotic treatment. The induction of the antioxidant genes indicates the development of an endogenous oxidative stress in bacterial cells under these environmental stress conditions.

ТРАНСФОРМИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ РОДОКОККОВ В ОТНОШЕНИИ ХОЛЕСТАНОЛА

Г. А. Бажутин¹, Е. М. Ноговицина²

¹*Пермский государственный национальный исследовательский университет*

E-mail: sniffedbybadger@gmail.ru

²*Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь*

E-mail: nogov@iegm.ru

Природные стеролы (холестерол, β -ситостерол, в частности), характеризующиеся наличием 3β -гидроксильной группы и двойной связи при С-5, эффективно трансформируются бактериями с образованием физиологически активных соединений стероидной структуры [4, 8]. Способность бактерий к модификации стеролов с насыщенным углеродным остовом (производных холестана) практически не изучена. Описаны лишь отдельные примеры биотрансформации 3β -гидрокси-5,6 α -циклопропано-5 α -холестана, 3β -гидрокси-5,6 β -циклопропано-5 β -холестана, 2 α ,3 α -дигидрокси-5-холестан-6-она актинобактериями рода *Mycobacterium* с образованием андростановых соединений [11, 12]. Необходимо отметить, что многие производные насыщенных стеролов обладают выраженной гормональной, противоопухолевой и антиангиогенной активностью [5, 7, 9]. Перспективным представляется исследование процесса биотрансформации соединений с холестановым скелетом для получения новых фармацевтически значимых продуктов.

В настоящей работе исследована способность актинобактерий рода *Rhodococcus* к биотрансформации 5 α -холестан-3 β -ола (холестанола). В работе использовались штаммы родококков из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (официальный акроним ИЭГМ, номер во Всемирной федерации коллекций культур 768, www.iegml.ru/iegmlcol), принадлежащие к видам *R. erythropolis* (9 штаммов) и *R. ruber* (9 штаммов). Биотрансформацию холестанола родококками проводили в минеральной среде К [2] с добавлением раствора микроэлементов по Постгейту [3], дрожжевого экстракта (10 %) и *n*-гексадекана (0,1 об. %). Холестанол вносили в инкубационную среду в концентрации 0,5 г/л в виде 10 % раствора в изопропанолу через двое суток роста бактериальных клеток.

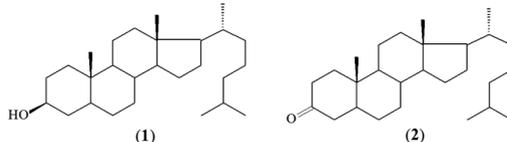
Качественный и количественный состав продуктов биотрансформации определяли методами тонкослойной хроматографии [1] и хроматомасс-спектрометрической системы Agilent 6890/5973N (кварцевая колонка HP-5MS SN US 15189741-1) «Agilent technology» (США). Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Excel 2003.

Ранее [1] показана способность представителей *R. erythropolis* и *R. ruber* катализировать в присутствии *n*-гексадекана окисление 3 β -гидроксильной группы и изомеризацию двойной связи в положение 4 β -ситостерола с образованием 25–95 % стигмат-4-ен-3-она. Установлено, что трансформирующие β -ситостерол коллекционные штаммы родококков способны аналогичным образом (по 3 β -положению) окислять холестанол с образованием 5 α -холестан-3-она (холестанола), уровень содержания которого в сумме продуктов реакции варьирует от 20,3 до 99,8 % (см. табл.).

Биотрансформация холестанола родококками в присутствии *n*-гексадекана

Штамм	Холестанон, %
Абиотический контроль	0,0
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 10, ИЭГМ 1179	20,3–30,2
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 86, ИЭГМ 220	
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 487	35,2–56,5
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 72, ИЭГМ 85, ИЭГМ 172, ИЭГМ 233, ИЭГМ 1219	
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 769	
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 1140, ИЭГМ 1214	70,1–83,5
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 267, ИЭГМ 490, ИЭГМ 766, ИЭГМ 1016, ИЭГМ 1018	90,1–99,8

Примечание. Приведены данные после пятых суток процесса биотрансформации.



В результате проведенных исследований отобраны культуры *R. erythropolis* ИЭГМ 766 и ИЭГМ 1016, обладающие высокой (99,8 %) трансформирующей активностью в отношении холестанола (1). Необходимо отметить, что образу-

щийся в процессе его биотрансформации родококками продукт холестеранон (2) перспективен в качестве интермедиа в синтезе аминостеролов с антибактериальным и антиангиогенным действием [6, 10].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства промышленности, инноваций и науки Пермского края (проект № 14-04-96005-р_урал_а).

Литература

1. Ившина И. Б., Гришко В. В., Ноговицина Е. М., Кукина Т. П., Толстиков Г. А. Биотрансформация β -ситостерола и его сложных эфиров актинобактериями рода *Rhodococcus* // Прикл. биохимия и микробиология. 2005. Т. 41, № 6. С. 626–633.
2. Каталог штаммов Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов / под ред. И. Б. Ившиной. М.: Наука, 1994.
3. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л.: Наука, 1974. 194 с.
4. Bhatti H. N., Khera R. A. Biological transformations of steroidal compounds: a review // Steroids. 2012. Vol. 77, No. 12. P. 1267–1290.
5. Benghuzzi H. The effect of sustained delivery of androstanedion on the functional activities of adult male rats // Biomed. Sci. Instrum. 1997. No. 34. P. 7–12.
6. Cholesterylamines for the treatment and prevention of infectious diseases. Pat. CA2671799 A1 / H.-J. Knolker, S. Agarwal, G. Schlechtingen, T. Braxmeier, C. Schroeder. Appl. No. CA 2671799. Filing. 07.12.2007. Public. 12.06.2008.
7. Faried A., Faried L. S., Nakagawa T., Yamauchi T., Kitani M., Sasabe H., Nishimura T., Usman N., Kato H., Asao T., Kuwano H., Yazawa S. Chemically synthesized sugar-cholestanols possess a preferential anticancer activity involving promising therapeutic potential against human esophageal cancer // Cancer Sci. 2007. Vol. 98, No. 9. P. 1358–1367.
8. Malaviya A., Gomes J. Androstenedione production by biotransformation of phytosterols // Bioresour. Technol. 2008. Vol. 99, No. 15. P. 6725–6737.
9. Rárová L., Zahler S., Liebl J., Kryštof V., Sedlák D., Bartůnek P., Kohout L., Strnad M. Brassinosteroids inhibit in vitro angiogenesis in human endothelial cells // Steroids. 2012. Vol. 77, No. 13. P. 1502–1509.
10. Viricidic; anticancer agents; antiangiogenic agents. Pat. US 5856535 A / M. Zasloff, W. Kinney, S. Jones. Appl. No. US 08/769,689. Filing. 18.12.1996. Public. 05.01.1999.
11. Vorbrodth H., Adam G., Porzel A., Hörhold C., Dänhardt S., Böhme K. Microbial degradation of $2\alpha,3\alpha$ -dihydroxy- 5α -cholestan-6-one by *Mycobacterium vaccae* // Steroids. 1991. Vol. 56, No. 12. P. 586–588.
12. Yan J. L., Lee S. S., Wang K. C. Microbial transformation of 3-hydroxy-5,6-cyclopropanocholestanes – An alternative route to 6-methylsteroids // Steroids. 2000. Vol. 65, No. 12. P. 863–870.

CHOLESTANOL TRANSFORMING ACTIVITY OF RHODOCOCCHI

G. A. BAZHUTIN¹, E. M. NOGOVITSINA²

¹ Perm State University, Perm

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. The ability of the genus *Rhodococcus* actinobacteria from the Regional Specialized Collection of Alkanotrophic Microorganisms (acronym IEGM, World Federation for Culture Collections # 768, www.iegm.ru/iegmcol) to transform 5α -cholestan- 3β -ol (cholestanol) has been studied. *R. erythropolis* IEGM 766 and IEGM 1016 strains which provide a 99.8% bioconversion of cholestanol to 5α -cholestan-3-one (cholestanone) were selected.

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ В ЧИСТУЮ КУЛЬТУРУ МИКРООРГАНИЗМОВ, УТИЛИЗИРУЮЩИХ ЦИАНИД И ТИОЦИАНАТ

М. П. БЕЛЫХ^{1,2}, С. В. ПЕТРОВ¹, А. Ю. ЧИКИН², Н. Л. БЕЛЬКОВА^{2,3}

¹Иркутский научно-исследовательский институт благородных
и редких металлов и алмазов

²Иркутский государственный университет

³Лимнологический институт СО РАН

E-mail: BelykhMarina606@gmail.com

Процессы добычи золота на предприятиях кучного выщелачивания (КВ) ведутся с использованием растворов токсичного цианистого натрия, поэтому как действующие, так и прекратившие эксплуатацию установки являются опасными источниками загрязнения окружающей среды. Для минимизации экологической нагрузки в районах размещения промышленных объектов проводятся мероприятия по обезвреживанию и рекультивации образующихся отходов [4]. Изучение биодеструкции цианидов и тиоцианатов открывает широкие возможности для развития новых экологически эффективных и экономически выгодных ремедиационных технологий. В ранее проведенных экспериментах из отходов КВ были изолированы штаммы, обладающие способностью осуществлять детоксикацию цианидов и родственных им соединений, относящиеся к разным филам: протейобактерии (*Achromobacter* spp., *Alcaligenes* spp., *Brucella* sp., *Ochrobactrum* sp., *Pseudomonas* spp., *Methylobacterium* sp. и др.), актинобактерии (*Rhodococcus* spp.), вибрионы (*Bacillus* spp.) [8, 10]. Данные штаммы преимущественно используются в регионах с теплым климатом. Целью исследования стало выделение в чистую культуру микроорганизмов, способных к деструкции цианида и тиоцианата, из отходов предприятий КВ золота, расположенных на территории Сибири.

Пробы руды, переработанной методом КВ, отбирали в 2012 г. на одном из месторождений Красноярского края в стерильные емкости, транспортировали и хранили при температуре 4 °С. Химический анализ водной фазы руды проводили с использованием ранее предложенных методов [2]. Дополнительно химический состав твердой фазы определяли количественным рентгенофлуоресцентным анализом. Микроорганизмы, способные к деструкции цианида и тиоцианата, выделяли на предложенной ранее селективной среде [3] с добавлением NaCN (0,003 или 0,217 г/л) или KSCN (0,025 или 0,234 г/л). В качестве дополнительного источника углерода вводили CH₃COONa (8,3 г/л), pH 10. Перед посевом готовили суспензию 1 г руды в 100 мл стерильной H₂O_{дист.}, взбалтывали 30 мин при 160 об/мин и 1 мл водной вытяжки добавляли в 200 мл селективной среды. Накопительные культуры инкубировали с аэрацией при 28 °С, 160 об/мин в течение 60 суток. По мере роста микроорганизмов измеряли концентрацию цианидов и тиоцианатов фотометрическим методом [2], контролировали pH среды. Из накопительных культур, где отмечали снижение концентрации цианидсодержащих соединений, проводили посев суспензии на агаризованные среды для изолирования культур. Идентификацию бактерий вели молекулярно-генетическим анализом фрагментов гена 16S рРНК [1].

Характерными особенностями водной фазы руды являются высокие концентрации цианидов – 132 мг/л (2640,0 ПДК) и тиоцианатов – 19 мг/л (190,0 ПДК),

а также тяжелых металлов: алюминия – 2,12 мг/л (53,0 ПДК), меди – 0,05 мг/л (50,0 ПДК), никеля – 0,018 мг/л (187,0 ПДК) и цинка – 0,14 мг/л (1,4 ПДК). Главными компонентами твердой фазы руды являются кремнезем (массовая доля 55,6 %) и глинозем (21,1 %), что обусловлено присутствием кварца и слюд. Доля общего железа не превышает 4,19 %, большая часть его находится в окисленной форме в виде гетита и только 0,31 % – в сульфидной в виде пирита. Содержание щелочных и щелочноземельных металлов не превышает 5,5% (K_2O – 3,8 %, Na_2O – 1,0 %, CaO – 0,042 %, MgO – 0,7 %). Присутствие высоких концентраций тяжелых металлов в водной фазе руды объясняется усилением процессов окисления в ходе КВ и перехода ряда металлов в подвижную форму в составе растворимых комплексов [5]. Наличие в составе цианидов и тиоцианатов, концентрация которых значительно превышает значения ПДК, связано с применением для орошения рудного штабеля технологического раствора, содержащего высокие концентрации цианистых соединений.

Учитывая химический состав жидкой и твердой фазы отходов КВ золота, предложены вариации селективной среды для оптимизации режима культивирования микроорганизмов, адаптированных к техногенным условиям обитания. Рост бактерий фиксировали по изменению мутности среды, а их способность утилизировать цианид и тиоцианат – по уменьшению концентрации последних. Стабильное снижение цианида до 0,02 и 11,3 мг/л отмечено в культурах, содержащих ацетат и 3,0 и 217,0 мг/л $NaCN$ соответственно. В средах, содержащих тиоцианат как лимитирующий фактор, значительная деструкция прослеживалась только при низкой его концентрации. Таким образом, введение ацетата натрия в качестве дополнительного источника углерода способствует процессам детоксикации цианида и не влияет на деструкцию тиоцианта.

Из накопительных культур было получено 8 штаммов. Цианидрезистентные бактерии идентифицированы как *Paenochrobactrum* sp. и *Pseudomonas* sp. Их ближайшие родственники выделены из промышленных сточных вод и почв, загрязненных углеводородами и тяжелыми металлами [6]. Деструкция высоких концентраций цианида детектирована для *Pseudomonas* sp. Ранее способность к деградации цианида отмечена для разных видов этих бактерий [8, 10]. Штаммы, изолированные на средах, содержащих тиоцианат, отнесены к родам: *Spirosoma*, *Salinibacterium*, *Methylobacterium* и *Sphingomonas*. Ближайшие родственники *Spirosoma* spp. и *Salinibacterium* sp. преимущественно выделены из почв, загрязненных тяжелыми металлами [9], и из холодных мест обитаний [7], а *Methylobacterium* spp. и *Sphingomonas* sp. – из активного ила.

Таким образом, предложен метод для выделения чистых культур микроорганизмов, утилизирующих цианидсодержащие соединения, из отходов КВ золота. Получены восемь штаммов, способных не только расти на средах, содержащих цианид и тиоцианат, но и проявлять деструкционную активность. Биотехнологический потенциал полученных микроорганизмов позволяет говорить о перспективе их использования для ремедиации загрязненных территорий в регионах резко-континентальным климатом.

Литература

1. Белькова Н. Л. Молекулярно-генетические методы анализа микробных сообществ // Разнообразие микробных сообществ внутренних водоемов России: учеб.-метод. пособие. Ярославль: Принтхаус, 2009. С. 53–63.
2. Белых М. П., Петров С. В., Чикин А. Ю., Стоянов И. Н., Белькова Н. Л. Автохтонные микробные сообщества из отходов кучного выщелачивания золотосодержащих руд: путь к решению проблемы загрязнения окружающей среды // Известия ИГУ. Сер. Биология. Экология. 2013. № 4.
3. Белых М. П., Петров В. Ф., Чикин А. Ю., Белькова Н. Л. Биотехнологический потенциал микробных сообществ отходов кучного выщелачивания золотосодержащих руд // Материалы VI Всерос. с междунар. участием конгресса молодых ученых биологов «Симбиоз-Россия 2013». Иркутск. 2013. С. 58–60.
4. Дементьев В. Е., Гутков С. С., Дружинина Г. Я. Кучное выщелачивание золота и серебра. Иркутск: Иргиредмет, 2004. 352 с.
5. Некрасов Б. В. Основы общей химии. М.: Химия, 1973. Т. 2. 656 с.
6. Eckford R., Cook F. D., Saul D., Aislabie J., Foght J. Free-living heterotrophic nitrogen-fixing bacteria isolated from fuel-contaminated antarctic soils // Appl. Environ. Microbiol. 2002. Vol. 68, No. 10. P. 5181–5185.
7. Hansen A. A., Herbert R. A., Mikkelsen K., Jensen L. L., Kristoffersen T., Tiedje J. M., Lomstein B. A., Finster K. W. Viability, diversity and composition of the bacterial community in a high Arctic permafrost soil from Spitsbergen, Northern Norway // Environ. Microbiol. 2007. Vol. 9, No. 11. P. 2870–2884.
8. Knowles J. Microorganisms and Cyanide // Bacteriol. Rev. 1976. Vol. 40, No. 3. P. 652–680.
9. Kuffner M., De Maria S., Puschenreiter M., Fallmann K., Wieshammer G., Gorfer M., Strauss J., Rivelli A. R., Sessitsch A. Culturable bacteria from Zn- and Cd-accumulating *Salix caprea* with differential effects on plant growth and heavy metal availability // Appl. Microbiol. 2010. Vol. 108, No. 4. P. 1471–1484.
10. Parmar P., Soni A., Vyas K., Desai P. Isolation and characterization of cyanide degrading bacterial strains from contaminated soil // Int. J. Environ. Sci. 2012. Vol. 2, No. 4. P. 2006–2014.

METHOD FOR ISOLATION OF MICROORGANISMS UTILIZING CYANIDE AND THIOCYANATE

M. P. BELYKH^{1,2}, S. V. PETROV¹, A. YU. CHIKIN², N. L. BELKOVA^{2,3}

¹IRGIREDMET JSC, Irkutsk

²Irkutsk State University, Irkutsk

³Linnological Institute SB RAS, Irkutsk

Summary. Method for microorganism cultivation from the wastes of heap leaching of gold was used for isolation of bacteria utilizing cyanide and thiocyanate. Eight strains were identified as *Paenochrobactrum* sp., *Pseudomonas* sp., *Spirosoma* spp., *Salinibacterium* sp, *Methylobacterium* spp., and *Sphingomonas* sp. The conditions for isolation of bacteria with biotechnological potential to detoxify cyanide compounds are discussed.

ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ, ИСТОЧНИКОВ ЭКДИСТЕРОИДОВ, НА УСТОЙЧИВОСТЬ БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI* К ПЕРОКСИДНОМУ СТРЕССУ

К. В. БЕЗМАТЕРНЫХ

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: hydrargyrum@iegm.ru

Растения являются богатым источником биологически активных веществ, многие из которых способны влиять на устойчивость живых организмов к меняющимся условиям окружающей среды. Фитоэкдистероиды проявляют высокую биологическую активность, положительно влияя на обменные процессы в организме и повышая устойчивость к различным стрессовым воздействиям. На основе экстрактов растений, богатых экдистероидами, созданы препараты, обладающие адаптогенными свойствами. К ним относится экдистероидсодержащая субстанция Серпистен, разработанная коллективом лаборатории биохимии и биотехнологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Серпистен представляет собой смесь 20-гидроксиэкдизона (20E) и инокостерона (In). Необходимы дополнительные исследования влияния фитоэкдистероидов на микробиоту человека, которая в настоящее время рассматривается как полноценный орган, выполняющий важные метаболические функции.

С использованием микробных тест-систем и биохимических методов определены антиоксидантные и адаптогенные свойства экдистероидсодержащих субстанций (экстракты серпухи и пажитника и препарат Серпистен) и 20-гидроксиэкдизона. Изучено влияние этих субстратов на экспрессию антиоксидантных генов *katG* и *sodA* и генов общего стрессового ответа *rpoS* и *katE* в контроле и в условиях стресса, вызванного перекисью водорода.

В работе использовались штаммы, несущие слияния промоторов генов *katG*, *sodA*, *katE* и *rpoS* со структурным геном бета-галактозидазы *lacZ*. Ген *katG* кодирует каталазу HPI, которая является основным деструктором экзогенной H_2O_2 в клетках *E. coli* и играет существенную роль в защите бактерий от пероксидного стресса. Ген *sodA* находится под контролем многих транскрипционных факторов, в том числе SoxRS, отвечающих на добавление генераторов супероксида. Ген *rpoS* кодирует σ^S субъединицу РНК-полимеразы (RpoS), которая контролирует экспрессию большого числа генов общего стрессового ответа, индуцируется при замедлении роста и обеспечивает устойчивость ко многим стрессам. Ген *katE* находится под контролем RpoS и кодирует гидропероксидазу II.

В отсутствие оксиданта экстракты серпухи и пажитника при добавлении их в среду культивирования вызвали повышение экспрессии генов *katG* и *sodA* в 1,3–1,5 раза. Серпистен и 20E не влияли на экспрессию антиоксидантных генов. Все исследуемые субстанции не оказывали существенного влияния на экспрессию генов *rpoS* и *katE*, исключение составлял экстракт пажитника, который снижал экспрессию гена *rpoS* в 1,3 раза. Повышение экспрессии *katG* и *sodA* под действием экстрактов может быть следствием адаптивного ответа клеток на накопление активных форм кислорода в среде при аутоокислении компонентов экстракта, прежде всего полифенолов.

Внесение бактериостатических доз H_2O_2 в среду (2 мМ) приводило к возрастанию экспрессии гена *sodA*, как в контрольной культуре, так и в культурах, предобработанных всеми исследуемыми субстанциями. Причем в культурах, предобработанных экстрактами, экспрессия *sodA* была значительно выше, чем в культурах, предобработанных Серпистеном и 20Е, а в случае с геном *katG* – экстрактами и Серпистеном. Предобработка бактерий экстрактами серпухи и пажитника приводила к снижению уровня экспрессии *katE* от 17 до 27 % в условиях окислительного стресса. При добавлении оксиданта экспрессия гена *rpoS* снижалась и в контроле, и в присутствии экстрактов, в наибольшей степени этот эффект проявлялся при добавлении экстракта пажитника, что приводило к снижению экспрессии *rpoS* на 24 %. Предварительная обработка клеток Серпистеном и 20Е предотвращала ингибирование экспрессии *rpoS*, индуцируемой перекисью водорода.

Величина удельной скорости роста бактерий через 30 мин экспозиции к H_2O_2 может служить мерой устойчивости бактерий к пероксидному стрессу. Предобработка бактерий всех изученных штаммов экстрактами серпухи и пажитника до добавления 2 мМ H_2O_2 приводила к 4–7-кратному возрастанию скорости роста. Серпистен в трех штаммах из четырех повышал скорость роста бактерий в 1,8–4,4 раза. Защитное действие 20Е проявилось только в отношении штаммов, несущих слияние *sodA::lacZ*. Таким образом, экстракты, Серпистен и 20Е в различной степени проявляли адаптогенное действие, повышая устойчивость бактерий к перекиси водорода. В целом протекторное действие экстрактов серпухи и пажитника при пероксидном стрессе у бактерий *E. coli* может быть в большей степени связано с содержанием полифенолов, чем экдистероидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта №12-И-4-2072 по Программе интеграционных проектов Президиума УрО РАН.

EFFECTS OF ECDYSTEROID-SOURCING PLANTS ON *ESCHERICHIA COLI* RESISTANCE TO HYDROGEN PEROXIDE STRESS

K. V. BEZMATERNYKH

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. The antioxidant and adaptogenic properties of ecdysteroid containing substances (*Trigonella foenum-graecum* and *Serratula coronata* extracts and drug Serpisten) and 20-hydroxyecdysone were examined. We studied the effect of these compounds on the expression of antioxidant genes *katG* and *sodA* and general stress response genes *katE* and *rpoS* in control and under stresses caused by hydrogen peroxide.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РЕГИОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ПО КЛЕЩЕВОМУ РИККЕТСИОЗУ

Т. А. БОЛОТОВА, Н. А. БОЛОТОВА, Г. Н. КАЗАЗАЕВ

Иркутский государственный университет

E-mail: bolotova_t.a@mail.ru

В течение последних 20 лет в Сибири и на Дальнем Востоке отмечен непрерывный рост клещевого риккетсиоза (клещевого сыпного тифа Северной Азии) [1].

В Иркутской области КР за последние годы имеет тенденцию больше к росту, чем к снижению. Обращает на себя внимание большой процент лиц (53,1 %), занятых сбором дикорастущих, съедобных и лекарственных трав, березового сока (первые укушенные), ягод. На втором месте – рабочие, занятые на весенних полевых работах (15,5 %).

В последние годы широко используют для молекулярной идентификации секвенирование амплифицированного фрагмента ДНК и сравнение его с соответствующими последовательностями известных видов [2].

Эпидемиологическая ситуация в России по клещевому риккетсиозу остается неблагоприятной, особенно для регионов Сибири. Очевидно, что в настоящее время существует тенденция к повышению уровня заболеваемости населения, вследствие чего увеличивается эпидемиологическое значение как возбудителей этой инфекции, так и ее переносчиков. Однако есть и положительные моменты: клещевой риккетсиоз протекает в большинстве случаев благоприятно: за последние 20 лет в Иркутской области летальных случаев от заболевания КР не зарегистрировано [1].

Литература

1. Аитов К. А. Природно-очаговые трансмиссивные клещевые инфекции Прибайкалья: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Иркутск, 2005. 49 с.
2. Rydkina E. [et al.] New Rickettsiae in Ticks Collected in Territories of the Former Soviet Union // Emerging Infectious Diseases. 1999. Vol. 5, № 6. P. 811–814.

EPIDEMIOLOGICAL SITUATION IN THE EAST SIBERIAN REGIONS ON TICK RICKETTSIOSIS

T. A. BOLOTOVA, N. A. BOLOTOVA, G. N. KAZAZAEV

Irkutsk State University, Irkutsk

Summary. During the last 20 years a continuous growth of tick rickettsiosis is marked in Siberia and the Far East (tick typhus of Northern Asia). Last years sequences of amplified DNA fragment and comparison with corresponding sequences of known species are widely used for the molecular identification. Tick rickettsial disease proceeds in the majority of cases favorably. Over the last 20 years lethal cases for tick rickettsiosis in the Irkutsk region is not registered.

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ДЕГИДРОАБИЕТИНОВОЙ КИСЛОТЫ АКТИНОБАКТЕРИЯМИ

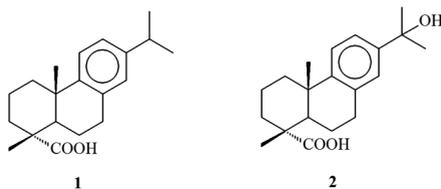
К. М. ЧЕРЕМНЫХ

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: kseniya.cheremnykh@gmail.com

Значительная доля токсичных веществ жидких отходов целлюлозно-бумажной промышленности представлена смоляными кислотами. Смоляные кислоты – это трициклические дитерпеноиды, экстрактивные компоненты живиц хвойных пород деревьев (сосна, ель, пихта), содержание которых составляет 0,2–0,8 % от общей массы древесины [3]. В процессе химического и механического воздействия на древесину при получении целлюлозы смоляные кислоты высвобождаются и в составе сточных вод попадают в окружающую среду. При попадании в открытые экосистемы данные вещества аккумулируются и могут оказывать ток-

сическое воздействие на живые организмы [2]. В качестве экологически безопасного и эффективного способа снижения содержания смоляных кислот в стоках ЦБК признаны биотехнологические методы с использованием микроорганизмов. В последнее время накапливается все больше сведений о биотехнологическом потенциале актинобактерий, обладающих способностью ассимилировать труднодоступные субстраты. Ранее с использованием генофонда Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов показана способность актинобактерий к трансформации смоляных кислот, в частности, дегидроабиетиновой кислоты (1) в соответствующее 15-гидроксипроизводное (2) – перспективный интермедиат в синтезе противовирусных агентов [4].



Цель настоящей работы – поиск штаммов актинобактерий, способных эффективно трансформировать дегидроабиетиновую кислоту.

В работе использовали 89 штаммов бактерий, относящихся к видам *Dietzia maris*, *Gordonia rubripertincta*, *G. terrae*, *Rhodococcus ruber*, *R. erythropolis* из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (официальный акроним ИЭГМ, номер во Всемирной федерации коллекций культур 768, www.iegml.ru/iegmlcol). Актинобактерии выращивали в минеральной среде К [1] с добавлением 0,02–0,5 об.% *n*-гексадекана и 0,5 г/л дегидроабиегиновой кислоты, растворенной в этаноле. Терпеновый субстрат вносили через 48 ч роста культуры. Трансформирующую активность бактерий оценивали через 7 суток после добавления субстрата. Качественный и количественный состав продуктов биотрансформации определяли методами тонкослойной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии.

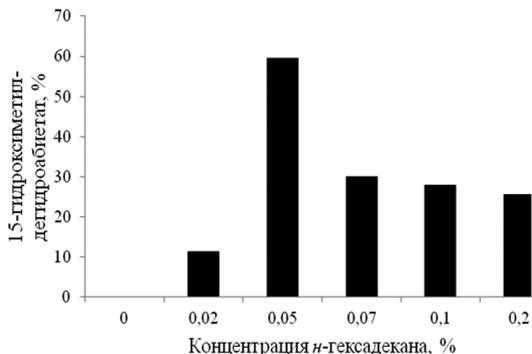
В результате проведенных исследований отобрано 4 штамма (*R. erythropolis* ИЭГМ 267, *G. rubripertincta* ИЭГМ 100, ИЭГМ 120 и ИЭГМ 132), проявляющие в отношении исследуемого субстрата трансформирующую окислительную активность с образованием 15-гидроксипроизводного. Наиболее эффективное (27,9 %) образование целевого 15-гидроксиметилдегидроабиетата катализирует *R. erythropolis* ИЭГМ 267, который использовали в дальнейших исследованиях.

Установлено, что повышение концентрации *n*-гексадекана в среде культивирования от 0,07 до 0,2 % способствует снижению уровня трансформирующей активности *R. erythropolis* 267 в отношении дегидроабиетиновой кислоты. В присутствии более 0,2 об.% *n*-гексадекана образование продукта окисления не наблюдается.

Максимальное (60 %) образование 15-гидроксиметилдегидроабиетата регистрируется в присутствии 0,05 об.% *n*-гексадекана (см. рис. ниже).

В результате проведенных исследований подобраны условия эффективной окислительной биотрансформации дегидроабиетиновой кислоты до

15 β -гидроксиметилдегидроабиевата с использованием актинобактерий в качестве катализаторов процесса.



Биотрансформация дегидроабиетиновой кислоты клетками *R. erythropolis* 267 в присутствии *n*-гексадекана (об.%).

Литература

1. Каталог штаммов Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов / под ред. И. Б. Ившиной. М.: Наука, 1994. 163 с.
2. Leppanen H. Occurrence of retene and resin acids in sediments and fish bile from a lake receiving pulp and paper mill effluents // Environ. Toxicol. Chem. 1999. Vol. 18. P. 1498–1505.
3. Liss N. Microbiology and biodegradation of resin acids in pulp mill effluents: a minireview // Can. J. Microbial. 1997. Vol. 75. P. 599–611.
4. Vorob'ev A.V. Microbial transformations of diterpene acids // Mendeleev Commun. 2001. Vol. 11. № 2. P. 72–73.

BIOTRANSFORMATION OF DEHYDROABIETIC ACID BY ACTINOBACTERIA

K. M. CHEREMNIKH

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. Resin acids are the group of diterpene carboxylic acids which constitute a large part of ecotoxic agents in kraft pulp mill effluents. Penetration of these recalcitrant, biologically active and toxic ecopollutants (even at low concentrations) into the environment is highly undesirable as the consequences of their effects on living organisms are unpredictable. We have demonstrated the possibility of using actinobacteria as biodestructors or biocatalysts for production of 15-hydroxyderivative from dehydroabietic acid.

МИКРООРГАНИЗМЫ РОДА *RHODOCOCCLUS* – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЕСТРУКТОРЫ ЖИРОВ И МАСЕЛ

М. С. ЧИРИКОВА, А. С. САМСОНОВА

Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

E-mail: margarita.chirikova@mail.ru

Одной из актуальных проблем экологии в настоящее время является проблема очистки сточных вод. Неочищенные стоки, содержащие технические и пищевые масла и жиры в высоких концентрациях, являются проблемными для биологической очистки с помощью активного ила. Для их обработки в последние годы все активнее предлагается использовать биопрепараты на основе штаммов микроорганизмов-деструкторов масел и жиров [3]. Отсутствие препаратов белорусского производства для интенсификации очистки жиросодержащих сточных вод приводит в ряде случаев к сбросу их в водоемы республики и нанесению им значительного экологического ущерба.

Таким образом, поиск и изучение микроорганизмов-деструкторов жировых веществ, которые могли бы служить основой биопрепарата для очистки жиросодержащих сточных вод, является весьма актуальным.

В настоящее время бактерии рода *Rhodococcus* привлекают все больше внимания. Биологической особенностью бактерий данного рода является способность к окислительной трансформации природных и антропогенных углеводов. Данное свойство определяет интерес к этой группе актинобактерий как к объекту промышленного использования и перспективных технологий [2].

Цель данной работы – изучить динамику деструкции жиров и масел микроорганизмами *Rhodococcus ruber* 2В и *Rhodococcus sp.* Р1-3ФН.

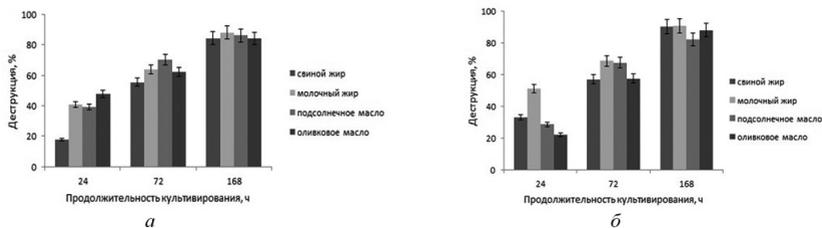
В работе использованы отобранные из рабочей коллекции лаборатории деградации ксенобиотиков и биоремедиации природных и производственных сред два штамма микроорганизмов рода *Rhodococcus*, способных к росту на среде, содержащей в качестве единственного источника углерода жиры и масла.

Изучение деструкции жиров и масел проводили на минеральной среде Е8 следующего состава (г/л): NaCl – 0,5, MgSO₄ · 7H₂O – 0,8, KН₂РO₄ – 0,7, (NH₄)₂НРO₄ – 1,5, в аэробных условиях на орбитальном шейкере со скоростью вращения 150 об/мин при температуре 28 °С. Инокулятом служила суточная культура в количестве 10 об. %. В качестве источника углерода добавляли жиры (свиной, молочный) и масла (подсолнечное и оливковое) в концентрации 1000 мг/л. Количество жира определяли гравиметрическим методом [1]. Для экстракции жиров использовали смесь хлороформ : этанол = 2 : 1.

Изучение деструктивной активности показало, что исследуемые два штамма микроорганизмов рода *Rhodococcus* утилизируют как животные жиры, так и растительные масла.

Установлено, что штамм *Rhodococcus ruber* 2В в первые 24 часа наиболее активно утилизирует молочный жир, подсолнечное и оливковое масло (см. рис. ниже, а). Степень деструкции составила 40,7; 39,3 и 48 % соответственно. Утилизация свиного жира происходила значительно хуже (степень деструкции – 17,7 %). Однако через 168 часов культивирования исследуемый штамм проявил

практически одинаковую способность утилизировать свиной и молочный жир, подсолнечное и оливковое масло. Степень деструкции составила 84,2–88,1 %. Наибольшая деструктивная активность штаммом *Rhodococcus sp.* P1-3ФН за 24 часа была проявлена по отношению к молочному жиру (см. рис., б), степень деструкции которого составила 51,5 %, что превышает показатели для других изучаемых субстратов в 1,5–2,3 раза. Через 168 часов штамм *Rhodococcus sp.* P1-3ФН наиболее активно утилизировал свиной жир, молочный жир и оливковое масло (степень деструкции – 90,2; 90,9; 88,2 % соответственно).



Динамика деструкции жиров и масел микроорганизмами:
а – *Rhodococcus ruber* 2В; б – *Rhodococcus sp.* P1-3ФН

На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности использования штаммов *Rhodococcus ruber* 2В и *Rhodococcus sp.* P1-3ФН при очистке сточных вод от жиров и масел.

Литература

1. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.
2. Рубцова Е. В. [и др.]. Адсорбция клеток родококков на полиакриламидномкриогеле с различной степенью гидрофобности // Симбиоз Россия 2009: материалы II Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов (25–29 мая 2009 г., Пермь). Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. С. 66–68.
3. Сармурзина З. С. Выделение микроорганизмов-продуцентов липолитических ферментов, перспективных для очистки сточных вод от жировых отложений: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.07 / Национальный центр биотехнологии Республики Казахстан Республиканской коллекции микроорганизмов. Астана, 2010. 26 с.

MICROORGANISMS OF *RHODOCOCCUS* GENUS – PROMISING DEGRADERS OF OILS AND FATS

M. S. CHIRIKOVA, A. S. SAMSONOVA

Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus Republic

Summary. Disposal of lipid pollutants in wastewaters is currently one of relevant (priority) ecological challenges. This paper presents results of studies on degrading activity of strains *Rhodococcus ruber* 2В and *Rhodococcus sp.* P1-3ФН and their potential applications for decontamination of effluents polluted with fats and oils.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИЖЕВСКА)

А. А. ДВОЕГЛАЗОВА¹, Т. А. АЛЕКСАНДРОВА²

¹Ижевская государственная сельскохозяйственная академия,

²Удмуртский государственный университет, Ижевск

E-mail: aNNa_379@bk.ru, aleksandro.tanya20@yandex.ru

В результате интенсивного антропогенного воздействия городские почвы подвергаются серьезным изменениям. Поэтому возникает необходимость в получении детальной информации о фактическом состоянии природных экосистем. Для определения состояния окружающей среды необходимо проводить оценку степени протекания микробиологических процессов на городских почвах. В качестве биоиндикаторов в мониторинге почв используют показатели биологической активности, так как они наилучшим образом коррелируют с содержанием в почве загрязняющих веществ.

Целью нашего исследования является изучение целлюлозоразлагающей активности, интенсивности выделения углекислого газа, ферментативной активности уреазы в почвах насаждений разных экологических категорий (на примере г. Ижевска).

Объект и методы исследования. Объект исследования – почвы насаждений разных экологических категорий: санитарно-защитная зона (СЗЗ) промышленного предприятия ОАО «Ижсталь» (основной загрязнитель города); магистральная посадка вдоль ул. Удмуртская (интенсивность движения 2800 шт. авт./ч); зона условного контроля (ЗУК) на территории городского парка ландшафтного типа (ЦПКиО им. С.М. Кирова, площадью 103 га). Выбор зоны условного контроля проведен по методике Н. С. Краснощековой [5]. По результатам зонирования города по загрязнению почв в парке им. Кирова почвы относятся к естественным почвам–дерново-подзолистые (преобразовано менее 50 см профиля). На территории предприятия ОАО «Ижсталь» преобладают антропогенные почвы – хемоземы (сильно загрязненные почвы), на ул. Удмуртской – стратоземы (насыпь поверх естественного профиля).

Отбор почвенных образцов производился с глубины 0–20 см в динамике: в мае, июле и сентябре по методу «конверта» на опытных площадках площадью 25 м² [1]. В каждой зоне образцы отбирались на газонной территории с хорошо развитым травянистым покровом и в насаждениях. Доминирующими видами в древесных насаждениях и травянистом покрове во всех изучаемых зонах была береза повислая (*Betula pendula* Roth.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys) Holub).

Методы определения активности уреазы почвы основаны на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [2]. Активность разложения целлюлозы определяли по методу Кристенса, интенсивность выделения углекислого газа – методом А. Ш. Галстяна [6].

Результаты и их обсуждение. Активность разложения органического вещества в почве служит показателем экологического благополучия изучаемой территории [4]. Многофакторный дисперсионный анализ показал, что на биологическую активность в почве достоверное влияние оказывают условия места обитания, месяцы проведения исследований и взаимодействие этих факторов (уровень до-

стоверности $P < 0,05$). В мае в почвах во всех экологических категориях существенных различий активности целлюлозы между древесными насаждениями и газонным покровом не наблюдалось (рис. 1). В парковых почвах под древесными насаждениями в июле и сентябре целлюлозоразлагающая активность была ниже в 1,8 и 4,1 раза, а в почвах промзоны, наоборот, выше в 1,5 и 3 раза по сравнению с газонным покровом ($P < 0,05$). Предполагается, что низкая активность разложения клетчатки связана с недостаточным количеством растительных остатков в данный период.

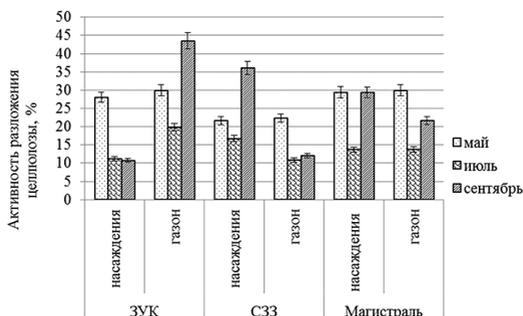


Рис. 1. Динамика активности разложения целлюлозы в почвах насаждений разных экологических категорий (г. Ижевск, 2013):

ЗУК – зона условного контроля – парк им. Кирова;

С33 – санитарно-защитная зона промышленного предприятия ОАО «Ижсталь»;

Магистраль – магистральная посадка ул. Удмуртская

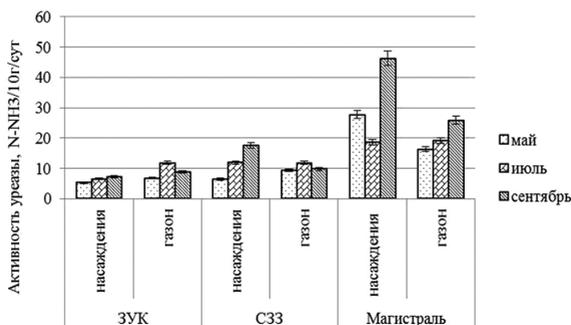


Рис. 2. Динамика ферментативной активности уреазы в почвах насаждений разных экологических категорий (г. Ижевск, 2013):

ЗУК – зона условного контроля – парк им. Кирова;

С33 – санитарно-защитная зона промышленного предприятия ОАО «Ижсталь»;

Магистраль – магистральная посадка ул. Удмуртская

Уреаза относится к группе аминогидролаз, которая гидролизует карбамид (мочевину) до аммиака и углекислого газа [6]. Образовавшийся в результате урезной реакции аммиак служит непосредственным источником азотного питания

растений [3]. Ферментативная активность уреазы (рис. 2) в почве парка им. Кирова в мае, июле и сентябре под древесными насаждениями была ниже на 1,6, 5,3 и 1,55 N-NH₃/10г/сут соответственно по сравнению с газонным покровом (P < 0,05). Низкая ферментативная активность уреазы может быть обусловлена недостаточным поступлением органического вещества в почву, которое является источником фермента и одновременно служит субстратом для его работы, следствием чего является низкая гумусированность почвы.

Почвы СЗЗ сильно нарушены, активность уреазы низкая, что может быть связано с большой чувствительностью фермента к загрязнению. Во всех почвах отмечается следующая динамика под насаждениями: в июле отмечено увеличение активности уреазы по сравнению с маем за исключением почв магистральной посадки под древесными насаждениями.

В результате биологических процессов в почве происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа. Выделение углекислого газа из почвы характеризует интенсивность биологических процессов в ней [6].

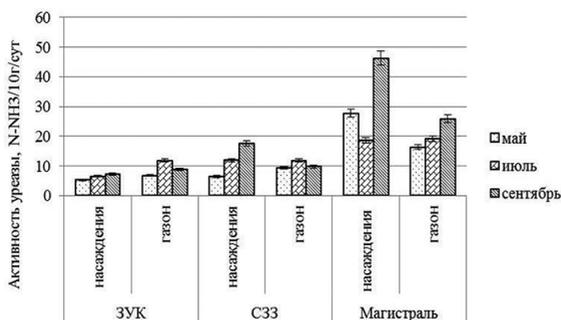


Рис. 3. Интенсивность выделения углекислого газа почвы в насаждениях разных экологических категорий (г. Ижевск, 2013):
 ЗУК – зона условного контроля – парк им. Кирова;
 СЗЗ – санитарно-защитная зона промышленного предприятия ОАО «Ижсталь»;
 Магистраль – магистральная посадка ул. Удмуртская

Максимальное значение интенсивности выделения CO₂ (рис. 3) отмечается в мае в магистральной посадке под насаждениями и газонным покровом и составляет 3,25 и 3,5 мл CO₂/100 г почвы/сут соответственно. Минимальное значение показателя приходится на июль (0,23 мл CO₂/100 г почвы/сут) в почвах промзоны под древесными насаждениями. Возможно, на интенсивность дыхания влияет содержание в почве органического вещества, влажность, количество доступных элементов питания (оптимальное количество доступного углерода, азота и фосфора оказывает влияние на скорость дыхания почвенного микробного сообщества).

Заключение. Во всех почвах насаждений разных экологических категорий отмечена следующая закономерность целлюлозоразлагающей активности и интенсивности выделения углекислого газа из почвы: в мае – увеличение, в июле –

понижение, в сентябре – снова увеличение. Существенное снижение активности разложения целлюлозы и дыхания почв в июле можно объяснить не только повышением температуры и снижением влажности почвы, но и тем фактом, что с мая по июль происходит активное размножение микроорганизмов и накопление продуктов их метаболизма, которые могут подавлять их рост и развитие.

Литература

1. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
3. Казеев К. Ш., Кутровский М. А., Даденко Е. В., Везденева Л. С., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Влияние карбонатности пород на биологические свойства горных пород почв Северо-Западного Кавказа // Почвоведение. 2012. № 3. С. 327–335.
4. Ковриго В. П. Почвы Удмуртской Республики. Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2004. 490 с.
5. Краснощекова Н. С. Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: обзорная информация. М.: ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. 44 с.
6. Титова В. Н., Дабахова Е. В., Дабахов М. В. Практикум по агроэкологии: учеб. пособие / Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской акад. гос. службы, 2005. 138 с.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF URBAN SOILS (ON EXAMPLE IZHEVSK)

A. A. DVOEGLAZOVA¹, T. A. ALEKSANDROVA²

¹ State Agricultural Academy

² Udmurt State University, Izhevsk

Summary. The article present results is to study dynamics enzymatic activity urease, calculatorlease activity and intensity the emissions of carbon dioxide in soil. They well correlates with pollutants content in soil. Researches were carried out in urban soils of different environmental category under vegetation and herbaceous cover. In conclusion of article indicates that enzymatic activity catalase, invertase, urease in soils trunk planting Udmurtskaya street had significantly more high values, compared with soils in park and industrial zones.

ГАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ БАКТЕРИИ РОДА *ARTHROBACTER*, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ОТХОДОВ СОЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

О. Н. ГАГАРСКИХ¹, Е. С. КОРСАКОВА²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: gagarskih.olga@yandex.ru

На территории Пермского края находится одно из крупнейших месторождений калийно-магниевых и натриевых солей (Верхнекамское месторождение, ВКМКС). Район разработок ВКМКС (города Соликамск и Березники) характеризуется уникальным комплексом экологических условий (засоление и загрязнение токсичными органическими соединениями) вследствие активной промышленной добычи и переработки солей, а также складирования отходов производства в виде галитовых отвалов и в шламохранилищах [1, 5]. В отходах соледобываю-

щих предприятий ОАО «Уралкалий» присутствуют такие стойкие органические загрязнители (СОЗ), как моно- и полиароматические углеводороды, галогеносодержащие органические соединения и фталаты. Данные экотоксиканты обладают устойчивостью к внешним воздействиям и канцерогенными свойствами [2]. Перспективным методом разложения данных соединений в условиях высокого засоления среды является микробная деструкция [4]. Ранее из района разработок ВКМКС были выделены бактерии разных таксономических групп, а именно представители филумов *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* и *Firmicutes* [3, 4].

Целью настоящей работы являлось исследование бактерий рода *Arthrobacter*, выделенных из техногеннозагрязненных почв и отходов калийного производства, как потенциальных деструкторов СОЗ.

Для исследования были отобраны бактерии рода *Arthrobacter*, изолированные из почвы и грунта вблизи солеотвалов, а также из шламохранилищ калийных предприятий ОАО «Уралкалий» (Березники, Соликамск, Пермский край). Большинство штаммов были выделены методом накопительного культивирования на минеральной среде Раймонда (MCP) с добавлением 30–60 г/л NaCl. В качестве ростовых субстратов использовали нафталин и фенантрен (1 г/л). Ряд штаммов был выделен на MCP (30 г/л NaCl) с добавлением триптона (Difco, США) (5 г/л) и дрожжевого экстракта (Difco, США) (2,5 г/л) [3, 4].

Штаммы были идентифицированы с использованием молекулярно-генетических методов [3, 4]. Филогенетический анализ изолятов был основан на определении нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК с применением набора реактивов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit на автоматическом секвенаторе Genetic Analyser 3500XL (Applied Biosystems, США). Полученные нуклеотидные последовательности были проанализированы с использованием программ CLUSTAL W, Sequence Scanner v1.0. Поиск гомологичных последовательностей проводили в базе данных EzTaxon (<http://www.ezbiocloud.net/eztaxon>).

Пять штаммов: SMB11, SMB145, SF27, DF14, B905 показали наибольшее филогенетическое сходство (99,7%) с типовым штаммом вида *Arthrobacter cristallopietes*. Изоляты SN17, SMB32, BO25, BR3-21, BR3-22(1), BR3-22(2) и BR4-2 были близкородственны виду *Arthrobacter nicotianae* (99,5%). Штаммы BO21, BO34-1, BO34-2, BO19 имели 100% уровень гомологии гена 16S рРНК с типовым штаммом вида *Arthrobacter oxydans*, а штаммы: 2RN1-22, 12RN2-1 и 12RN2-2 – с *Arthrobacter oryzae*. Бактериальные изоляты M56-101 и M56-102 были филогенетически близки к *Arthrobacter agilis*.

В ходе работы было обнаружено, что изучаемые штаммы рода *Arthrobacter* способны к росту при содержании 0–60 г/л NaCl в среде культивирования. Следует отметить, что у изолята *Arthrobacter* sp. BO25 наблюдали рост при повышенной концентрации соли в среде (до 90 г/л).

Все исследуемые артробактеры были проверены на способность использовать в качестве ростовых субстратов ряд алифатических и моно(поли)ароматических углеводородов. Установлено, что большинство изолятов, вне зависимости от метода выделения, использовали нафталин, бифенил, ортофталевую, салициловую и бензойную кислоты в качестве единственного источника углерода и энергии.

Кроме того, было обнаружено, что штаммы *Arthrobacter* sp. BO25, BO34-1, BO34-2 способны к росту на таком токсичном соединении, как дибутилфталат, а изолят BO25 обладает наиболее широкой субстратной специфичностью. Штаммы *Arthrobacter* sp. DF14 и SF27 эффективно растут на фенантрене, нафталине, ортофталевой, салициловой и гентизиновой кислотах.

В результате проведенной работы были исследованы бактерии-деструкторы рода *Arthrobacter*, которые в перспективе могут быть использованы для разработки мероприятий по восстановлению техногенно загрязненных территорий Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей.

Работа поддержана грантом РФФИ-Урал №13-04-96048 p_урал_a и грантом CRDF Global – УрО РАН (Грант. согл. № RUB2-7100-PE-13).

Литература

1. Бабоско А. Ю., Бачурин Б. А. Тяжелые металлы в отходах калийной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №5. С. 369–376.
2. Бачурин Б. А., Одинцова Т. А. Отходы горно-обогатительного производства как источники эмиссии органических поллютантов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №7. С. 374–380.
3. Корсакова Е. С. Культивируемые аэробные бактерии из района промышленных разработок Верхнекамского месторождения солей: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.03. Пермь, 2014. 151 с.
4. Плотникова Е. Г. [и др.]. Галотолерантные бактерии рода *Arthrobacter* – деструкторы полициклических ароматических углеводородов // Экология. 2011. № 6. С. 459–466.
5. Шубин А. А. Решение экологических проблем на заключительной стадии функционирования горного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 11. С. 168–173.

HALOTOLERANT BACTERIA OF THE GENUS ARTHROBACTER ISOLATED FROM SOIL AND WASTE OF A SALT-MINING PLANT (PERM KRAI)

O. N. GAGARSKYH¹, E. S. KORSKOVA²

¹ Perm State National Research University, Perm

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS, Perm

Summary. In this article we analyzed gram-positive halotolerant bacteria of the genus *Arthrobacter*, isolated from the samples of technogenic mineral formations, soil and ground of a salt-mining plant JSC “Uralkali” (Berezniki, Solikamsk, Perm krai) Strains were found to grow on different aliphatic and aromatic hydrocarbons and their degradation products in the presence of high NaCl concentration in cultural medium.

СТРУКТУРА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ГУСИНОЕ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

В. П. ГАРАНКИНА¹, О. П. ДАГУРОВА¹, В. Б. ДАМБАЕВ¹, Н. Л. БЕЛЬКОВА²

¹ Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

² Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: G_val_82@mail.ru

Пресное озеро Гусиное, расположенное на юго-западе Республики Бурятия, занимает второе место по площади после озера Байкал на территории республики. Данное озеро входит в состав Гусино-Убукунской группы озер. Целью ис-

следования явилось изучение разнообразия микробного сообщества воды озера Гусиное.

В период исследования температурные колебания воды были в пределах 2,7–23,5 °С. Общая минерализация варьировала от 219 до 312 мг/л. Значения pH находились в зоне 7,6–8,9.

Значения общей численности микроорганизмов достигали 2,5 млн кл/мл; на пяти станциях отбора из шести микробное сообщество было наиболее многочисленным в мае. В центре озера (станция 6) численность бактерий в поверхностном слое была наибольшей в марте. Органотрофные бактерии входят в состав микробного сообщества и являются важным компонентом экосистемы озера Гусиное. Численность органотрофных бактерий была наиболее высока в июле – сентябре. В зоне водозабора и сброса теплых вод количество органотрофов было максимальным и составляло $0,7 \cdot 10^6$ кл/мл. Количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) составляло в среднем 61,8 кл/мл. Максимальные значения БГКП обнаружены в канале перед впадением в озеро.

С помощью молекулярного клонирования в составе микробного сообщества озера Гусиное были выявлены представители пяти групп эубактерий филумов *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes* и *Cyanobacteria*. Наиболее широко был представлен филум *Bacteroidetes* (65,9% от числа всех исследованных микроорганизмов). *Proteobacteria* составляет 24,4% от общего числа, внутри филума преобладает класс *Betaproteobacteria* (19,5% от числа всех протеобактерий).

Выполнено при поддержке гранта Программы Президиума РАН 30.19.

STRUCTURE OF MICROBIAL COMMUNITY OF GUSINOE LAKE (REPUBLIC OF BURYATIA)

V. P. GARANKINA¹, O. P. DAGUROVA¹, V. B. DAMBAEV¹, N. L. BELKOVA²

¹*Institute of General and Experimental Biology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude*

²*Limnological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk*

Summary. In the water of Gusinoe Lake the total numbers of microorganisms and viable number of organotrophic bacteria were counted. The diversity of water microorganisms was described by molecular cloning.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОПЛЕНОК С ТВЕРДЫХ СУБСТРАТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗ. БАЙКАЛ В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД

И. С. ГАВРИКОВА¹, Н. Л. БЕЛЬКОВА^{1,2}, Е. В. СУХАНОВА²

¹*Иркутский государственный университет*

²*Лимнологический институт СО РАН, Иркутск*

E-mail: inga_gav1992@mail.ru

В основе исследования бактерий лежит изучение их морфологии, определение формы, структуры и цвета колоний, а также их биохимических свойств и ферментативной активности. Такие исследования позволяют выяснить основные признаки и свойства изучаемых микроорганизмов.

Озеро Байкал – это уникальный, олиготрофный водоем, где ведущую роль в формировании химического состава воды и донных отложений, а также в процессе самоочищения играют микробные сообщества. Так как в озере содержится большой процент лабильного органического вещества (до 47%), в водной толще обитает множество гетеротрофных микроорганизмов [2].

Под литоральной зоной озер обычно понимают прибрежную акваторию от уреза до нижней границы распространения растительности либо ее трофогенного слоя. Для обычных пресноводных водоемов ширина литорали ограничивается пятиметровой изобатой, а в озере Байкал она простирается до глубин 15-20 (25) м, за которыми следует крутой свал. Несмотря на небольшой удельный вес литорали по отношению ко всей акватории Байкала, в ней содержится более высокая общая численность бактерий в отличие от пелагиали [3]. В озере прослеживаются два максимума в развитии численности бактерий: летне-осенний и весенний (подолдом). Весенний максимум связан с подледным развитием фитопланктона, повышением содержания кислорода до 16–18 мг/л (в среднем оно составляет 9–15 мг/л) и обогащением верхних слоев воды биогенными элементами [1].

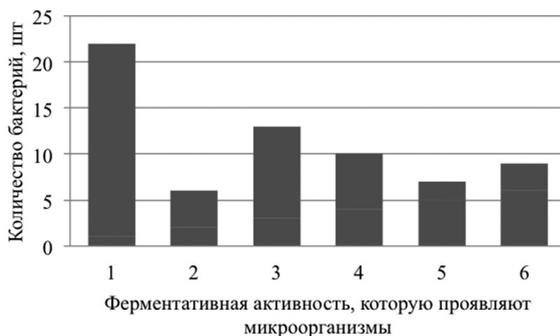
В настоящее время считается общепринятым представление о том, что на любом материале, который контактирует с жидкостью и где возможно развитие микроорганизмов, происходит развитие биопленочных ассоциаций. Биопленка – это микробное сообщество, содержащее клетки, которые прикреплены к поверхности или друг к другу и заключены в матрикс синтезированных ими внеклеточных полимерных веществ [4].

Цель работы – изучить морфологические, культуральные, биохимические свойства гетеротрофных микроорганизмов, выделенных из биопленок с твердых субстратов литоральной зоны озера Байкал, и провести их идентификацию.

Камни (4 шт.) поднимали с помощью водолазов в проливе Малое море озера Байкал в феврале 2014 г., сразу же помещали в стерильные пластиковые контейнеры, хранили и транспортировали в лабораторию при 4 °С. Для культивирования гетеротрофных бактерий, снятых с биопленочных ассоциаций на камнях, использовали питательные среды: R2A (Fluka analytical, India), Luna-Bertam (г/л: триптон – 10,0, дрожжевой экстракт – 5,0, NaCl – 10,0, агар – 15,0), рыбо-пептонный агар (РПА/10, г/л: панкреатический гидролизат рыбной муки – 8,0, пептон ферментативный – 8,0, хлорид натрия – 4,0, агар – 15,0) и ПДС (г/л: пептон – 1,0, дрожжевой экстракт – 1,0, агар – 18,0), различающиеся по содержанию органических и неорганических компонентов. Чашки Петри с посевами инкубировали при 4 °С. Учет всех выросших колониеобразующих единиц (КОЕ) проводили на 7, 10 и 15 сут. культивирования. Доминирующие и минорные колонии гетеротрофов брали для изолирования чистых культур. Изучали морфологические признаки колоний: форму, размер, цвет, край, структуру, поверхность и профиль. Проводили окрашивание по Граму и микроскопирование, изучали размер и форму клеток. Биохимические свойства исследовали при культивировании на селективных питательных средах. Изучали продукцию внеклеточных ферментов: амилазы (на крахмальном агаре), протеаз (на агаре с желатином или казеином), лецитиназы (на яичном агаре), липазы (на трибутириновом агаре), фосфатазы (с помощью реагента на щелочную фосфатазу Витал) и способность к утилизации

сахаров и спиртов с помощью сред Гисса. Для этого использовали готовые среды, в состав которых входили: мальтоза, манноза, сахароза, глюкоза, арабиноза, галактоза, рамноза, ксиллоза, лактоза, фруктоза, рафиноза, манит, инозит, дульцит или сорбит. Идентификацию культур проводили молекулярно-генетическим анализом фрагментов рибосомных генов. Сравнительный анализ полученных последовательностей вели в программе BioEdit, FASTA и Mega.

Всего охарактеризован 21 штамм гетеротрофных бактерий. При изучении морфологических признаков обнаружили, что колонии бактерий различались по цвету и размеру, но в то же время все они имели округлую форму, выпуклый профиль, ровный край и однородную структуру. По результатам микроскопирования все штаммы отнесены к грамотрицательным палочкам (к32-1, к32, к31 и к24-1) и к грамотрицательным коккам (к1, к3, к4, к6, к7, к9-1, к9-2, к10-1, к10-2, к10-3, к14, к17, к18, к19). По способности гетеротрофов к продукции внеклеточных ферментов наблюдали, что амилотической активностью обладали только половина штаммов, из которых самым выраженным был к19, к протеолизу способны только четыре культуры (к14, к19, к32 и к32-1) из 21, при этом самой выраженной реакцией обладал к19. Лецитиназную активность проявили три штамма (к14, к18 и к19), а липолитическую и фосфатазную – два (к6 и к10-2) и четыре (к14, к18, к19, к31) соответственно. Каталазной активностью обладали все 21 культуры (рисунк). Таким образом, самыми активными штаммами являются к18 и к19. При изучении биохимических свойств на средах Гисса выяснили, что ни один штамм не обладал способностью к утилизации спиртов, но некоторые утилизировали сахара: ксилозу (к7, к9-1 и к9-2), маннозу (к32 и к32-1), фруктозу (к9-2), глюкозу (к32) и сахарозу (к9-1 и к9-2). Известно, что гетеротрофные бактерии ведут деструкцию широкого спектра органических соединений, по-видимому, полученные в данном исследовании культуры в качестве источника углерода используют преимущественно трудно растворимые, а не такие легко усвояемые органические соединения, как сахара и спирты. Молекулярно-генетическая идентификация выявила, что разнообразие гетеротрофных бактерий представлено 5 родами: *Pseudomonas* (6 штаммов), *Massilia* (2), *Rheinheimera* (1) и *Brevundimonas* (2).



Представленность гетеротрофных бактерий, проявляющих разный тип ферментативной активности.

Тестируемые ферменты: 1 – каталаза, 2 – фосфатаза, 3 – амилаза, 4 – протеаза, 5 – липаза, 6 – лецитиназа

Литература

1. Вотинцев К. К. Физико-химический режим и жизнь планктона Селенгинского района озера Байкал. Иркутск: Изд-во АН СССР, 1963. С. 56–57.
2. Демин А. И. Структура иктоценоза литорали северо-западной части оз. Байкал // Самарская Лука. 2009. Т. 18, № 2. С. 161–167.
3. Ильина Т. С. Биопленки как способ существования бактерий в окружающей среде и организме хозяина: феномен, генетический контроль и системы регуляции их развития // Генетика. 2004. № 40. С. 1–12.
4. Кожов М. М. Очерки по Байкаловедению. Иркутск: Вост.-Сиб. кн., 1972. С. 88–90.

RESEARCH AND IDENTIFICATION OF HETEROTROPHIC BACTERIA ISOLATED FROM BIOFILMS FORMED ON SUBSTRATES IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL DURING WINTER SEASON

I. S. GAVRIKOVA¹, N. L. BELKOVA^{1,2}, E. V. SUHANOVA²

¹ Irkutsk State University, Irkutsk

² Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Summary. Morphological, cultural, and biochemical properties of microorganisms isolated from the biofilm associations, formed in the natural habitat in the littoral zone of the lake Baikal were investigated. Bacteria differed in morphology, showed poor ability to utilize sugars and alcohols, and various degree of enzymatic activity. They were identified as *Pseudomonas* (6 strains), *Massilia* (2), *Rheinheimera* (1), and *Brevundimonas* (2).

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ D,L-ФЕНИЛГЛИЦИНОНИТРИЛА

А. Н. ГОРБУНОВА, Ю. Г. МАКСИМОВА, А. Ю. МАКСИМОВ

Институт экологии и генетики микроорганизмов, Пермь

E-mail:anna.neustroeva.88@mail.ru

Энантиомеры фенилглицина являются ключевыми интермедиатами в синтезе полусинтетических антибиотиков. Ампициллин и цефалоспорины содержат D-фенилглицин в качестве боковых цепей [1]. L-фенилглицин является важным строительным блоком для получения некоторых антибиотиков, интермедиатом в синтезе медицинских и фармацевтических препаратов [2].

Для получения L- или D-изомеров фенилглицина возможны два пути: химический синтез с последующим разделением рацемической смеси и ферментативное кинетическое разрешение. Последний метод предполагает гидролиз D,L-фенилглицинонитрила ферментами метаболизма нитрилов (рис. 1).

Целью настоящей работы явилось изучение процесса биотрансформации D, L-фенилглицинонитрила и получение энантиомерно чистого L-фенилглицина с максимальным энантиомерным избытком.

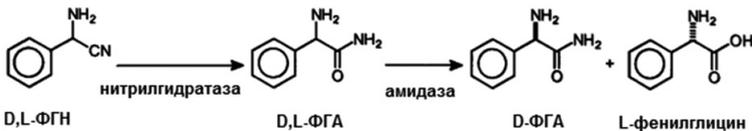


Рис. 1. Гидролиз DL-фенилглицинонитрила (DL-ФГН) нитрилгидратазой и амидазой через DL-фенилглицинамид (DL-ФГА) [3]

В данной работе был проведен скрининг бактериальных культур на наличие нитрилгидратазной и амидазной активности по отношению к фенилглицинонитрилу. В результате селекции был отобран штамм *Rhodococcus rhodochrous* 4-1, гидролизующий рацемический субстрат с максимальной скоростью.

Неселективная нитрилгидратаза и L-специфическая амидаза были выделены из биомассы *Rhodococcus rhodochrous* 4-1 и совместно иммобилизованы методом поперечно-сшитых агрегатов (ПСФА) и методом ковалентной сшивки. Отмечено, что при ковалентной сшивке амидазы с активированным хитозаном, стереоселективность реакции повышается. Так, соотношение L- и D-энантиомеров фенилглицина в реакции, катализируемой ферментом в растворе, составило 87 и 13 %, тогда как в реакции, катализируемой ковалентно присоединенной к хитозану амидазой – 92 и 8 %. Показано, что самую высокую L-стереоселективность проявляли агрегаты ферментов, полученные сшивкой глутаровым альдегидом. Так, биокатализатор, полученный данным методом, катализировал гидролиз рацемического фенилглицинамида с энантиомерным избытком L-изомера 94 %. Установлено, что при сшивании молекул амидазы бензохиноном стереоселективность реакции была ниже, чем у свободного фермента (см. табл).

Амидаза		A, мкмоль/мг/мин (активность к L-изомеру)	Соотношение энантиомеров фенилглицина L : D, %	ee, %
В растворе		0,8	87 : 13	74
Ковалентно присоединенная к хитозану		0,15	92 : 8	84
ПСФА	глутаровый альдегид	0,6	99 : 5	94
	бензохинон	0,7	74 : 26	48

Изучали влияние температуры на активность и стереоселективность поперечно-сшитых агрегатов амидазы. Выявлено, что фермент проявляет максимальную активность (1,1 мкмоль/мг/мин) при температуре 40 °С, максимальный энантиомерный избыток L-фенилглицина (88 %) наблюдали при 20 °С. Дальнейшее увеличение температуры приводило к снижению активности фермента и его стереоселективных свойств (рис. 2).

Определена зависимость активности и стереоселективности иммобилизованного фермента от концентрации DL-фенилглицинонитрила в среде. Установлено, что с увеличением концентрации субстрата активность фермента увеличивается, тогда как стереоселективность реакции снижается (рис. 3). Максимальная активность иммобилизованной амидазы наблюдалась при концентрации 800 мМ и составила 1,33 мкмоль/мг/мин, максимальный энантиомерный избыток ($ee = 85\%$) – при концентрации 25 мМ.

Таким образом, определены оптимальные условия ферментативного гидролиза DL-фенилглицинонитрила, осуществлен подбор носителя, который обеспечивает увеличение энантиомерной чистоты образующегося продукта. Штамм *Rhodococcus rhodochrous* 4-1 может быть использован в качестве биокатализатора для получения L-фенилглицина.

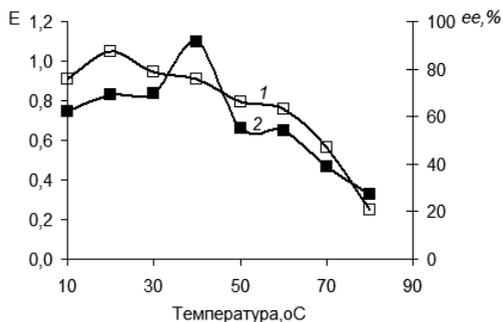


Рис. 2. Зависимость энантиомерного избытка (1) и активности иммобилизованной амидазы (2) от температуры реакции

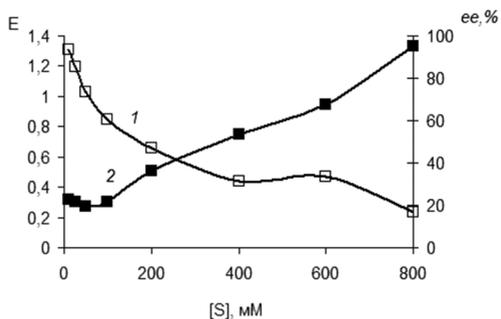


Рис. 3. Зависимость энантиомерного избытка (1) и активности иммобилизованной амидазы (2) от концентрации DL-фенилглицинамида

Литература

1. Bruggink A. Synthesis of β -lactam antibiotics: chemistry, biocatalysis and process integration. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 324 p.
2. Hensel M., Lutz-Wahl S., Fischer L. Stereoselective hydration of (RS)-phenylglycine nitrile by new whole cell biocatalysts // Tetrahedron: Asymmetry. 2002. Vol. 13. № 24. P. 2629–2633.
3. Wegman M.A., Heinemann U., Rantwijk F., Stolz A., Sheldon R. A. Hydrolysis of D,L-phenylglycine nitrile by new bacterial cultures // J. Mol. Catal. B. 2001. Vol. 11. № 4. P. 249–253.

ENANTIOSELECTIVE HYDROLYSIS OF DL-PHENYLGLYCINE NITRILE

A. N. GORBUNOVA, YU. G. MAKSIMOVA, A. YU. MAKSIMOV

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. Bacterial cultures were screened for nitrile hydratase/amidase activity towards phenylglycine nitrile. A highly active strain *Rhodococcus rhodochrous* 4-1 has a nonselective nitrile hydratase and extremely l-selective amidase. The amidase was isolated and immobilized. The best result was obtained with enzyme aggregates cross-linking with glutaraldehyde (CLEAs). Hydrolysis of d,l-phenylglycine nitrile catalysed by CLEAs gave l-phenylglycine with 94% ee.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ *AZOSPIRILLUM LIPOFERUM* SP59B И *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* SR55, ВЫРАЩЕННЫХ В ПРИСУТСТВИИ ФЛАВОНОИДОВ

М. В. Каневский^{1, 2}, А. А. Петрунина², Ю. П. Федоненко¹, С. А. Коннова²

¹ Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов

² Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

E-mail: matvejkanev@mail.ru

В настоящее время актуальным является вопрос изучения механизмов молекулярного диалога между партнерами растительно-бактериального симбиоза. В процессе формирования симбиотических отношений между растением и микроорганизмом важную роль играют углеводсодержащие полимеры, представленные на поверхности бактериальных клеток, а также вторичные метаболиты, экскретируемые корнями в ризосферу. Среди последних особое место занимают флавоноиды – вещества фенольной природы, играющие роль хемоаттрактантов и стимуляторов роста аммонифицирующих бактерий [1, 4].

Симбиоз почвенных микроорганизмов с корнями растения наиболее детально изучен на примере бобово-ризобияльного симбиоза. Для ризобий показано изменение состава и структуры гликополимеров поверхности в процессе формирования симбиоза, а также при выращивании в присутствии флавоноидов, содержащихся в экссудатах корней растений-хозяев [3], что обеспечивает повышенную биологическую активность в отношении макропартнера [6].

Однако мало изученной остается роль флавоноидов в формировании ассоциативных симбиотических отношений. В литературе присутствуют единичные данные о таксисе азоспирилл – типичных представителей ассоциативных микроорганизмов – к полифенольным соединениям, а также изменении электрофоретического профиля липополисахаридов (ЛПС) [5, 2].

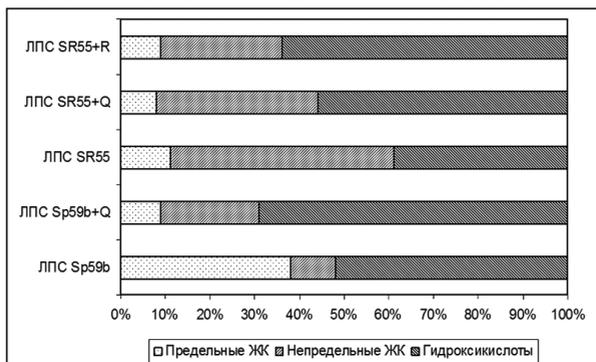
Исходя из вышесказанного, целью данной работы было определение характера влияния кверцетина и рутина – широко распространенных представителей флавоноидов злаковых растений – на состав и структуру ЛПС представителей двух видов бактерий *A. lipoferum* Sp59b и *A. brasilense* SR55.

Бактерии культивировали в течение 24 часов на жидкой синтетической среде с малатом натрия в присутствии флавоноидов в эффективных концентрациях.

С использованием ДСН-ПААГ электрофореза было установлено, что выращивание бактерий в присутствии кверцетина приводило к возрастанию гетерогенности мембранного пула ЛПС, однако наблюдались штаммовые различия. При культивировании *A. brasilense* SR55 в присутствии кверцетина (62,5 мкМ) происходило появление фракций ЛПС с длинной О-цепью, в то время как действие флавоноида на *A. lipoferum* Sp59b (1 мМ) было реализовано в снижении степени полимеризации О-специфического полисахарида. Под воздействием рутина (эффективная концентрация для *A. brasilense* SR55 – 125 мкМ; для *A. lipoferum* Sp59b – 500 мкМ) наблюдалось появление фракций ЛПС с короткой О-цепью у обоих штаммов.

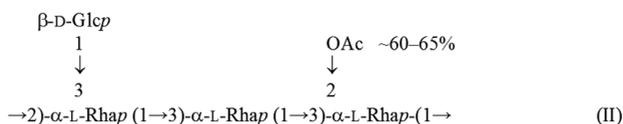
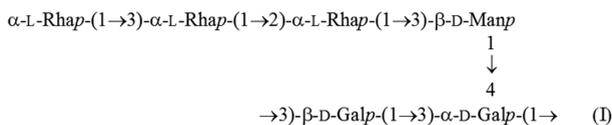
Выращивание бактерий в присутствии флавоноидов приводило к изменению состава и соотношения жирных кислот (ЖК), входящих в липид А (см. рис. ниже). Для обоих штаммов характерно увеличение по сравнению с контролем ко-

личества гидроксикислот. ЛПС_{SR55+R} и ЛПС_{SR55+Q} характеризуются уменьшением доли непредельных кислот, в то время как в ЛПС_{Sp59b+Q} их содержание возрастает в 2 раза по сравнению с контролем.



Соотношение, предельных, непредельных и гидроксикислот в составе ЛПС *A. lipoferum* Sp59b и *A. brasilense* SR55

При анализе О-специфического полисахарида бактерий *A. lipoferum* Sp59b, выращенных в присутствии кверцетина, было установлено, что флавоноид индуцирует синтез ЛПС с моносахаридным звеном иной структуры (II), отличной от контроля (I):



Присутствие в среде выращивания флавоноидов приводило также к изменению состава ОПС *A. brasilense* SR55. В опытных образцах наблюдалось возрастание в 1,5 раза количества рамнозы, а также в 2 раза количества глюкозы, что свидетельствует о синтезе под воздействием флавоноидов ОПС с иной структурой мономерного звена, предположительно глюкорамнановой природы.

Таким образом, показано, что культивирование азоспиррилл в присутствии флавоноидов приводит к изменению состава и структуры ЛПС. Предположительно произошедшие изменения, а также перераспределение соотношения различных по массе и длине О-цепи молекул в структуре ЛПС указывают на важную роль этого гликополимера в адаптации бактерий к условиям существования в ассоциации с конкретными растениями.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-01658).

Литература

1. Andersen M. O., Markham R. K. Flavonoids: chemistry, biochemistry, and applications. Boca Raton: CRC Press, 2006. 1197 p.
2. Fischer S. E., Miguel M. J., Morri G. B. Effect of root exudates on the polysaccharide composition and the lipopolysaccharide profile of *Azospirillum brasilense* Cd under saline stress // FEMS Microbiol. Lett. 2003. Vol. 219. P. 53–62.
3. Fraysse N., Jabbouri S., Treilhou M., Couderc F., Poinot V. Symbiotic conditions induce structural modifications of *Sinorhizobium* sp. NGR234 surface polysaccharides // Glycobiology. 2002. Vol. 12, № 11. P. 741–748.
4. Kong C. H., Zhao H., Xu X. H., Wang P., and Gu Y. Activity and Allelopathy of Soil of Flavone O-Glycosides from Rice // J. Agric. Food Chem. 2007. Vol. 55. P. 6007–6012.
5. Lopez-de-Victoria G., Lovell C.R. Chemotaxis of *Azospirillum* Species to Aromatic Compounds // Appl. Env. Microbiol. 1993. Vol. 59, № 9. P. 2951–2955.
6. Noel K. D., Box J. M., Bonne V. J. 2-O-methylation of fucosyl residues of a rhizobial lipopolysaccharides is increased in response to host exudate and is eliminated in a symbiotically defective mutant // Appl. Environ. Microbiol. 2004. Vol. 70. P. 1537–1544.

COMPOSITION AND STRUCTURE FEATURES OF LIPOPOLYSACCHARIDES OF *AZOSPIRILLUM LIPOFERUM* SP59B AND *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* SR55, GROWN IN THE PRESENCE OF FLAVONOIDS

M. V. KANEVSKY^{1,2}, A. A. PETRUNINA², YU. P. FEDONENKO¹, S. A. KONNOVA²

¹ Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms RAS, Saratov

² Chernyshevsky Saratov State University, Saratov

Summary: It is shown that the addition of flavonoids to the growth medium of bacteria *Azospirillum lipoferum* Sp59b and *Azospirillum brasilense* SR55 induces the synthesis of lipopolysaccharide, which differs from the original in macromolecular organization, structure, monosaccharide composition, ratio and a set of fatty acids in the lipid A. The data obtained show an important role of flavonoids in the associative relations of azospirilla and plant roots, implemented with the participation of bacterial lipopolysaccharide.

ПОЛИАМИНЫ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРСИСТЕНЦИИ *ESCHERICHIA COLI*

Е. А. КАРАВАЕВА, Н. М. КАШЕВАРОВА, А. Г. ТКАЧЕНКО

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: karavaeva.elena2009@yandex.ru

Персистеры – это субпопуляции бактерий с «замершим» метаболизмом, характеризующиеся генетически ненаследуемой толерантностью к антибиотикам [6]. Механизмы развития этого процесса полностью не ясны, однако установлено, что основная роль в формировании покоящегося состояния клеток принадлежит токсин-антитоксеновым (ТА) парам белков [4, 5]. Трудность изучения данного типа клеток, в первую очередь, обусловлена их низким процентом встречаемости, от 0,0001 до 0,001 % в культуре микроорганизмов экспоненциальной фазы роста и около 1 % в стационаре и в составе микробных биопленок [5]. Помимо ТА-систем описаны новые факторы регуляции персистенции: продукты экспрес-

сии генов системы SOS-ответа, теплового и холодового стрессов и др. [4]. Нами сделано предположение, что данный список регуляторов персистообразования может быть дополнен биогенными полиаминами.

Полиамины (путресцин, спермидин, кадаверин) – это алифатические углеводороды с двумя и более аминогруппами, обеспечивающие нормальное протекание различных биохимических и физиологических процессов в клетках всех живых организмов [7]. Доказано участие этих соединений в регуляции экспрессии генов, продукты которых отвечают за адаптацию бактерий к стационарной фазе роста и другим видам стресса, в том числе к воздействию антибиотиков [3, 8].

С целью определения возможного влияния полиаминов на персистообразование полиамин-зависимые мутантные штаммы *Escherichia coli* SHT03 и SL60 культивировали в синтетической минеральной среде M9 в присутствии и отсутствии путресцина (основного бактериального полиамина, предшественника спермидина). Во время роста производили отбор клеточной биомассы, одну часть которой высевали на агаризованную среду для подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ), а другую переносили в свежую среду M9, содержащую аминогликозидный антибиотик нетилмицин в концентрациях 2, 8, 8, 16 мкг/мл для штамма SHT03 и 8, 16, 32 мкг/мл для SL60. Используемые концентрации антибиотика на несколько порядков превышали минимальную подавляющую концентрацию (МПК) для исследуемых штаммов. Выбор антибиотика обусловлен его широким использованием в клинической практике. После трехчасовой экспозиции с аминогликозидом клетки полиамин-дефицитных штаммов высевали на чашки с LB-агаром для подсчета КОЕ спустя 24 ч инкубирования. По результатам эксперимента подсчитывали частоту персистообразования (ЧП) путем деления величины КОЕ/мл в культуре после инкубации с нетилмицином на КОЕ/мл в культуре без добавки антибиотика.

Проведенные исследования показали, что ЧП полиамин-дефицитных штаммов, выращенных в среде с внесением путресцина, была на 3–4 порядка выше, чем в варианте без добавки полиамина. Данный эффект наблюдался на всех исследованных нами концентрациях нетилмицина. ЧП достигала пика при переходе клеток в стационарную фазу. Интересно отметить, что наибольшее количество персистеров в культуре штаммов SL60 и SHT03 было обнаружено при экспозиции с антибиотиком в наименьшей из исследованных концентраций.

Известно, что полиамины регулируют экспрессию более 300 генов, которые объединяют общим термином «полиаминовый модулон» [9]. В состав этого комплекса входит ген *rpoS*, продукт которого является ключевым фактором адаптации к стационарной фазе клеточного роста и стрессовым условиям [1]. В последнее время появляются сведения относительно возможного участия белка RpoS в формировании дормантного состояния, но эти данные противоречивы [2]. Мы предположили, что путресцин может оказывать эффект на процесс персистообразования через регуляцию экспрессии *rpoS*.

С помощью трансляционного слияния *rpoS::lacZ*, находящегося в хромосоме полиамин-дефицитного штамма SHT03, была измерена экспрессия гена *rpoS* в течение культивирования бактерий на синтетической минеральной среде без экзогенного путресцина и в условиях его внесения. Результаты эксперимента проде-

монстрировали значительный стимулирующий эффект полиамина на экспрессию исследуемого гена. Кроме того, методом иммуноблота было показано положительное влияние путресцина на внутриклеточное содержание соответствующего белка RpoS. Одновременно с увеличением уровня экспрессии *rpoS* повышалась ЧП штамма, культивируемого с добавкой полиамина.

Таким образом, внесенный в среду полиамин путресцин стимулировал персистообразование *E. coli*. Механизм, лежащий в основе данного эффекта, предположительно обусловлен модулирующим эффектом полиаминов на экспрессию гена *rpoS*, участвующего в персистенции.

Работа выполнена по программе Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология» (проект № 12-П-4-1047).

Литература

1. Hengge-Aronis R. Signal transduction and regulatory mechanisms in control of the σ^S (RpoS) subunit of RNA-polymerase // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2002. P. 373–395.
2. Hong S. H., Wang X., O'Connor H., Benedik J., Wood T. Bacterial persistence increases as environmental fitness decreases // *Microbial Biotechnology*. 2012. Vol. 4. P. 509–522.
3. Igarashi K., Kashiwagi K. Modulation of cellular function by polyamines // *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2010. Vol. 42, №1. P. 39–51.
4. Keren I., Shah D., Spoering A., Kaldalu N., Lewis K. Specialized persisters cells and the mechanism of multidrug tolerance in *Escherichia coli* // *J. Bacteriol.* 2004. Vol. 186. P. 8172–8180.
5. Lewis K. Multidrug tolerance of biofilms and persister cells // *Current topics in microbiology and immunology*. 2008. Vol. 322. P. 107–131.
6. Lewis K. Persister cells // *Annu. Rev. Microbiol.* 2010. V.64. P. 357–372.
7. Tabor C.W., Tabor H. Polyamines in microorganisms // *Microbiol. Rev.* 1985. Vol. 49. P. 81–99.
8. Tkachenko A. G., Akhova A. V., Shumkov M. S., Nesterova L. Y. Polyamines reduce oxidative stress in *Escherichia coli* cells exposed to bactericidal antibiotics // *Res. Microbiol.* 2012. Vol. 163, № 2. P. 83–91.
9. Yoshida M., Kashiwagi K., Shigemasa A. A unifying model for the role of polyamines in bacterial cell growth, the polyamine modulon // *J. Biol. Chem.* 2004. Vol. 279, № 44. P. 46008–46013.

POLYAMINES AS POTENTIAL REGULATORS OF PERSISTENT CELLS FORMATION OF *ESCHERICHIA COLI*

E. A. KARAVAEVA, N. M. KASHEVAROVA, A. G. TKACHENKO

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm

Summary. Persisters are subpopulations of dormant cells that have non-heritable tolerance to antibiotics. The mechanisms of persistence are poorly understood. We assumed that polyamines could be involved in persister cells formation in *Escherichia coli* by an increase in *rpoS* expression.

ПОДБОР ВИДОСПЕЦИФИЧНЫХ ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *RHODOCOCCUS JOSTII* И *RHODOCOCCUS FASCIANUS*

А. И. КОНЕВ¹, М. К. СЕРЕБРЕНИКОВА²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет

²Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: cjkln.47@mail.ru

Актинобактерии рода *Rhodococcus* являются доминирующим компонентом микробных сообществ нефтезагрязненных сред [1]. В связи с этим возникает необходимость разработки методов их детекции и идентификации среди большого многообразия микроорганизмов в окружающей среде. Для идентификации микроорганизмов широко используется ПЦР-диагностика, что обусловлено высокой специфичностью и чувствительностью, хорошей воспроизводимостью результатов, технической простотой и непродолжительностью анализа. Ключевым моментом использования метода ПЦР является наличие родо- и видоспецифичных праймеров, для создания которых в качестве матрицы широко используют участки 16S рРНК гена [2].

Целью исследования было подобрать видоспецифичные праймеры к актинобактериям рода *Rhodococcus* и проверить их пригодность для дифференциации родококков. В работе использовали типовые штаммы актинобактерий родов *Rhodococcus* (7 видов), *Gordonia* (3 вида), *Nocardioides* (3 вида), *Corynebacterium* (4 вида). При конструировании праймеров проводили сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК родококков, депонированных в базе данных NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Проверку видоспецифичности разработанных праймеров проводили с помощью программ BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) и LASERGEN PrimerSelect (DNASTAR, США), а также путем постановки ПЦР в амплификаторе MJ Cycler (BioRad, США). Реакционная ПЦР-смесь объемом 25 мкл содержала 10 мМ ПЦР-буфер для *Taq*-полимеразы; 2 мМ MgCl₂; 0,2 мМ смесь четырех дезоксинуклеозидтрифосфатов (дНТФ); 0,4 ед. *Taq*-полимеразу; 0,2 мкМ прямой и обратный праймеры; 1 мкл ДНК; деионизированную воду. Все реактивы производства «Синтол» (Россия). Для проведения ПЦР использовали подобранный с помощью программы BLAST температурно-временной профиль: предварительная денатурация – 95 °С (5 мин); 35 циклов: денатурация – 95 °С (30 с), отжиг – 64 °С (30 с), элонгация – 72 °С (1 мин); конечная элонгация – 72 °С (10 мин). При оптимизации условий ПЦР с целью увеличения специфичности разработанных праймеров температуру отжига варьировали от 55 до 66 °С. Продукты ПЦР анализировали при помощи электрофореза в 1,5 % агарозном геле, окрашенном бромистым этидием. Визуализацию результатов ПЦР проводили с использованием трансиллюминатора Gel Doc XR (BioRad, США).

После выравнивания последовательностей нуклеотидов и их анализа подобраны две пары праймеров для *R. jostii* (табл. 1). Анализ показал, что подобранные пары праймеров потенциально амплифицируются только с представителями *R. jostii*, *Corynebacterium* spp., *Amycolatopsis* spp., *Mycobacterium* spp., *Micrococcus* spp., но не других видов родококков. Таким образом, разработанные праймеры теоретически пригодны для инициации специфической амплификации.

Таблица 1

Последовательность и характеристики праймеров для *R. jostii*

Обозначение	Позиция, п.н.	Содержание ГЦ, %	Температура плавления, °С	Последовательность праймера (5'→3')	Размер продукта, п.н.
Rjo1	151–172	50	60	GGAAACTGGGTCTAATACCGGA	430
Rjo2	580–561	55	61	CACAAACGACGCGACAAACC	430
Rjo3	151–172	50	60	GGAAACTGGGTCTAATACCGGA	431
Rjo4	581–562	50	60	TCACAAACGACGCGACAAAC	431

Теоретически предположенная видоспецифичность разработанных праймеров проверена с помощью ПЦР. При температуре отжига 55 °С фрагмент ДНК искомого размера (430 п.н.) не обнаруживался в исследуемых образцах, включая положительный контроль. Последующее увеличение температуры до 64 °С, привело, наряду с положительной амплификацией ДНК-матрицы из *R. jostii* ИЭГМ 951^Т, к перекрестным реакциям с типовыми штаммами *R. erythropolis* ИЭГМ 691^Т, *R. piridinivorans* ИЭГМ 1055^Т, *R. fascians* ИЭГМ 414^Т, *R. imtechensis* ИЭГМ 940^Т, *R. opacus* ИЭГМ 716^Т, *R. wratislaviensis* ИЭГМ 1112^Т. Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанные праймеры не являются видоспецифичными.

С учетом полученных результатов подобрана новая пара праймеров к *R. jostii* для амплификации последовательностей длиной 434 н.п.:

Rjo5 (182–207 п.н.): 5'-CGGCTGCATGGCTGAGGGTGGAAAGG

Rjo6 (590–615 п.н.): 5'-ATCGCCTGCAGGCTCACAGTTGAGCT.

При тестировании данной комбинации праймеров при температуре отжига 64 °С отмечено снижение неспецифической амплификации с ДНК гетерологичных видов родококков. Об этом свидетельствует отсутствие ПЦР-продуктов ожидаемой длины с ДНК *R. fascians*, *R. piridinivorans* и *R. wratislaviensis*, обнаруживаемых при использовании праймеров Rjo1-Rjo2 и Rjo3-Rjo4. Однако в отношении других исследуемых родококков сохранялся неспецифический отжиг праймеров на ДНК.

В результате анализа и выравнивания нуклеотидных последовательностей 16S рДНК была разработана пара праймеров для вида *R. fascians* (табл. 2).

Таблица 2

Последовательность и характеристики праймеров для *R. fascians*

Обозначение	Позиция, п.н.	Содержание ГЦ, %	Температура плавления, °С	Последовательность праймера (5'→3')	Размер продукта, п.н.
Rfa1	160–185	50	67	CACAGCATGCATGTGTTGTGGTGGAA	423
Rfa2	557–582	54	68	CGAAGTTGAGCCCCGGGTTTCACAA	423

Теоретическая специфичность синтезированных праймеров, проверенная экспериментально, не подтвердилась из-за образования неспецифических продуктов с *R. erythropolis*, *R. imtechensis* и *R. opacus*. Также установлено, что изменение температуры отжига (снижение до 60 °С и увеличение до 66 °С) не способствовало увеличению целевой амплификации разработанных праймеров для *R. jostii* и *R. fascians*.

В дальнейшем планируется тестирование праймеров с более широким кругом родококов, в том числе недавно опубликованных видов, и оптимизация параметров ПЦР для увеличения специфичности разработанных праймеров.

Исследования поддержаны грантом РФН 14-14-00643.

Литература

1. Ившина И. Б., Пшеничков Р. А., Оборин А. А. Пропанокисляющие родококки. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 125 с.

2. Bell K. S. [et al.] Identification and environmental detection of *Rhodococcus* species by 16S rDNA-targeted PCR // J. Appl. Microbiol. 1999. Vol. 87. P. 472–480.

ADJUSTMENT OF SPECIES-SPECIFIC PRIMERS FOR *RHODOCOCCUS JOSTII* AND *RHODOCOCCUS FASCIANUS*

A. I. KONEV¹, M. K. SEREBRENNIKOVA²

¹Perm State National Research University, Perm

²Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms,
The Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. A pair of primers was designed for *R. fascians*. Theoretical specificity of synthesized primers was not confirmed due to the formation of non-specific products in *R. erythropolis*, *R. imtechensis* and *R. opacus*. It was also found that the change in annealing temperature did not lead to increase the target amplification primers developed for *R. jostii* and *R. fascians*.

СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ (R)-АРИЛАЛКИЛСУЛЬФОКСИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТАММА *GORDONIA TERRAE* ИЭГМ 136

Т. И. КЫЛОВА¹, А. А. ЕЛЬКИН²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: tat-kylosova@yandex.ru

²Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: an220@mail.ru

Энантимерно чистые сульфоксиды используются в асимметрическом синтезе в качестве активного центра, способного с высокой степенью стереоселективности контролировать различные химические реакции. В современной медицине известны препараты на основе различных сульфоксидов с выраженными антибактериальными, противовоспалительными, противоревматическими и ноотропными свойствами [1, 4]. Для направленного синтеза энантимерно однородных сульфоксидов наряду с химическим синтезом используются биотехнологические методы, которые позволяют получать оптически чистые сульфоксиды без применения агрессивных реагентов [6]. Известно, что в качестве биокатализаторов процесса сульфоксидирования могут применяться актинобактерии, обладающие высокоактивным оксигеназным ферментным комплексом. Ранее показано, что представители рода *Gordonia* и *Rhodococcus* катализируют окисление фенилметилового сульфида в оптически чистые (R)- и (S)-сульфоксиды [3]. Цель данной работы – исследование особенностей окислительной трансформации арилалкилсульфидов штаммом *G. terrae* ИЭГМ 136.

В работе использовали культуру *G. terrae* ИЭГМ 136 (GenBank: KF134399) из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ [2]. Биотрансформацию арилалкилсульфидов проводили в минеральной

среде К [2]. В работе использовали свободные и иммобилизованные клетки актинобактерий. Органические сульфиды (0,5–2 г/л), растворенные в изопропанол в соотношении 1:10, добавляли через 2 сут роста бактериальной культуры. Иммобилизацию бактериальных клеток проводили путем внесения клеточной суспензии в раствор поливинилового спирта (ПВС) согласно методике [5]. Полученный биокатализатор регидратировали в среде культивирования в течение 24 ч и добавляли из расчета 200 гранул ($5,0 \pm 0,6 \cdot 10^6$ кл/мл) на 100 мл среды. Продукты биотрансформации через 1–8 сут экстрагировали этилацетатом. Качественный состав продуктов биотрансформации контролировали методами тонкослойной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Энантиомерный состав оптически активных сульфоксидов определяли методом ВЭЖХ с помощью хроматографа LC Prominence (Shimadzu, Япония), оборудованного хиральной колонкой Кнауер® и диодно-матричным детектором (элюент: *n*-гексан : изопропанол, 95 : 5). Скорость потока подвижной фазы – 1,0 мл/мин, длина волны детектирования – 254 нм; температура термостата колонки – 40 °С.

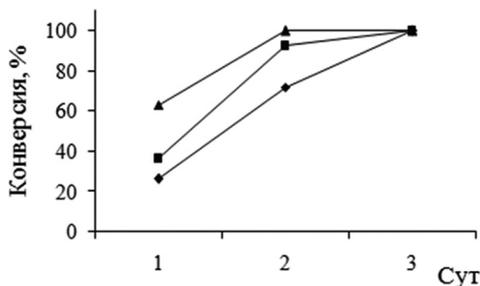
Показано, что свободные клетки актинобактерий в условиях соокисления с *n*-гексадеканом катализируют биоконверсию 0,5 г/л тиаоизола, используемого в качестве модельного сульфида, в оптически чистый (*R*)-сульфоксид в течение 4 сут [3]. Для повышения эффективности биотрансформационного процесса использовали прием иммобилизации бактериальных клеток в криогель на основе ПВС. По данным ХМС и ВЭЖХ, иммобилизованные клетки актинобактерий катализировали направленную биотрансформацию сульфидов в концентрации 1,5 г/л с химическим выходом целевых сульфоксидов до 95 % и энантиоселективностью до 95,2 % (см. табл.).

Биотрансформация арилалкилсульфидов штаммом *G. terrae* ИЭГМ 136

Сульфид	Конверсия, %	Конфигурация сульфоксида, <i>ee</i> (%)*	Время удерживания на ВЭЖХ, мин	
			(<i>R</i>)-сульфоксид	(<i>S</i>)-сульфоксид
$C_6H_5-S-CH_3$	100	(<i>R</i>) 95,2	13,9	15,1
$C_6H_5-S-C_2H_5$	88,9	(<i>R</i>) 77,2	9,7	12,4
$CH_3CH_2CH_2-S-CH_3$	76,3	(<i>R</i>) 83,4	26,6	28,4
<i>o</i> -Cl-C ₆ H ₄ -S-CH ₃	62,8	(<i>R</i>) 15,2	12,9	13,9
<i>o</i> -Br-C ₆ H ₄ -S-CH ₃	61,6	(<i>R</i>) 15,8	13,7	15,0
<i>o</i> -NH ₂ -C ₆ H ₄ -S-CH ₃	–**	(<i>R</i>) 91,1	10,9	11,4
<i>p</i> -CH ₃ C ₆ H ₄ -S-CH ₃	86,8	(<i>R</i>) 94,9	12,9	14,2
<i>p</i> -CH ₃ O-C ₆ H ₄ -S-CH ₃	63,0	(<i>R</i>) 20,8	13,2	14,0

**ee* – энантиомерный избыток; ** – условия ХМС анализа продуктов биотрансформации уточняются

Установлено, что увеличение количества иммобилизатов в 2 раза приводит к сокращению продолжительности процесса биотрансформации тиаоизола (1,5 г/л) с 3 до 2 сут при сохранении высокого химического выхода (98 %) и оптической чистоты целевого сульфоксида (*ee* 95,3 %) (см. рис. ниже).



Влияние концентрации биокатализатора на процесс окисления тиаоанизола, гранул/100 мл среды: ◆ – 200, ■ – 300, ▲ – 400

Преодолеть токсическое воздействие повышенных концентраций сульфидного субстрата на бактериальные клетки позволило дробное внесение сульфида (тиаоанизола, в частности) в среду культивирования. При этом начальная концентрация вносимого тиаоанизола составила 1 г/л. Последующее добавление сульфидного субстрата (0,75 г/л) осуществлялось через каждые 24 часа в течении 6 сут. Суммарная нагрузка тиаоанизола в среде биотрансформации составила 5,5 г/л, при этом выход целевого (*R*)-фенилметилсульфоксида (*ee* 96,7 %) достигал 85–90 %.

Литература

1. Babiak P., Kyslíková E., Stěpánek V. [et al.]. Whole-cell oxidation of omeprazole sulfide to enantiopure esomeprazole with *Lysinibacillus* sp. B71 // *Bioresour. Technol.* 2011. Vol. 102. P. 7621–7626.
2. Catalogue of Strains of Regional Specialized Collection of Alkanotrophic Microorganisms. 2014 [www.iegm.ru/iegmcol/strains/ 08.08.2014].
3. O'mahony G. E., Kelly P., Lawrence S. E., Maguire A. R. Synthesis of enantioenriched sulfoxides // *ARKIVOC.* 2011. P. 1–110.
4. Elkin A. A., Kylosova T. I., Grishko V. V., Ivshina I. B. Enantioselective oxidation of sulfides to sulfoxides by *Gordonia terrae* IEGM 136 and *Rhodococcus rhodochrous* IEGM 66 // *J. Mol. Catal. B: Enzym.* 2013. Vol. 89. P. 82–85.
5. Fernández I., Khair N. Recent developments in the synthesis and utilization of chiral sulfoxides // *Chem. Rev.* 2003. Vol. 103. P. 3651–3705.
6. Kuyukina M. S., Ivshina I. B., Gavrin A.Y. [et al.]. Immobilization of hydrocarbon-oxidizing bacteria in poly (vinyl alcohol) cryogels hydrophobized using a biosurfactant // *J. Microbiol. Methods.* 2006. Vol. 65. P. 596–603.

SYNTHESIS OF OPTICALLY ACTIVE (*R*)-ARYL ALKYL SULFOXIDES USING *GORDONIA TERRAE* IEGM 136

T. I. KYLOSOVA¹, A. A. ELKIN²

¹ Perm State National Research University, Perm

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. Biotransformation of aryl alkyl sulfides into optically pure (*R*)-sulfoxides with high enantioselectivity (*ee* 95%) is demonstrated by using immobilized in poly (vinyl alcohol) cryogel cells of *Gordonia terrae* IEGM 136.

МИКОМИЦЕТЫ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. ЛЕБЕДЕВ

Тверской государственной университет

E-mail: rumat@inbox.ru

Многие виды миксомицетов являются космополитами. Наибольшее видовое богатство наблюдается в широколиственных лесах умеренной зоны и в мезоксерофильных лесах Средиземноморья. В умеренных поясах обоих полушарий миксомицеты чаще всего живут в лесах, встречаясь в виде плазмодиев или спороношений в течение лета, а иногда с ранней весны и до поздней осени. Но многие виды обнаруживают сезонность в своем развитии.

В связи с особенностями питания трофической стадии миксомицеты встречаются преимущественно на растительных остатках, поваленных деревьях, на пнях, коре.

Большинство выявленных в России видов имеют очень широкие ареалы. К видам с эврирегиональным ареалом относятся 58 %, панглоарктическим 22 %, евроамериканским 8 %, европейским 4 %, евроазиатским 5 % от списка. В целом видовой состав и таксономическая структура биот миксомицетов хорошо изученных регионов стран Северной и Западной Европы очень сходны с аналогичными характеристиками, полученными для территории России в целом [4]. Однако состав списков биот миксомицетов разных ботанико-географических зон имеет специфические особенности.

Оптимальными для миксомицетов являются условия с умеренно влажным климатом, с чередованием сухих и дождливых теплых периодов в течение лета. В этой связи в пределах таежной зоны субстрат, на котором развиваются миксомицеты, находится во влажном состоянии более продолжительное время, чем в других природных зонах. Обилие разнообразных субстратов и биотопов, а также относительно благоприятные термические и гидрологические условия в летний период создают подходящую среду обитания для многих видов [6, 7].

Интразональные сообщества тундры, степей и пустынь играют значительную роль в обогащении биоты миксомицетов. В тундре миксомицеты проникают далеко на север, используя кустарниковые сообщества вдоль ручьев и речек, где они обитают на опаде и гнилых ветках. В степной зоне лесные виды, обитающие на гнилой древесине и опаде, проникают далеко на юг по балкам, оврагам, пойменным лесам, лесным насаждениям, а в пустыне через пойменные леса и лесные насаждения. По этой причине обеднение биоты миксомицетов в целом происходит не так резко. Кроме того, проявляется определенная устойчивость многих видов к пессимальным условиям среды в этих зонах благодаря наличию в жизненном цикле миксомицетов покоящихся стадий.

Несмотря на широко распространенное представление о преобладании на суше пищевых цепей типа «растение – растительноядное животное – плотоядное животное», основу большинства наземных пищевых сетей составляют не живые растительные ткани, а разлагающиеся органические остатки. Основные потоки энергии идут через животных, использующих в пищу детрит и лесную подстилку с участием бактерий, протистов и грибов [1]. Как указывает Ю. К. Новожилов [3],

есть сведения о том, что миксомицеты раньше других организмов заселяют кору и разлагают дубильные вещества, что создает благоприятную почву для заселения этого субстрата грибами [5].

В биоте миксомицетов Тверской области представлены все 5 порядков миксомицетов. Наиболее крупными в биоте области являются порядки *Physarales* (38 %) и *Trichiales* (22 %). Меньшее число видов объединяют порядки *Stemonitales* (19 %) и *Liceales* (18 %). Существенно ниже роль порядка *Echinosteliales* (2 %). Биота миксомицетов Тверской области характеризуется высоким уровнем видового богатства. Зарегистрирован 131 вид миксомицетов и 1 вид протостелид.

В сосновых лесах характер распределения миксомицетов в пределах лесного массива изменяется в течение вегетационного периода. В начале и середине лета они чаще встречаются по окраинам леса, рядом с вырубками, болотами. В конце лета – начале осени отмечается обилие миксомицетов в глубине леса, на более затененных местах. В березовых и смешанных лесах с примесью березы отмечено большое разнообразие кортикулоидных видов. Кора березы имеет более пористую структуру по сравнению с корой хвойных, что облегчает задерживание спор миксомицетов. Большая влагоемкость коры березы способствует лучшему прорастанию спор.

Часть видов отмечена на открытых местах и пустырях, в черте города (улицы, парки). Среди них наиболее часто встречаются *Fuligo septica* (L.) Wigg., *Lycogala epidendrum* (L.) Fr., *Reticularia lycoperdon* Bull.

Часть видов образует спорофоры на различных субстратах, поэтому их отнесение к какой-либо группе затруднено. Ряд из них несомненно относится к убикистам. Однако даже для этих видов можно выявить предпочтения в отношении субстрата. В определенных биотопах мы наблюдали заселение некоторыми видами не характерных для них субстратов.

Вид *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rost. образует спорангии как на обнаженной древесине и коре, так и на опаде, сухой траве, мелких веточках и живых растениях. Виды рода *Tubulifera* образуют спорофоры на древесине, на сухой траве, живом мхе, различном опаде и антропогенных субстратах, таких как ткань, бумага, стекло. *Didymium iridis* (Ditmar) Fr. был обнаружен как на мхе и опаде, так и на голой земле и на кирпиче. Такие виды, как *Didymium melanospermum* (Pers.) Macbr., *Physarum album* (Bull.) Chevall., *Mucilago crustacea* Wigg., часто встречаются на мхах, листьях и стеблях живых растений.

За время изучения, в период с 2003 по 2014 г., миксомицеты были встречены нами во всех районах области. Представители данной группы отмечены нами в разных типах леса, на болотах, на пустырях, в парках и на улицах городов. Чаще всего плодовые тела образуются на поверхности коры и на обнаженной древесине, нередко на опаде и растительных остатках, иногда встречаются на мхах и земле, реже на других субстратах.

Не вызывает сомнения широкое распространение миксомицетов на территории Тверской области. Эти данные совпадают с аналогичными из Московской области [2]. Необходимы дополнительные, более детальные исследования в сопредельных областях для уточнения характера распространения и эколого-фитоценологических особенностей биот миксомицетов.

Литература

1. Барнс Р., Кейлоу П., Олив П., Голдинг Д. Беспозвоночные: Новый обобщенный подход / пер. с англ. М.: Мир, 1992. 583 с.
2. Гмошинский В. И. Миксомицеты Москвы и Московской области: дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 168 с.
3. Новожилов Ю. К. Миксомицеты Ладожско-Ильменского флористического района: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1981. 25 с.
4. Новожилов Ю. К. Миксомицеты (класс Mucromycetes) России: таксономический состав, экология и география: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2005. 48 с.
5. Фефелов К. А. Ксилофильные сообщества миксомицетов // Экология процессов биологического разложения древесины: сб. ст. Екатеринбург, 2000. С. 56–66.
6. Stephenson S. L., Novozhilov Yu. K., Laursen G. A. A preliminary report of myxomycetes from boreal forest and Arctic tundra ecosystems of central Alaska and eastern Russia // Proc. West Virg. Acad. Sci. 1994. Vol. 66. P. 18.
7. Ukkola T., Rikkinen J. Myxomycetes in the forests and woodlands of western Oregon // Mycotaxon. 2000. Vol. 76. P. 213–245.

MYXOMYCETES AS INTEGRAL COMPONENT OF BIODIVERSITY OF TVER REGION

A. N. LEBEDEV

Tver State University, Tver

Summary. The researching of slime moulds biota of Tver region has been made from 2003 till 2014. The results of researching are given.

РОЛЬ ТИОЛОВЫХ РЕДОКС-СИСТЕМ ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТИБИОТИКОВ НА БАКТЕРИИ *ESCHERICHIA COLI* В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СТРЕССОВ

Е. В. ЛЕПЕХИНА, Г. В. СМЕРНОВА

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: alenshick@mail.ru

Исследование условий, модифицирующих действие антибактериальных веществ, является в настоящее время актуальным направлением. Целью работы является изучение роли тиоловых редокс-систем при комбинированном действии экстремальных температур и антибиотиков у бактерий *Escherichia coli*. В качестве объекта исследований использовались бактерии дикого типа и делеционные мутанты *Escherichia coli* (Keio collection) по генам *gshA* (первый фермент синтеза глутатиона), *gor* (глутатионредуктаза), *trxA* (тиоредоксин I), *trxB* (тиоредоксин-редуктаза), *grxA*, *grxB* (глутаредоксины А и В). Кроме того в лаборатории были сконструированы двойные мутанты *gshAtrxA* и *gortrxB*. Действие температуры и антибиотиков изучали в планктонной культуре (колбы на качалках) и в биопленках (полистирольные планшеты без перемешивания).

Показано, что в оптимальных для роста условиях (37 °С), мутанты по генам *gor*, *trxA* и *trxB* росли с более низкой скоростью, а мутант *gshA*, дефицитный по глутатиону, – с более высокой скоростью, чем клетки дикого типа. При резком снижении (до 20 °С) или повышении температуры культивирования (до 46 °С) скорость роста значительно ингибировалась у всех изученных штаммов. Наибольший эффект наблюдался при 46 °С у двойных мутантов *gshAtrxA* и *gortrxB*, где рост останавливался практически полностью. Наличие мутаций *gshAtrxA*,

gorTxB приводило к снижению выживаемости бактерий при всех ростовых температурах.

При температурах 24 и 44 °С, то есть вблизи границ температурного диапазона роста *E. coli*, у клеток дикого типа резко возрастала способность к образованию биопленок. Мутанты по генам *gor*, *trxA*, *gshAtrxA*, *gorTxB*, *grxA* и *grxB* проявляли повышенную способность к биопленкообразованию в диапазоне температур 30–40 °С, но утрачивали характерные для дикого типа максимумы при 24 и 44 °С. Отсутствие глутатиона в *gshA*-мутантах существенно снижало биопленкообразование при всех тестируемых температурах.

При изучении зависимости чувствительности бактерий дикого типа к антибиотикам разных классов (ципрофлоксацин, ампициллин и стрептомицин) от температуры культивирования была выявлена характерная V-образная кривая с максимумом чувствительности при 40 °С. Выживаемость бактерий была обратно пропорциональна их удельной скорости роста (μ), максимум которой также достигался при 40 °С. Коэффициент корреляции между μ и \log CFU (число колоний образующих единиц) составлял $-0,97$ для ципрофлоксацина, $-0,93$ для ампициллина и $-0,89$ для стрептомицина. Общий V-образный вид зависимости чувствительности бактерий к антибиотикам от температуры сохранялся у мутантов по компонентам тиоловых редокс-систем, однако наблюдались изменения, связанные с видом мутации и типом антибиотика. Так, *gshA*, *trxA*, *trxB* и *gshAtrxA* мутанты проявляли повышенную чувствительность к ципрофлоксацину, но не к ампициллину и стрептомицину, при критических температурах 20 и 46 °С. Напротив, при оптимальных температурах мутант *gshAtrxA* демонстрировал высокую чувствительность к ампициллину (в 18 раз выше, чем у дикого типа), но не к стрептомицину и ципрофлоксацину. При 40 °С мутант по *grxA* был в 5 раз чувствительнее к ампициллину, чем дикий тип. При оптимальной температуре *gor*-мутант был более устойчив, чем дикий тип, при действии всех антибиотиков, а мутант по *trxA* полностью утрачивал чувствительность к ампициллину, хотя сохранял чувствительность к стрептомицину на уровне бактерий дикого типа. Таким образом, мутации по компонентам тиоловых редокс-систем оказывали значительное влияние на чувствительность бактерий к антибиотикам.

Исследования поддержаны грантом Программы МКБ Президиума РАН №12-П-4-1013, грантами РФФИ №13-04-96039, РФФИ-Урал №14-04-96031, грантом Президиума УрО РАН для молодых ученых 14-4-НП-126.

THE ROLE OF THIOL REDOX SYSTEMS AT THE ANTIBIOTIC TREATMENT OF BACTERIA ESCHERICHIA COLI UNDER THE ACTION OF EXTREME TEMPERATURES

E. V. LEPEKHINA, G. V. SMIRNOVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. We have shown that at 37 °С mutants of the genes *gor*, *trxA* and *trxB* grew with a lower rate, while the *gshA* mutant grew with a higher rate than the wild-type cells. The study of dependence of the wild-type bacteria susceptibility to various antibiotics (ciprofloxacin, ampicillin and streptomycin) on the culture temperature revealed a characteristic V-shape curve with a maximum of susceptibility at 40 °С. This dependence was preserved in the mutants tested, however, some changes related to the type of mutation and antibiotic were observed.

БИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИТРИЛУТИЛИЗИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

А. В. МАКСИМОВА, М. В. КУЗНЕЦОВА, И. Л. МАСЛЕННИКОВА

Институт экологии и генетики УрО РАН, Пермь

E-mail: nuta-max@ya.ru

Микроорганизмы, конвертирующие органические вещества антропогенного происхождения, концентрируются и подвергаются естественной селекции в очистных сооружениях предприятий, а также в загрязненных почвах, местах складирования и использования этих соединений, что вызывает изменения в видовом составе комплекса почвенных бактерий [4, 7].

В настоящий момент для оценки токсичности сложных почвенных сред используют в основном два подхода: химический анализ компонентов среды и биотестирование. В первом случае определяется ПДК токсического вещества, во втором – контролируется влияние токсичности среды на различные параметры жизнедеятельности (летальный исход, скорость роста, интенсивность дыхания или другие метаболические процессы) различных организмов. Биотесты на основе биолюминесценции дают количественную оценку токсичности и широко используются для выявления экотоксических свойств воды, экстрактов почв и отходов [2, 6]. Учитывая, что содержание цианидов/нитрилов является одним из важных показателей для комплексной характеристики почвы, можно полагать, что бактерии, конвертирующие данные вещества, могут быть одним из индикаторов, эффективно диагностирующих общее загрязнение почвы.

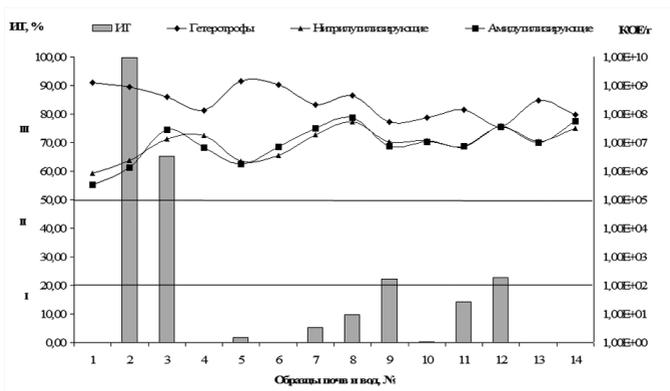
Целью работы являлась оценка возможности использования нитрилутилизирующих микроорганизмов в качестве биоиндикаторов загрязнения почвенной среды.

Общее количество гетеротрофных бактерий в исследуемых почвах определяли путем прямого посева на питательные агаризованные среды, количество нитрил-, амид- и альдоксимутилизирующих бактерий – путем посева на селективную минимальную солевую среду с 10 мМ ацетонитрилом, ацетамидом или 2,5 мМ пропиональдоксимом. Общую токсичность почвы оценивали с использованием биолюминесцентного сенсора «Эколюм-5» (Москва) [1]. Приготовление вытяжек и анализ проводили согласно методическим рекомендациям [3]. Индекс токсичности рассчитывали как $ИТ = 100 \times (I_0 - I) / I_0$, где I_0 и I соответственно интенсивность биолюминесценции контроля и опыта. В случаях, когда интенсивность биолюминесценции в анализируемой пробе была больше, чем в контроле, независимо от величины отрицательного значения ИТ делался вывод об отсутствии токсичности образца. Для статистической обработки данных использовали программу Statistica 5.

Экстракты природных почв не вызывали стимуляцию биолюминесценции. Почвы с промышленных территорий делились на нетоксичные ($ИТ \leq 20$), токсичные ($20 < ИТ \leq 50$) и сильно токсичные ($ИТ > 50$).

В почвах естественной среды обнаружено гораздо меньшее количество нитрилутилизирующих микроорганизмов, чем в почвах промышленных территорий. При этом в ряде природных образцов отмечен высокий процент нитрилконвертирующих бактерий от общего числа гетеротрофов, что, вероятно, связано с нали-

нием сильно развитой ризосферы травянистых растений, являющейся источником фитогенных нитрильных метаболитов. Корреляционной зависимости между нитрилутилизирующими прокариотами и величиной общей токсичности почвы не обнаружено.



Содержание гетеротрофных, нитрил- и амидутилизирующих бактерий в почвах промышленных предприятий (№1–11), водных пробах (№12–14) и индекс токсичности почвы:

I, II, III – уровни токсичности: I – допустимая степень токсичности, II – образец токсичен, III – образец сильно токсичен

Выявлена слабая положительная недостоверная корреляционная зависимость между величиной ИТ и содержанием грамположительных микроорганизмов (коэффициент корреляции Спирмена $R = 0,33$ при уровне значимости $p = 0,32$), т. е. чем выше общая токсичность среды, тем выше их относительное содержание. Это вполне закономерно, так как грамотрицательные микроорганизмы более чувствительны к условиям окружающей среды ввиду строения их клеточной стенки, а грамположительные прокариоты благодаря мощному муреиновому слою способны выдерживать длительное воздействие неблагоприятных факторов. Сильная достоверная положительная связь ($R = 0,85$; $p = 0,001$) обнаружена между нитрил- и амидутилизирующими микроорганизмами. Причем данные группы представлены в большей мере грамположительными микроорганизмами ($R = 0,43$ и $0,46$ соответственно). Это в очередной раз подтверждает наличие у бактерий системы двустадийного гидролиза нитрилов, основанной на последовательном действии нитрилгидратазы и амидазы.

Бактерии рода *Azotobacter* традиционно используются как индикаторы химического загрязнения почвы [5]. В литературе показано, что культура свободно живущих бактерий *Azotobacter* чувствительна к содержанию тяжелых металлов в почве и изменение численности КОЕ можно использовать для индикации загрязнения городских почв. Несмотря на то что нитрилутилизирующие микроорганизмы тоже участвуют в круговороте азота в биосфере, по нашим данным они не могут использоваться индикаторами загрязнения окружающей среды. Вероятно, это связано с узкой специализацией данной группы прокариот.

Литература

1. Данилов В. С., Зарубина А. П., Ерошников Г. Е. [и др.]. Сенсорные биоломинесцентные системы на основе lux-оперонов разных видов люминесцентных бактерий // Вестник МГУ. 2002. № 3. С. 20–24.
2. Кудряшева Н. С., Кратасюк В. А., Есимбекова Е. Н. Физико-химические основы биоломинесцентного анализа: учеб.пособие// Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2002. 154 с.
3. Определение токсичности воды и водных экстрактов из объектов окружающей среды по интенсивности биоломинесценции бактерий: метод. рекомендации. М., 1996. 11 с.
4. Экология микроорганизмов / под ред. А. И. Петрусова. М.: Академия, 2004. 272 с.
5. Gulyas F. et al. Analysis of soil Toxicity using Azotobacter by soil disk method // Proc. World: Abst. Conf. (Amsterdam, Oct. 25–31, 1987). Amsterdam, 1988. P. 753–755.
6. Pandar P. [et all.] Selecting a battery of bioassays for ecotoxicological characterization of wastes // Sci. Total Environ. 2006. Vol. 363 (1–3). P. 114–125.
7. Watanabe I. K., Satoh Y., Enomoto K. Screening, isolation and taxonomical properties of microorganisms having acrylonitrile-hydrating activity // Agric. Biol. Chem. 1987. Vol. 51. P. 3193–3199.

BIOINDICATION OF SOIL SAMPLES BY USING NITRILE-DEGRADING BACTERIA

A. V. MAKSIMOVA, M. V. KUZNETSOVA, I. L. MASLENNIKOVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. The ability to apply a nitrile-degrading bacteria as a bioindicator of environmental pollution was tested. Bioassay based on bioluminescence was used to assess the toxicity. In the soils of the natural environment found far fewer nitrile-degrading microorganisms than in soils of industrial areas. However the correlation between nitrile- degrading prokaryotes and the total toxicity value of this soils was not found.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АСКОМИЦЕТАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. Ю. МИРОНЧЕНКО, О. И. ЗАХАРОВА, А. В. ФИЛИППОВА

Кемеровский государственный университет

E-mail: sasha1977@ngs.ru

Актуальность изучения видового состава аскомицетов Кемеровской области продиктована небольшим количеством информации о них. В основном исследования носят фрагментарный характер. В большинстве случаев внимание уделяется макромицетам – группе высших грибов, имеющих крупные плодовые тела различной формы, доступные для наблюдения невооруженным глазом. Эти грибы являются существенными компонентами различных биогеоценозов и занимают в них определенные экологические ниши. Макромицеты представлены сапротрофами, симбиотрофами и паразитами. Из аскомицетов большая часть является сапротрофами. Разлагая продукты опада и другие растительные остатки, сапротрофные грибы служат естественными санитарами лесов, активно участвуют в создании почвенного плодородия. Симбиотрофы занимают важное место в лесных фитоценозах. Паразитными являются в основном микроскопические грибы. Наряду с сапротрофами и симбиотрофами они играют важную роль в круговороте веществ.

Из первых работ по изучению аскомицетов Кемеровской области можно отметить исследования А. М. Жукова, который приводит данные о нахождении 35 видов дереворазрушающих грибов на Салаире [1, 2]. Н. В. Перова и И. А. Горбунова в своей монографии по макромицетам юга Западной Сибири приводят сведения о 12 видах аскомицетов, обитающих в различных лесах Кемеровской области [9]. Преподавателями и студентами кафедры ботаники Кемеровского государственного университета также проводились исследования по изучению видового состава аскомицетов.

В настоящей работе предпринята попытка обобщить имеющуюся по аскомицетам информацию: [3–6, 8–11] и др., в том числе из дипломных работ (В. В. Гридневой, О. П. Поповой, О. В. Ковалевой, Е. О. Ильиных и др.), а также результаты собственных исследований.

Был составлен список из 166 видов аскомицетов. Подавляющее большинство аскомицетов относится к микроскопическим грибам – более 100 видов. Макромицетов среди сумчатых грибов относительно немного – около 50 видов.

В систематическом отношении на территории Кемеровской области обитают представители 8 классов отдела *Ascomycota*: *Taphrinomycetes*, *Eurotiomycetes*, *Sordariomycetes*, *Dothideomycetes*, *Pezizomycetes*, *Leotiomycetes*, *Lecanoromycetes*, *Erysiphomycetes*. Самыми многочисленными являются классы: *Lecanoromycetes*, *Pezizomycetes*, *Leotiomycetes*. Больше всего представителей насчитывает порядок *Erysiphales* – 22 вида.

Среди аскомицетов сапротрофы являются в основном ксилотрофами (*Daldinia*, *Nectria*, *Bisporella*, *Chlorociboria*, *Scutellinia* и др.) или почвенными сапротрофами (*Otidea*, *Peziza*) – около 30 видов.

Симбиотрофы представлены лишайниками – 46 видов, из них редкими являются – *Leptogium burnetiae* C.W. Dodge, *Lobaria retigera* (Bory) Trevisan, *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC., *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal., *Ramalina asahinana* Zahlbr., *Sticta limbata* (Sm.) Ach., *Tuckneraria laureri* (Krempelh.) Randlane et A. Thell, *Pyxine soreliata* (Ach.) Mont., *Normandina pulchella* (Borner) Nyl.

Видов, образующих микоризу с растениями, всего 1 – это олений трюфель (*Elaphomyces granulatus* Fr). Вид является симбионтом хвойных (ель, сосна), а также некоторых лиственных пород. На территории Кузбасса он является редким и занесен в Красную книгу Кемеровской области [5].

Паразитов среди макромицетов относительно немного, подавляющее большинство является факультативными (*Nectria cinnabarina* (Tode) Fr.), *Tyranis pinastri* Tul.). Среди микромицетов встречаются в основном паразиты – мучнисторосяные, тафриновые, дотидеомицетовые, гипокрейнные, ритисмовые.

Среди них достаточно большое количество видов представляет хозяйственный интерес. Это грибы, которые являются возбудителями различных заболеваний культурных растений, например, антракноза малины (эльсиное), пятнистости листьев земляники и яблони (микросфера и вентурия), гнили плодов и других частей растений (склеротиния и монилия).

Десять видов мучнисторосяных грибов (*Erysiphe lonicerae* DC, *E. penicillata* (Wallr.) Link, *E. berberidis* DC, *Microsphaera aceris* Bunkina, *M. jaczewskii* U. Braun, *Sawadea bicornis* (Wallr.) Homma) паразитируют на различных древесных расте-

ниях, в том числе и на декоративных, таких как клен Гиннала, сирень обыкновенная, барбарис обыкновенный и др. Они значительно снижают жизненный потенциал растений, что отражается на их функциональной роли. В литературе [6] имеются сведения о распространении бурой пятнистости, вызванной конидиальной стадией гриба псевдопещицы (*Pseudopeziza medicaginis* Ps. Trifolii), которая повсеместно поражает многолетние бобовые травы. Некоторые грибы (*Taphrina* sp, *Nectria cinnabarina*, *Claviceps purpurea*, *Epichloe typhina*) являются возбудителями заболеваний не только культурных, но и дикорастущих растений.

Точное количество видов-паразитов пока не установлено ввиду их слабой изученности на территории области.

Проведенный анализ показывает недостаточную изученность группы сумчатых грибов, особенно микромицетов. Сведения, приводимые в данной статье, не являются исчерпывающими. Они могут существенно пополниться при дальнейших исследованиях, а также за счет необработанных материалов, хранящихся в микологической коллекции Гербария кафедры ботаники Кемеровского государственного университета.

Литература

1. Жуков А. М. Дереворазрушающие грибы Приобья // Водоросли, грибы и лишайники юга Сибири. М., 1980. С. 144–183.
2. Жуков А. М. К микрофлоре черневой тайги Салаира // Водоросли, грибы Сибири и Дальнего Востока. Ч. 2 (4). Новосибирск, 1972. С. 166–177.
3. Заушинцева А. В., Тульчинская О. В. Болезни растений: учеб. пособие. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. 59 с.
4. Ковалева О. В. Экологические группы макромицетов Журавлинского бора Кемеровского района // Студент и научно-технический прогресс. Биология. Новосибирск, 2005. С. 154–155.
5. Красная книга Кемеровской области. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Кемерово: Азия принт, 2012. 208 с.
6. Лапшинов Н. А., Пакуль В. Н., Старовойтов А. В. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ. Кемерово: Сиб. отд. РСХА, ГНУ Кемеровский НИИСХ, 2013. 68 с.
7. Миронченко К. Ю., Филиппова А. В. Макромицеты окрестностей д. Гороховка, п. Комсомольск и озера Большой Берчикуль Тисульского района Кемеровской области // Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей. Кемерово: Кемеров. гос. ун-т, 2013. Вып. 14. С. 396–397.
8. Миронченко К. Ю., Филиппова А. В. Пезизовые грибы Кемеровского и Крапивинского районов Кемеровской области // Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей. Кемерово: Кемеров. гос. ун-т, 2014. Вып. 15. С. 84–85.
9. Перова Н. В., Горбунова И. А. Макромицеты юга Западной Сибири. Новосибирск, 2001. 158 с.
10. Филиппова А. В. Деревообитающие грибы лесов Кемеровской области // Материалы международной научной конференции «Растительный мир и его охрана». Алмата, 2012. С. 131–134.
11. Филиппова А. В. Разнообразие макромицетов зеленых насаждений города Кемерово // Современная ботаника в России. Т. 1: Эмбриология. Структурная ботаника. Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Палеоботаника. Биосистематика. Тольятти, 2013. С. 180–181.

SOME INFORMATION ON ASCOMYCETES KEMEROVO REGION

K. Yu. MIRONCHENKO, O. I. ZACHAROVA, A. V. FILIPPOVA

Kemerovo State University, Kemerovo

Summary. Records of Ascomycetes Kemerovo region is not enough isohanni. On the basis of literature data and own research compiled a list of the 166 species 8 classes Department records of Ascomycetes. Dominated by phytopathogenic fungi, parasites, mushrooms are saprotrophs. The list is not full. It is necessary to conduct further research.

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Н. Б. Мирошник, Н. С. Каримова

Казанский федеральный университет

E-mail: tashaa777@mail.ru

Свободные радикалы, образующиеся при неблагоприятных воздействиях, способствуют развитию различных патологий и преждевременному старению организма. В связи с этим в настоящее время ведется активный поиск природных антиоксидантов (АО) с целью использования их в профилактике и терапии многих заболеваний.

Целью данной работы явилось исследование антирадикальной активности промышленных бактериальных заквасок и медицинского препарата «Лактобактерин».

Объектом исследования служили бактериальные закваски CHR Hansen «Safe Pro B-LC-20» (состав: *Pediococcus acidilactici*); CHR «Bactoferm F-SC-111» (состав: *Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus curvatus* HJS); SC Haller «Старт Стар» (состав: *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus carnosus*); Danisco «Texel DCM-1» (состав: *Staphylococcus carnosus* и *Staphylococcus xylosus*) и медицинский препарат «Лактобактерин» (состав: *Lactobacillus plantarum* 8P-A3, *Lactobacillus fermentum* 90T-C4). Антирадикальную активность определяли по методу Главинда по ингибированию радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила (ДФПГ). Были исследованы культуральная жидкость, интактные клетки в фосфатном буфере и супернатант лизата клеток.

В результате исследования было установлено, что молочнокислые бактерии, входящие в состав промышленных заквасок CHR Hansen «Safe Pro B-LC-20», CHR «Bactoferm F-SC-111», SC Haller «Старт Стар», Danisco «Texel DCM-1» и медицинского препарата «Лактобактерин», обладают антирадикальной активностью, что проявляется в ингибировании свободных радикалов ДФПГ.

Культуральная жидкость заквасок ингибируют свободные радикалы ДФПГ на 90–92% у 6-часовых культур и на 78–86% у 24-часовых культур. Интактные клетки заквасок ингибируют свободные радикалы ДФПГ на 17–21% у 6-часовых культур и на 14–24% у 24-часовых культур. Супернатант лизата клеток 6-часовых культур заквасок проявляет слабовыраженные антирадикальные свойства и лишь незначительно снижает оптическую плотность ДФПГ. Антирадикальная активность супернатанта лизата клеток 24-часовых культур составляет 32–38%.

Таким образом, антирадикальная активность исследованных бактериальных заквасок зависит от возраста культуры. Культуральная жидкость всех исследованных заквасок проявляет наивысшую антирадикальную активность в экспоненциальную фазу роста, а супернатант лизата клеток – в стационарную фазу роста бактериальных культур.

ANTIRADICALACTIVITY OF BACTERIAL STARTERS USED FOR THE MANUFACTURE OF MEAT PRODUCTS

N. B. MIROSHNIK, N. S. KARAMOVA

Kazan Federal University, Kazan

Summary. Free radicals contribute to the development of various pathologies, and premature aging of the organism. The aim of this work was to study the anti-radical activity of industrial bacterial starter cultures and medical drug. The study established that the lactic acid bacteria belonging to the industrial starter cultures have the antiradical activity, which results in the inhibition of free radical DPPH.

ВЛИЯНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЭКОТОКСИКАНТА ДРОТАВЕРИНА ГИДРОХЛОРИДА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК *R. RHODOCHROUS* ИЭГМ 647

А. Н. Мухутдинова, И. О. Коршунова

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: annamukhutdinova@ya.ru

Обнаружение в объектах окружающей среды фармацевтических соединений – существенная экологическая проблема [4]. Данные соединения считаются микрополлютантами. Однако будучи высокостабильными биологически активными веществами, они способны в исключительно низких концентрациях влиять на деятельность макро- и микроорганизмов. Вопросы воздействия низких концентраций лекарственных соединений на человека и позвоночных животных интенсивно изучаются, появились работы в отношении растений [1, 2]. Однако эти вопросы практически не исследованы в отношении микроорганизмов, при контакте с которыми осуществляется детоксикация фармполлютантов в окружающей среде.

Одним из устойчивых фармацевтических экотоксикантов является дротаверина гидрохлорид ($C_{24}H_{31}NO_4$, CAS 985-12-6) – азотсодержащее гетероциклическое соединение с выраженным спазмолитическим, миотропным и сосудорасширяющим действием. Ранее описано эффективное разложение дротаверина с использованием родококков, при этом значимую роль в процессе биодеструкции играло присутствие в инкубационной среде глюкозы [3]. Важным параметром, характеризующим состояние бактериальной популяции при контакте с токсичным соединением, является морфология бактериальных клеток. Цель настоящей работы – изучение особенностей морфологических изменений родококков в присутствии дротаверина.

В работе использовали штамм *R. rhodochrous* ИЭГМ 647 – активный биодеструктор дротаверина из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним коллекции ИЭГМ, номер 768 во Всемирной

федерации коллекции культур, www.iegmr.ru/iegmc/strains). Родококки параллельно выращивали в мясопептонном бульоне (МПБ, Оболенск, Россия) и минеральной среде RS [3] в присутствии дротаверина (20 мг/л) в качестве единственного источника углерода и при дополнительном внесении глюкозы (5 г/л). Морфологию и рельеф клеток исследовали с помощью атомно-силового микроскопа Asylum MFP-3D (Asylum Research, США) на базе *Rhodococcus*-центра Пермского государственного национального исследовательского университета. Бактериальные клетки центрифугировали при 3000 об. в течение 15 мин и дважды отмывали 50 мМ К-На фосфатным буфером (рН 7,0), ресуспендировали в том же растворе (ОП₆₀₀ 0,5–0,7). Клеточную суспензию наносили на предметное стекло, высушивали на воздухе при комнатной температуре. Сканирование препаратов проводили в полуконтактном режиме на воздухе с использованием кремниевого кантилевера AC240TS с резонансной частотой 50–90 кГц и константой жесткости 0,5–4,4 N/m. Количественный морфометрический анализ АСМ-изображений проводили с помощью штатного программного обеспечения микроскопа IgorPro 6,22A (WaveMetrics).

По нашим данным, родококки в МПБ росли автономно, формируя удлиненные ($2,47 \pm 0,14$ нм) палочки с закругленными концами с относительно гладкой клеточной поверхностью с малоразвитым рельефом (среднеквадратичная шероховатость составляла $141,9 \pm 5,20$ нм). В присутствии дротаверина обнаружены клетки более округлой ($2,02 \pm 0,11$ нм) формы с выраженной шероховатостью ($156,2 \pm 3,12 - 164,3 \pm 7,60$ нм) клеточной поверхности.

В данных условиях отмечалось отслоение клеточной оболочки и излитие внутриклеточного содержимого во внешнюю среду. Выявленное повреждение клеточной стенки, по-видимому, косвенно свидетельствует о выраженной токсичности фармацевтического экотоксиканта. Характерной особенностью роста родококков в присутствии дротаверина и глюкозы является формирование компактных клеточных агрегатов, насчитывающих до десяти и более жизнеспособных коковидных клеток. По-видимому, нахождение клеток в составе агрегатов позволяет популяции адаптироваться к условиям, при которых одиночные клетки не способны к биодegradации дротаверина.

Литература

1. Bessems J. G., Vermeulen N. P. Paracetamol (acetaminophen)-induced toxicity: molecular and biochemical mechanisms, analogues and protective approaches // Crit. Rev. Toxicol. Vol. 1(1). P. 55–138.
2. Du L., Liu W. Occurrence, fate and ecotoxicity of antibiotics in agro-ecosystems // Agron. Sustain. Dev. 2012. Vol. 32. P. 309–327.
3. Ivshina I. B., Vikhareva E. V., Richkova M. I., Mukhutdinova A. N., Karpenko Ju. N. Biodegradation of drotaverine hydrochloride by free and immobilized cells of *Rhodococcus rhodochrous* IEGM 608 // World J. Microbiol. Biotechnol. 2012. Vol. 28 (10). P. 2997–3006.
4. Kolpin D. W., Furlong E. T., Meyer M. T., Thurman E. M., Zaugg S. D., Barber L. B., Buxton H.T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999–2000: a national reconnaissance // Environ. Sci. Technol. 2002. Vol. 36 (6). P. 1202–1211.

THE INFLUENCE OF THE PHARMA ECOTOXICANT DROTAVERINE HYDROCHLORIDE ON MORPHOLOGY OF *R. RHODOCOCCUS* IEGM 647 CELLS

A. N. MUKHUTDINOVA, I. O. KORSHUNOVA

*Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm*

Summary. Using atomic force microscopy (AFM), the morphology of *R. rhodochrous* IEGM 647 was studied in the presence of a pharma ecotoxificant drotaverine hydrochloride. The increased roughness and damage of *Rhodococcus* cell wall were observed in the presence of drotaverine hydrochloride as the sole carbon source. Rhodococci had a tendency to aggregate in the presence of drotaverine and glucose as a co-substrate.

ДРОЖЖИ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* – БИОСЕНСОР ИЗМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

A. A. НАЗАРОВ, М. И. ОТРАДНОВА, С. М. РОГАЧЕВА

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

E-mail: smro13@land.ru, risavalasava@yandex.ru

На сегодняшний день собран большой фактический материал о влиянии космической погоды (космофизических факторов) на биологические процессы. Статистическая обработка огромного массива информации подчеркивает высокую степень достоверности этих явлений, однако вопросы природы и механизма действия этих факторов остаются малоизученными. Микроорганизмы являются прекрасным объектом исследования этих влияний, поскольку обладают высокой чувствительностью к изменениям окружающей среды, участвуют практически во всех процессах, проходящих в биосфере, и могут рассматриваться как относительно простая модель выяснения механизмов влияния космофизических факторов на биологические системы [1, 3]. В настоящей работе для выявления связи между биологическими и космофизическими ритмами использовались клетки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Выбор данной культуры в качестве биосенсора слабоинтенсивных сигналов обусловлен способностью клеток реагировать на гелиогеофизические возмущения изменением цвета специфических структурно-морфологических образований протоплазмы – полифосфатных гранул при окрашивании метиленовым синим. Данное явление (эффект Чижевского – Вельховеера) называют метахромазией [2, 5]. И. С. Кулаев и соавт. [4] объясняют реакцию метахромазии способностью молекул красителя, связываясь с молекулами полифосфатов, приобретать увеличенную способность к димеризации, что и приводит к изменению спектра поглощения красителя. Эти взаимодействия зависят от длины цепи и конформации полифосфатов. Возможно, магнитное поле влияет на состояние и структуру внутриклеточной водной компоненты, на ионные взаимодействия, что приводит к изменению конформации полифосфатов и при окрашивании реализуется в изменении окраски.

Эксперимент проводился в течение марта – апреля 2011, 2012 гг. с использованием культуры *S. cerevisiae*, ежедневно облучаемой ММ-волнами; культуры,

облучаемой однократно за сутки до приготовления мазка; контрольного образца – дрожжей, не подвергшихся действию ЭМИ. Ежедневно производился последовательный пересев культур на стандартные среды с приготовлением мазков, которые окрашивали метиленовым синим. Облучение клеток проводили в течение 30 минут в режиме непрерывной генерации ЭМИ с частотой 65 ГГц (120 мкВт/см²) на расстоянии 15 см, используя генератор Г4-142. С помощью микроскопа «Биомед-6» определяли цвет воллотиновых гранул («тип 1» – синего цвета; «тип 2» – сине-фиолетового цвета; «тип 3» – фиолетово-красного цвета). Магнитную возмущенность оценивали по значению Кр-индекса.

Установлено, что у клеток, не подвергавшихся воздействию ЭМИ, в период слабозвозмущенной геомагнитной обстановки наблюдался первый или второй тип окрашивания; третий тип окрашивания фиксировался, как правило, на второй-третий день после проявления магнитной возмущенности или между пиками магнитной возмущенности при краткосрочном их чередовании. Клетки, однократно облученные ЭМИ, окрашивались так же, как контрольные. У клеток, подвергшихся многократному воздействию ММ-излучения, третий тип окрашивания вообще не проявлялся, т. е. они не реагировали на магнитные бури.

На наш взгляд, полученные результаты свидетельствуют о единой для гелиогеофизических факторов и ММ-излучения мишени воздействия – внутриклеточной водной компоненте. Согласно доменно-кластерной модели [6] внутриклеточная среда представляет собой упорядоченную структуру пространственно совместимых макромолекул с гидратными оболочками размером 3–4 нм; вода внутри клетки организована в кластеры и обладает низкой энтропией. Гидратированные «суперструктуры» более стабильны, чем их составляющие, и их отклик на гелиогеомагнитные возмущения, видимо, связан с «крупномасштабными силами, действующими в растворителе» [6]. Возможно, ЭМИ разрушает водные кластеры, повышая энтропию молекул воды внутри клеток, что приводит к беспорядочным флуктуациям полифосфатов. Полифосфаты перестают реагировать на гелиогеофизические факторы, поскольку изменяется размер и энергия гидратированных полифосфатных «суперструктур»: чем более структурирована водная система, тем лучшим проводником сигналов она является. Увеличение энтропии может препятствовать конформационным переходам молекул полифосфатов под действием гелиогеомагнитных факторов, поэтому мы наблюдаем разные типы окрашивания воллотиновых гранул у клеток, облученных и необлученных ММ-волнами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант Укр_а 14-02-90424 «Роль нормальных и экстремальных гелиогеофизических процессов в эволюции биосферы»).

Литература

1. Биотропное воздействие космической погоды (по материалам российско-украинского мониторинга «Гелиомед» 2003-2010) / под ред. М. В. Рагульской. М.; Киев; СПб: ВВМ, 2010. 312 с.
2. Вельховер С. Т. Годовой ход метахромазии воллутинина коринебактериальной клетки // Микробиология. 1936. Т. 15V. Вып. 5. С. 731–736.

3. Громозова Е. Н., Григорьев П. Е., Качур Т. Л., Войчук С. И. Влияние космофизических факторов на реакцию метахромазии волотиновых гранул *Saccharomyces cerevisiae* // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 2. С. 67–76.

4. Кулаев И. С., Вагабов В. М., Кулаковская Т. В. Высокомолекулярные неорганические полифосфаты: биохимия, клеточная биология, биотехнология. М.: Научный мир, 2005. 216 с.

5. Чижевский А. Л. Некоторые микроорганизмы как индикаторы солнечной активности и предвестники солнечных вспышек // Авиационная и космическая медицина: сб. М.: Медицина, 1963. С.485–487.

6. Уоттерсон Д. Г. Роль воды в функции клетки // Биофизика. 1991. Т. 36. Вып. 1. С. 5–30.

SACCHAROMYCES CEREVISIAE IS BIOSENSOR OF SPACE WEATHER VARIATION

A. A. NAZAROV, M. I. OTRADNOVA, S. M. ROGACHEVA

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov

Summary. The isolated and combined effect of heliogeophysical factors and low intensive electromagnetic radiation of millimeter diapason at the metachromasia reaction of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* was studied. It was established that long-term influence of EMR 65 GHz induced changes in the response of cells towards heliogeomagnetic disturbance. On our opinion millimeter waves may reduce the effect of heliogeophysical factors on living organisms owing to destabilization of the intracellular water structure.

СИМБИОТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ *TRICHAPTUM PARGAMENUM* (FR.) GUNN И ВОДРОСЛЕЙ

Н. В. НЕУСТРОЕВА

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: Neustroeva@ipae.uran.ru

Симбиоз – фундаментальное, эволюционно и биосферно значимое явление. Ввиду этого актуально изучение структурно-функциональной организации альго-грибных симбиотических ассоциаций и их значения в экологии ксилотрофных базидиомицетов.

В ходе наших исследований более чем для 20 видов грибов было выявлено наличие симбиотических ассоциаций различных вариантов – от типично эпифитного взаимодействия до глубокого проникновения водорослевых клеток вглубь плодового тела. В качестве объекта исследования был выбран *Trichaptum pargamenum* – один из наиболее массово и часто заселяемых фотобионтами видов. Сбор материала для изучения производился на территории Свердловской области в летне-осенний период 2012–2014 гг. Собранные образцы были изучены при помощи световой и электронной микроскопии.

По своей экологии фотобионты *T. pargamenum* относятся к лихенофильным и к аэрофильным эпифитным видам, развиваются преимущественно между щетинками на поверхности плодовых тел и, в меньшей степени, в контексте. Клетки водорослей гетерогенны по форме (от коккоидных до широкоовальных) и размеру (от 3×4 до 5×7 мкм), что объясняется присутствием разных видов водорослей и

нахождением их на разных стадиях жизненного цикла. Распределение водорослевых клеток по поверхности базидиомицетов не равномерно – от края плодового тела, как правило не заселенного фотобионтами, в направлении основания идет постепенное увеличение численности клеток водорослей.

Мы предполагаем, что процесс проникновения фотобионтов сочетает в себе два механизма: распространение симбионтов по вертикали (структура верхней части контекста достаточно рыхлая для проникновения симбионтов вглубь плодового тела: фотобионтов можно обнаружить до 3–4 мм вниз от поверхности) и горизонтали (в процессе роста гриба гифами могут захватываться и продвигаться клетки водорослей).

В среднем из 10 образцов *T. parganenum* на двух неочевидно присутствие водорослей. Интенсивность заселения фотобионтами варьирует в пределах образца, состоящего из нескольких плодовых тел.

Взаимоотношения водорослей-симбионтов с дереворазрушающими грибами можно охарактеризовать как взаимовыгодные: водоросли получают некоторую защиту от повышенной инсоляции, доступ к воде и диоксиду углерода, образующимся при грибном дыхании, а грибы – дополнительный источник углеродного питания.

Описываемый симбиоз ксилотрофных базидиомицетов и водорослей, как мы считаем, нельзя отнести к категории лишайниковых, так как последние являются стабильными и самовоспроизводящимися симбиотическими ассоциациями, а в нашем случае и грибы, и водоросли не связаны друг с другом облигатными взаимоотношениями. Это свидетельствует о том, что симбиоз ксилотрофных грибов с водорослями не облигатного, а факультативного характера и, возможно, его можно определить как ассоциативный – многокомпонентная система, включающая хозяина в качестве макропартнера, стабильного доминантного микросимбионта и ассоциированных с ними микросимбионтов [1]. В этом случае дереворазрушающий гриб – хозяин-макропартнер, основной вид водорослей – стабильный доминантный микросимбионт, а сопутствующие ему водоросли – ассоциированные микросимбионты.

В одних из последних исследований [2] для сумчатых грибов и водорослей показано, что облигатный мутуализм между ними может сложиться мгновенно, при изменениях среды, делающих виды взаимозависимыми. Возможно исследуемый нами симбиоз ксилотрофных базидиомицетов и водорослей, аналогичен наблюдаемому в экспериментах для сумчатых грибов [2] и формируется лишь с некоторой вероятностью.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-00684).

Литература

1. Бухарин О. В., Лобакова Е. С., Немцева Н. В., Черкасов С. В. Ассоциативный симбиоз. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 264 с.
2. Hom E. F. Y., Murray A. W. Niche engineering demonstrates a latent capacity for fungal-algal mutualism // Science. 2014. Vol. 345, № 6192. P. 94–98.

**SYMBIOTIC ASSOCIATION XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES
TRICHAPTUM PARGAMENUM (FR.) GUNN AND BLOOMS**

N. V. NEUSTROEVA

*Institute of Plant and Animal Ecology,
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg*

Summary. The paper presents an attempt to analyze the structural and functional organization of the algo-fungal symbiotic associations and their importance in ecology xylotrophic basidiomycetes.

**ИЗУЧЕНИЕ И ОТБОР ШТАММОВ МЕЗОФИЛЬНЫХ ЛАКТОКОККОВ,
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ БАКТЕРИАЛЬНЫХ
ЗАКВАСОК ДЛЯ СЫРОВ**

Т. Н. ОРЛОВА, А. Н. ИРКИТОВА

*Алтайский государственный университет,
СибНИИС Россельхозакадемии, Барнаул
E-mail: tanechka_orlova_92@mail.ru*

Алтайский край издавна считается краем развитого сыроделия. Сегодня объемы и ассортимент производимых здесь сыров превышают показатели других регионов [3]. Спрос на этот продукт регулярный и в последнее время только растет.

Сыроделие принадлежит к числу производств, в которых микробиологические процессы играют важнейшую роль [1]. В настоящее время существует проблема использования полифункциональных бактериальных заквасок (БЗ), что приводит к тому, что до потребителя доходит сыр более низкого качества. Кроме того, микрофлора БЗ имеет тенденцию терять со временем свою активность. Поэтому очень важно постоянно заниматься выделением новых активных штаммов кисломолочных бактерий, перспективных для включения в состав бактериальных заквасок с учетом регламентированных свойств конкретно для каждого вида сыра. Главной заквасочной группой микроорганизмов в сыроделии являются мезофильные лактококки. В связи с этим были поставлены следующие цели и задачи.

Цель: подобрать композицию мезофильных лактококков для включения в состав бактериальной закваски для сыров.

Задачи:

- 1) отобрать наиболее активные коллекционные штаммы;
- 2) выделить штаммы лактококков из природных источников;
- 3) составить и оценить технологически ценные свойства бактериальных композиций.

Объектами исследования в данной работе были культуры мезофильных лактококков из коллекции лаборатории микробиологии СибНИИ сыроделия Россельхозакадемии: *L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*, *L. lactis* ssp. *diacetylactis*, *Leuconotoc*.

Для работы с микроорганизмами использовали стандартные питательные среды и методы микробиологического анализа [2].

За период исследования всего было изучено 149 коллекционных штаммов, относящихся к четырем видам. Из *L. lactis* исследовано 77 штаммов. Штаммы были поделены на 3 группы по предельной кислотности и по времени образова-

ния сгустка. Большую часть составили сильные штаммы (более 60 %). Для дальнейших исследований было отобрано 5 штаммов *L. lactis*.

Из *L. diacetylactis* было исследовано 52 штамма на способность к газо- и ароматообразованию. В итоге штаммы были поделены на 5 групп, из которых было отобрано 3 штамма *L. diacetylactis*.

Из *Leuconostoc* было исследовано 6 штаммов также на газо- и ароматообразование. Здесь самую большую группу составили сильные газообразователи – 4 штамма (66,67 %). По ароматообразованию данные штаммы показали слабый результат. В результате было отобрано 3 штамма *Leuconostoc*.

Коллекционные штаммы *L. cremoris* были исследованы только на активность ароматообразования. 21,43 % проявили себя как ароматики средней активности (время окрашивания КОН 11–15 минут) и 21,43 % как слабые ароматики (16–20 минут). В результате для дальнейшей работы было отобрано 3 штамма *L. cremoris*.

Сравнив полученные результаты, следует отметить, что наибольшей способностью к газообразованию обладают штаммы *Leuconostoc*, а наибольшей способностью к ароматообразованию – штаммы *L. diacetylactis*.

Таким образом, из 149 исследованных коллекционных штаммов для дальнейшей работы были отобраны 14 штаммов, обладающих наиболее сильными технологически ценными свойствами.

Из всех 14 штаммов было составлено 15 модельных микробных композиций с целью проверить сохранение этих свойств при взаимодействии штаммов между собой. В итоге были отобраны три наиболее активные композиции.

Кроме того, при сравнении ценных свойств штаммов по отдельности и в композиции выявлено, что активность штаммов в композиции намного выше.

Дополнительно нами были выделены штаммы из природных источников: 2 штамма *L. lactis* и 1 штамм *L. diacetylactis* из сырого коровьего молока, 1 штамм *L. cremoris* из коммерческого препарата. Для дальнейшей работы, с целью повышения показателей газо- и ароматообразования в композициях БЗ, были отобраны *L. cremoris* и 3 образца *L. diacetylactis* (под номерами № 10, 11, 13).

На заключительном этапе исследований три отобранные композиции из коллекционных штаммов дополнили выделенными штаммами. Всего у нас получилось девять новых композиций БЗ. После образования сгустка каждая из композиций была проверена на технологически ценные свойства: активную кислотность, титруемую кислотность, газо- и ароматообразующую активность.

Из 9 композиций была отобрана одна наиболее активная композиция. Было проведено сравнение по газообразующей и ароматообразующей активности между собой двух образцов: полученной композиции БЗ и готового коммерческого препарата, широко используемого в молочной промышленности (см. табл).

Таблица 1
Технологически ценные свойства полученной микробной композиции и коммерческой БЗ

Композиция БК	Газообразование, см	Ароматообразование, мин
Опытный образец	3,2±0,05	5±0,57
Коммерческий препарат	2,8±0,05	5±0,57

Таким образом, в результате наших исследований выявлено, что активность штаммов в композиции значительно выше, чем одиночных штаммов, а также получена композиция БЗ, которая по технологически ценным свойствам не уступает готовому коммерческому препарату.

Проведенные эксперименты можно считать установочными, в дальнейшем исследования в данном направлении будут продолжены.

Литература

1. Борисова Г. В., Ожиганова Е. В., Бурыкина Т. П. Закваски для кисломолочных продуктов: классификация, характеристики, качество // Молочная промышленность. 2008. № 6. С. 73.
2. МР 2.3.2.2327-08. Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности. Барнаул: ГНУ ВНИИМС, 2008. С. 22– 31, 51–53.
3. Соловьева Н. И. Алтайский край – регион элитного сыроделия // Сыроделие и маслоделие. 2007. № 3. С. 17.

THE STUDY AND SELECTION OF STRAINS OF MESOPHILIC LACTOCOCCAL PROMISING FOR INCLUSION IN THE COMPOSITION OF BACTERIAL FERMENTS FOR CHEESE

T. N. ORLOVA, A. N. IRKITOVA

Altai State Universiti, Siberian Scientific-Research Institute of Cheesemaking, RAAS, Barnaul

Summary. Results of researches on studying technologically valuable properties collection strains of mesophilic lactococcal from the collection of the laboratory of Microbiology of Research cheese production, RAAS. Selected new strains of raw cow's milk, as well as from commercial product. Composed songs bacterially sourdough and selected the most promising.

НАНОКОМПОЗИТЫ КАК АГЕНТЫ ДОСТАВКИ ВЕЩЕСТВ В БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ

А. И. ПЕРФИЛЬЕВА, А. В. ПАПКИНА

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

E-mail: alla.light@mail.ru

В настоящее время в сфере биологических наук активно изучаются наноматериалы. Большой интерес вызывают наноконпозиты, представляющие собой наночастицы (например, токсичные частицы селена, серебра), помещенные в матрицу, часто углеводной природы. Такое сочетание материалов удобно в использовании, так как токсичные частицы плотно упакованы безвредным полисахаридом и высвобождаются только после его расщепления. Предположительно наноконпозиты могут оказывать бактерицидное действие и при этом оставаться не токсичными для организма-хозяина, что обуславливает перспективность их исследования.

В настоящей работе нами был исследован на бактерии рода *Clavibacter* эффект различных наноконпозитов: 1) наноконпозиты селена, упакованные в арабиногалактановую матрицу – с содержанием селена 1,23 и 3,4 %; 2) наноконпозиты серебра, упакованные в арабиногалактановую матрицу – с содержанием серебра 2,9 и 4,7 %; 3) наноконпозиты серебра, упакованные в гуминовые кислоты –

с содержанием серебра 12 %. Используемые нанокompозиты были разработаны и синтезированы в Иркутском институте органической химии им. А. Е. Фаворского СО РАН.

Проведенные эксперименты показали наличие бактерицидного эффекта всех исследуемых селенсодержащих и серебросодержащих нанокompозитов. Обработка этими веществами вызывала снижение жизнеспособности бактерий, что было выявлено с использованием метода микробиологических высевов. Результаты просвечивающей микроскопии показали изменение морфологии клеток бактерий после инкубации с нанокompозитами, что может быть связано с изменением мембранной проницаемости у них. Показано отсутствие негативного эффекта нанокompозитов на рост и развитие растений картофеля *in vitro*. Таким образом, нанокompозиты интересны для дальнейшего исследования благодаря их способности «точной» доставки веществ в бактериальную клетку.

NANOCOMPOSITE AS AGENTS OF DELIVERY OF SUBSTANCES IN BACTERIAL CELLS

A. I. PERFILEVA, A. V. PAPKINA

*Siberian institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences, Irkutsk*

Summary. Different types of nanocomposites of elemental selenium / silver with arabinogalactan / humic acids matrix are probed. Their bactericidal effect on a genus *Clavibacter* bacterium is shown. Allegedly, the bactericidal effect is connected to violation of membrane permeability of cells of bacteria. On potatoes plants nanocomposites didn't render negative effect.

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ПЕРОКСИДАЗЫ ФЕНОЛОКСИДАЗНОГО КОМПЛЕКСА АЗОСПИРИЛЛ

С. В. ПЕТРОВ¹, М. А. КУПРЯШИНА²

¹Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов
E-mail: petrov.s.v.999@mail.ru

На сегодняшний день по-прежнему актуальна проблема адаптации почвенных бактерий, в том числе и diaзотрофов рода *Azospirillum*, к условиям ризосферы. Известно, что в прикорневой зоне аккумулируется широкий спектр физиологически активных веществ, в том числе и фенольных соединений, представленных вторичными метаболитами растений, а также веществами, образующимися при разрушении лигниноподобных соединений. Ароматические вещества являются наиболее распространенными токсинами, участвующими в защитных реакциях растений на атаку микроорганизмов. Вероятнее всего, азоспириллам необходимы некие механизмы, позволяющие преодолевать фенольный барьер, возникающий при становлении взаимоотношений с растением-хозяином. Основываясь на сообщениях о способности данных бактерий к продукции фенолоксиляющих ферментов, мы предположили, что азоспириллы также способны и к продукции неспецифических внеклеточных пероксидаз, подобных ферментам лигнинолитического комплекса грибов. Учитывая, что пероксидазы данного комплекса (лигнин- и Mn-пероксидаза) грибов способны окислять многие ароматические,

гетероциклические и хлорорганические вещества [1], вероятнее всего, продукция азоспириллами данных внеклеточных неспецифических ферментов может быть связана с механизмами адаптации, повышающими выживаемость, конкурентоспособность бактерий в ризосфере.

В связи с вышеизложенным целью нашей работы явилось исследование способности типовых штаммов нескольких видов бактерий рода *Azospirillum* к продукции внеклеточных лигнин- и Mn-пероксидаз, а также к окислению спектра ароматических соединений.

На первом этапе работы на примере эндофитного и эпифитного штаммов *Azospirillum brasilense* исследовали способность азоспирилл к окислению 2,6-диметоксифенола и пирокатехина – веществ, активно участвующих в ингибировании микроорганизмов при атаке растения-хозяина; кверцетина, феруловой кислоты – наиболее распространенных вторичных метаболитов растений, а также сиригальдазина и АБТС, являющихся специфическими субстратами фенолоксидаз. В жидкую малатно-солевую среду культивирования вносились ароматические соединения в следующем диапазоне концентраций: 0,1, 0,5 и 1,0 мМ. Установлено, что оба исследуемых штамма способны окислять соединения ароматической природы. Так, уже через восемнадцать часов культивирования отмечался процесс биодegradации внесенных ароматических веществ, о чем свидетельствовало подтверждаемое спектрофотометрически изменение окраски культуральной жидкости, вызванное накоплением продуктов реакции окисления.

На следующем этапе исследования проводили качественное обнаружение продукции азоспириллами специфических пероксидаз при инокуляции корней проростков пшеницы сорта Саратовская-29. С применением просвечивающей световой микроскопии через три недели культивирования на поверхности корня инокулированного растения в зоне бактериальных скоплений детектировали присутствие лигнин- и Mn-пероксидазы. О наличии ферментов судили по качественной окраске специфическими красителями (2,6-диметоксифенола, о-дианизида). При этом штаммовых различий нами отмечено не было. В контрольных образцах, не содержащих бактерий, подобной окраски не наблюдалось. Известно, что образование биопленок и скоплений с аккумуляцией внутри них биологически активных веществ и ферментов является одной из стратегий адаптации бактерий к неблагоприятным условиям [2]. Таким образом, мы косвенно подтвердили наше предположение о протекторной роли внеклеточных пероксидаз в жизнедеятельности азоспирилл.

Логичен вопрос об универсальности продукции Mn- и лигнин-пероксидаз азоспириллами: родоспецифично или, быть может, видоспецифично данное свойство? Для установления степени распространенности продукции неспецифических внеклеточных пероксидаз среди бактерий рода *Azospirillum* проводили скрининг культуральной жидкости типовых штаммов нескольких видов данных бактерий на присутствие внеклеточных лигнин- и Mn-пероксидаз. Для эксперимента были выбраны следующие штаммы: *A. brasilense* Sp245, *A. brasilense* Sp107, *A. irakense* KBC 1, которые являются эндофитными представителями рода, а также *A. brasilense* Sp7, *A. brasilense* SR 80, *A. irakense* KA 3, *A. picis* TAR-3, *A. tiophilum* Bv-S, *A. halopraeferans* 221, *A. doebereineriae* GSF 71, *A. amazonense*

Am 14 (Y1), *A. lipoferum* SR 42, *A. lipoferum* 59b – представляющие собой эпифитные штаммы.

В ходе проведенного исследования впервые установлено, что типовые штаммы бактерий рода *Azospirillum* способны к продукции лигнин- и Mn-пероксидаз. Ни один из исследуемых штаммов не проявлял способности к суперпродукции ферментов, в основном значения удельной активности как лигнин-, так и Mn-пероксидазы варьировали в относительно небольшом диапазоне.

Обнаружено, что максимальной удельной лигнин-пероксидазной активностью с показателем в 194 ед/мг белка обладал штамм *A. brasilense* Sp245, в то время как активность Mn-пероксидазы данного штамма находилась на среднем уровне по сравнению с другими представителями рода. Наибольшее значение активности Mn-пероксидазы отмечалось для штамма *A. lipoferum* 59b. Минимальный показатель активности как Mn-, так и лигнин-пероксидазы регистрировался у штамма *A. doebereineriae* GSF71 и составлял 7,3 и 14,95 % соответственно от максимума активности данных ферментов по всему эксперименту. Остальные штаммы проявляли активность как лигнин- так и Mn-пероксидазы в диапазоне от 30 до 50 % от максимальных значений.

Нам не удалось установить статистически достоверную зависимость продукции данных пероксидаз фенолоксидазного комплекса с эндофитностью либо эпифитностью изучаемых штаммов. Вероятнее всего, наличие как у эндофитных, так и у эпифитных представителей рода *Azospirillum* такой неспецифической внеклеточной ферментной системы предопределяет способность этих микроорганизмов к окислению сложных полифенолов, в том числе и лигнина. Данный факт демонстрирует высокий биотехнологический потенциал азоспирилл, так как лигнин-пероксидаза и Mn-пероксидаза обладают высокой окислительной способностью и могут осуществлять процесс деградации полициклических ароматических соединений, гуминовых кислот, бифенилов и синтетических красителей [3].

Литература

1. Айзенштадт М. А., Боголицын К. Г. Пероксидазное окисление лигнина и его модельных соединений // Химия раст. сырья. 2009. № 2. С. 5–18.
2. Burdman S., Okon Y., Jurkevitch E. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots // Critic. Rev. Microbiol. 2000. Vol. 26, № 2. P. 91–110.
3. Hofrichter M. Review: Lignin conversion by manganese peroxidase (MnP) // Enzyme Microbiol. Technol. 2002. Vol. 30, № 4. P. 454–466.

THE NONSPECIFIC EXTRACELLULAR PEROXIDASES OF PHENOL OXIDASE COMPLEX OF GENUS AZOSPIRILLUM

S. V. PETROV¹, M. A. KUPRYASHINA²

¹ Saratov State University, Saratov

² The Russian Academy of Sciences' Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms (IBPPM RAS), Saratov

Summary. The screening was conducted by the activity of non-specific extracellular lignin peroxidase and manganese peroxidase. Was identify the ability of a number of strains of bacteria of the genus *Azospirillum* to produce lignin peroxidase and manganese peroxidase. Also was found the ability of a number of strains of bacteria of the genus *Azospirillum* to oxidation of number of aromatic substrates. Was found the

accumulation of the investigated enzymes in the area of the bacterial aggregations on the surface of plant roots.

СКРИНИНГ ШТАММОВ ИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ КОЛЛЕКЦИИ АЛКАНОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ДЕЙСТВИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

О. Н. ПИСЦОВА, И. О. КОРШУНОВА

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь
Пермский государственный национальный исследовательский университет
E-mail: kuyukina@iegm.ru, pistsova@gmail.com

Токсичное воздействие органических растворителей на бактериальные клетки приводит к повреждению клеточной оболочки. Актинобактерии рода *Rhodococcus* обладают высокой устойчивостью к углеводородным соединениям и являются актуальным объектом биотехнологических разработок по биотрансформации гидрофобных органических соединений и биоремедиации загрязненных углеводородами сред. Цель работы – выявление коллекционных штаммов родококков, устойчивых к действию органических растворителей, и изучение их морфологических особенностей.

В работе использованы 30 штаммов, принадлежащих к видам *Rhodococcus ruber*, *R. opacus*, *R. rhodochrous*, *R. erythropolis*, *R. fascians*, “*R. longus*”, из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним ИЭГМ, WDCM # 768; www.iegm.ru/iegmcol). В качестве растворителей использовали *n*-гексан, *n*-декан, бутанол-1 и этанол. Инкубацию клеток родококков проводили в парах растворителя и в системе вода-растворитель в концентрации 20, 50 и 80%. Жизнеспособность бактерий определяли методом окрашивания йоднитротетразолия хлоридом (Sigma-Aldrich, США). Выращенные в МПБ и дважды отмытые натрий-фосфатным буфером клетки ресуспендировали в 100 мкл смеси буфер-растворитель до $ОП_{600} = 0,5$ и инкубировали при 28 °С, 1 сут на микропланшетном шейкере-инкубаторе Titramax 1000 (Heidolf-Instruments, Германия). $ОП_{620}$ окрашенной суспензии измеряли на микропланшетном фотометре Multiscan Ascent (Thermo Electron Corporation, Финляндия) с программным обеспечением Ascent Software v.2.6 (Thermo Labsystems, Финляндия). В качестве биотического контроля использовали суспензию клеток без добавления растворителя, в качестве абиотического контроля – чистый растворитель. Визуализацию клеток осуществляли с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Asylum MFP-3D (Asylum Research, США) в полуконтактном режиме на воздухе с использованием кремниевого кантиливера AC240TS с резонансной частотой 50–90 кГц и константной жесткостью 0,5–4,4 Н/м. Определение размеров клеток проводили с помощью программы Igo Pro 6.22A (WaveMetrics, США).

По нашим данным, наиболее высокие показатели устойчивости к гидрофобным растворителям характерны для представителей видов *R. opacus* и *R. ruber*. Так, *R. opacus* ИЭГМ 57 и *R. ruber* ИЭГМ 235 демонстрировали двукратное повышение числа жизнеспособных клеток в присутствии 50 % *n*-гексана и *n*-декана, соответственно. Однако при взаимодействии с гидрофильными растворителями отмечено снижение жизнеспособности данных культур на 46 и 40 % в присут-

ствии 50 % бутанола-1 и этанола соответственно. Полученные данные подтверждают коэффициентом токсичности данных растворителей, обратно пропорциональным показателем средства растворителя к октану или воде $\log P_{o/w}$ [2].

Выявлена зависимость показателей выживаемости родококков от концентрации органического растворителя. Так, при взаимодействии представителей *R. erythropolis* с *n*-деканом наблюдалось постепенное снижение жизнеспособности при повышении концентрации растворителя. Значительное ингибирование (от 30 до 70 %) роста *R. ruber*, *R. opacus*, *R. rhodochrous*, *R. fascians* наблюдалось лишь при 50 % растворителя, и в дальнейшем данный показатель существенно не изменялся. При взаимодействии с *n*-гексаном число живых клеток *R. opacus*, "*R. longus*", *R. erythropolis*, *R. ruber* плавно возрастало с повышением концентрации растворителя от 20 до 50 %, а в дальнейшем происходило снижение жизнеспособности. В присутствии бутанола наблюдалось значительное ингибирование роста всех исследуемых культур уже при 20 % концентрации, 60–80 % снижение жизнеспособности при 50 % и практически полная гибель клеток при 80 % растворителя. Аналогичные закономерности выявлены при воздействии на исследуемые культуры различных концентраций этанола.

Результаты АСМ-сканирования устойчивых к воздействию органических растворителей культур *R. opacus* и *R. ruber* свидетельствуют о том, что при взаимодействии с *n*-деканом, бутанолом и этанолом ширина клеток *R. ruber* ИЭГМ 235 увеличивалась на 0,53, 0,28 и 0,05 мкм соответственно при сохранении постоянной длины. При этом клетки данного штамма имели форму укороченных палочек, соответствующую стационарной фазе роста [1]. Клетки *R. opacus* ИЭГМ 57 в присутствии *n*-гексана имели характерную для экспоненциальной фазы роста форму удлинённых ветвящихся палочек [1] с пониженной на 0,46 мкм шириной по сравнению с контролем. Таким образом, исследуемые родококки демонстрируют различные морфологические приемы адаптации к воздействию органических растворителей.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России 6.1194.2014/К.

Литература

1. Ившина И. Б., Пшеничнов Р. А., Оборин А. А. Пропанокисляющие родококки. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 125 с.
2. Carvalho Carla C. R. de. Adaptation of Rhodococcus to Organic Solvents // Biology of Rhodococcus / ed. H. Alvarez. Berlin: Springer-Verlag, 2010. P. 109–131.

SCREENING OF STRAINS OF REGIONAL SPECIALIZED COLLECTION ALKANOTROPHIC MICROORGANISMS TO RESISTANCE OF ORGANIC SOLVENTS

O. N. PISTSOVA, I. O. KORSHUNOVA

*Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm
Perm State National Research University, Perm*

Summary. Bacterial tolerance and ability to adapt to organic solvents can be of valuable importance in biocatalytic and bioremediation processes. *Rhodococcus* strains have high resistant to hydrocarbon compounds. The studies have shown different ability

to survive and morphological characteristics of cells *Rhodococcus* after reaction with *n*-decane, *n*-hexane, 1-butanol and ethanol.

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЫ НА
БАКТЕРИАЛЬНОЕ СООБЩЕСТВО РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ
МЯТЛИКА ЛУГОВОГО (*POA PRATENSIS* L.), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ
НА ТЕРРИТОРИИ СОЛЕРАЗРАБОТОК
(Г. СОЛИКАМСК, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

А. А. Пьянкова, Е. С. Корсакова

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: anprjankva@mail.ru, Camomille-08@mail.ru

На территории Пермского края при промышленной добыче и переработке солей Верхнекамского месторождения (ВКМ) на поверхности складированы отходы производства в шламохранилищах и галитовых отвалах, содержание хлорида натрия в которых составляет более 90 % [1]. Растворение материала отвалов и вынос солей приводит к засолению почвы, которое, как известно, оказывает сильное негативное действие на высшие растения. Однако к настоящему времени влияние техногенного засоления на ризосферные бактерии изучено недостаточно. Между тем бактерии ризосферы способны влиять на адаптацию ассоциированных с ними растений к стрессовым условиям, в том числе и к засолению [5].

Цель работы – изучение воздействия техногенного засоления на таксономическое разнообразие бактерий ризосферы растений вида мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) на территории промышленных солеразработок ВКМ (г. Соликамск, Пермский край).

Для исследования были отобраны образцы ризосферы растений мятлика лугового (*Poa pratensis* L.), преобладающего в травяном покрове района разработок ВКМ. Пробы отбирали с участков с засоленной почвой в непосредственной близости от солеотвалов СКПРУ-1 и СКПРУ-2 предприятия ОАО «Уралкалий» (г. Соликамск, Пермский край). В качестве контроля были взяты образцы ризосферы растений мятлика лугового с участка без техногенного засоления вблизи Соликамска. Отбор, пробоподготовку и микробиологический анализ ризосферы растений проводили общепринятыми методами [3]. Общую минерализацию почвы определяли согласно [4]. Выделение и учет численности бактерий проводили на агаризованной среде LB [2], разведенной в пять раз, с добавлением NaCl в количестве 10 г/л. Филогенетический анализ полученных изолятов был основан на определении нуклеотидных последовательностей гена 16S рПНК с применением набора реактивов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit на автоматическом секвенаторе Genetic Analyser 3500XL (Applied Biosystems, США). Полученные нуклеотидные последовательности длиной около 800 пн были проанализированы с использованием программ CLUSTAL W, Sequence Scanner v. 1.0. Поиск гомологичных последовательностей проводили в базе данных EzTaxon (<http://www.ezbiocloud.net/eztaxon>).

Почвы, отобранные возле солеотвалов СКПРУ-1 и СКПРУ-2, имели повышенную минерализацию, составляющую 2,4 и 0,6 % соответственно. Контрольная незасоленная почва содержала 0,2 % солей.

Из исследованных образцов ризосферы было выделено 32 морфотипа бактерий, отличающихся морфологией колоний. Установлено, что выделенные штаммы филогенетически близки к бактериям шести классов: *Actinobacteria* (роды *Arthrobacter*, *Kocuria*, *Microbacterium*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*), *Alphaproteobacteria* (роды *Ensifer*, *Rhizobium*), *Betaproteobacteria* (роды *Herbaspirillum*, *Pseudorhodoferax*, *Variovorax*), *Gammaproteobacteria* (роды *Luteimonas*, *Pseudomonas*), *Flavobacteriia* (роды *Chryseobacterium*, *Flavobacterium*) и *Sphingobacteriia* (род *Pedobacter*).

Обнаружено негативное воздействие засоления почвы на численность ризосферных бактерий. Численность бактерий в ризосфере растений, отобранных возле солеотвалов СКПРУ-1 и СКПРУ-2, была меньше в 1,8 и 1,4 раза соответственно, чем в ризосфере растений, произрастающих на почве без засоления. Наиболее существенно уменьшается суммарная численность бактерий классов *Flavobacteriia* – в 3,1 и 29,6 раза, *Sphingobacteriia* – в 21,9 и 108,3 раза, *Alphaproteobacteria* – в 3,4 и 7,5 раза соответственно. Однако при этом в ризосфере растений мятлика, произрастающего на засоленных почвах возле солеотвалов, по сравнению с почвой без засоления обнаружено увеличение общей численности бактерий класса *Actinobacteria* в 2,2 и 3,6 раза соответственно.

Выявлено негативное воздействие техногенного засоления почвы также на биоразнообразие сообщества ризосферных бактерий. Так, если из ризосферы растений, произрастающих на незасоленной почве, были выделены бактерии 21 вида, то из ризосферы растений, растущих вблизи солеотвала СКПРУ-1, – 16, а солеотвала СКПРУ-2 – 15 видов. Индекс Шеннона бактериальных сообществ ризосферы мятлика лугового с незасоленных участков и с площадок вблизи солеотвалов СКПРУ-1 и СКПРУ-2 составлял 3,434, 3,147 и 2,458 соответственно.

Таким образом, установлено, что техногенное засоление почвы негативно влияет на численность и биоразнообразие бактерий ризосферы растений мятлика лугового (*Poa pratensis* L.).

Работа поддержана грантами CRDF Global – УрО РАН (Грант. согл. № RUB2-7100-PE-13) и РФФИ-Урал № 13-04-96048 «Изучение механизмов функционирования микробно-растительных систем в условиях засоления почвы».

Литература

1. Бабошко А. Ю., Бачурин Б. А. Тяжелые металлы в отходах калийной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 5. С. 369–376.
2. Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 1984. 480 с.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.
4. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.
5. Dimkpa C., Weinand T., Asch F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions // Plant Cell and Environment. 2009. Vol. 32. P. 1682–1694.

EFFECT OF TECHNOGENICALLY SALINIZED SOILS ON BACTERIAL COMMUNITY IN RHIZOSPHERE OF *POA PRATENSIS* L. GROWING ON THE SALT DEPOSIT AREA (SOLIKAMSK, PERM KRAI)

A. A. PYANKOVA, E. S. KORSAKOVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm

Summary. In the rhizosphere of *Poa pratensis* L. growing at the industrial salt-mining sites (Solikamsk, Perm Krai) there were identified bacteria of classes *Actinobacteria*, *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Flavobacteria*, and *Sphingobacteria*. Technogenic salinization of soils was found to negatively affect the number and diversity of bacteria in the rhizosphere of *Poa pratensis* L.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ РОДА *LACTOBACILLUS*

З. И. САБИРОВА

Казанский федеральный университет

E-mail: sabirova91@bk.ru

Лактобациллы являются важным компонентом нормальной микрофлоры человека и животных. Кроме того, лактобациллы находят применение в производстве продуктов функционального питания, в сельском и домашнем хозяйстве. В настоящее время получены данные, свидетельствующие об антигенотоксических и антиоксидантных свойствах представителей рода *Lactobacillus*.

Целью настоящей работы явилось исследование антиоксидантной активности представителей рода *Lactobacillus*, применяемых в производстве молочнокислых продуктов.

В работе использованы 6 штаммов лактобацилл, выделенных из кисломолочных продуктов («Простокваша Мечниковская», «Био Баланс», «Actimel», «Ацидофилин», «Наринэ») и препарата «Лактобактерин сухой».

Объектами исследования служили образцы культуральной жидкости, интактных клеток в фосфатном буфере, супернатанта суспензии клеток лактобацилл, разрушенных ультразвуком. Для оценки зависимости антиоксидантной активности от возраста культуры исследуемые образцы готовили на 4-й и 16-й часы культивирования штаммов.

Антиоксидантную активность исследуемых образцов определяли согласно методу Главинда по ингибированию свободных радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила (ДФПГ).

Установлено, что все 6 штаммов рода *Lactobacillus*, исследованные в работе, обладают антиоксидантной активностью. Наивысшая антиоксидантная активность (85 %) обнаружена у культуральной жидкости штамма *Lactobacillus* sp. 10, выделенного из «Простоквашы Мечниковской» (ОАО «Вамин Татарстан»).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что антиоксидантный потенциал штаммов лактобацилл зависит от возраста культуры. Самый высокий процент ингибирования свободных радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила (72–85 %) обнаружен у образцов 16-часовых культур исследованных штаммов лактобацилл.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF LACTIC ACID BACTERIAL STRAINS

Z. I. SABIROVA

Kazan Federal University, Kazan

Summary. The aim of this work was to study the antioxidant activity of 6 lactic acid bacterial strains isolated from fermented milk products («Mechnikovskaya» curdled milk, «Bio Balance», «Actimel», «Acidophilus», «Narine») and preparation «Lactobacterin dried». Antioxidant activity of the samples was determined by 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) radical scavenging assay. It was shown that all 6 lactic acid bacterial strains used in the work possess antioxidant activity. The highest antioxidant activity (85%) was detected for the cell free supernatant of *Lactobacillus* sp. 10, isolated from «Mechnikovskaya» curdled milk.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СТРЕСС-РЕГУЛОНОВ В МОДУЛИРУЮЩИХ ЭФФЕКТАХ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ НА БАКТЕРИАЛЬНЫЕ БИОПЛЕНКИ

З. Ю. САМОЙЛОВА, Н. Г. МУЗЫКА, Г. В. СМИРНОВА, О. Н. ОКТЯБРЬСКИЙ

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: samzu@mail.ru

Ранее нами была показана способность экстрактов некоторых лекарственных растений, зеленого и черного чая модулировать процесс биопленкообразования (БПО) бактерий *E. coli* в присутствии/отсутствии антибиотиков [3]. Обнаружено, что из 18 испытанных экстрактов растений черный чай, *A. uva-ursi* (толокнянка), *V. vitis-idaea* (брусника), *T. cordata* (липа), *B. pendula* (береза) и *Z. mays* (кукуруза) стимулировали БПО бактериями. Экстракты *A. millefolium* (тысячелистник), *U. dioica* (крапива) и *L. japonica* (ламинария) оказывали ингибирующее действие на образование биопленок. Была выявлена связь между модулирующей способностью экстрактов и их проокислительными свойствами, которые, в свою очередь, были связаны с содержанием в экстрактах полифенолов [4, 5].

Известно, что сигма-фактор RpoS (σ^S) является регулятором ответов бактериальных клеток на различные виды стресса, а также контролирует процесс БПО [2].

Чтобы изучить роль RpoS в модификации БПО под действием экстрактов, нами была измерена экспрессия гена *rpoS* в планктонных культурах и биопленках через 22 ч культивирования штамма *E. coli* NM3041 (*rpoS::lacZ*). Обнаружено, что в планктонной культуре экстракты зеленого и черного чая, *A. uva-ursi*, *V. vitis-idaea*, *T. cordata*, *B. pendula*, *I. obliquus*, *B. tripartite* и *L. japonica* проявляли мощное ингибирующее действие на экспрессию *rpoS*. Аналогичным образом эти же экстракты влияли на экспрессию *rpoS* в биопленках. Была выявлена достоверная корреляция ($r = 0,65$) между экспрессией в планктонных культурах и биопленках.

Чтобы выяснить, имеет ли значение снижение экспрессии гена *rpoS* под действием полифенолов, содержащихся в экстрактах, для БПО бактериями, нами было проведено сравнение уровня БПО в штаммах дикого типа и штаммах с различным уровнем регуляторного белка RpoS в присутствии различных доз кверцетина. Нами были использованы штаммы JW5437 (*rpoS*), JW2755 (*relA*) и JW0427 (*clpP*). Ген *relA* кодирует синтетазу общего стрессового алармона ppGpp, который активирует транскрипцию гена *rpoS*. Ген *clpP* кодирует протеазу, ответственную

за быструю деградацию регуляторного белка RpoS в растущих клетках [1]. Выявлено, что БПО в штаммах, дефектных по генам *relA* или *rpoS*, не отличалось от дикого типа. Аналогичным образом, был выявлен стимулирующий эффект на БПО малыми дозами (5, 10 и 50 мкМ) кверцетина, а также подавляющий эффект более высокими дозами (200 мкМ).

Однако в необработанных кверцетином клетках, дефектных по гену *clpP*, удельное БПО (УБПО) снижалось вдвое по сравнению с диким типом, а индукция БПО наблюдалась в присутствии малых доз кверцетина (10 и 50 мкМ). Однако уровень УБПО при действии этих доз был вдвое ниже по сравнению с диким типом.

В совокупности эти данные указывают, что в наших условиях, вероятнее всего, отрицательное влияние на биопленкообразование оказывал избыток регуляторного белка RpoS. Это указывает на возможность существования RpoS-независимого пути, регулирующего БПО в присутствии испытуемых экстрактов.

Исследование выполнено при поддержке грантом РФФИ-Урал № 14-04-96031, грантом №12-И-4-2072 по Программе интеграционных проектов Президиума УрО РАН, а также грантом Президиума УрО РАН для молодых ученых 14-4-НП-126.

Литература

1. Hengge R. Proteolysis of γ^S (RpoS) and the general stress response in *Escherichia coli* // Res. Microbiol. 2009. Vol. 160. P. 667–676.
2. Povolotsky T. L., Hengge R. ‘Life-style’ control networks in *Escherichia coli*: Signalling by the second messenger c-di-GMP // J. Bacteriol. 2012. Vol. 160. P. 10–16.
3. Samoilova Z., Muzyka N., Lepekhina E., Oktyabrsky O., Smirnova G. Medicinal plant extracts can variously modify biofilm formation in *Escherichia coli* // Antonie van Leeuwenhoek J. Microbiol. 2014. Vol. 105. P. 709–722.
4. Samoilova Z., Smirnova G., Muzyka N., Oktyabrsky O. Medicinal plant extracts variously modulate susceptibility of *Escherichia coli* to different antibiotics // Microbiological Research. 2014. Vol. 169. P. 307–313.
5. Smirnova G., Samoilova Z., Muzyka N., Oktyabrsky O. Influence of plant polyphenols and medicinal plant extracts on antibiotic susceptibility of *Escherichia coli* // Journal of Applied Microbiology. 2012. Vol. 113. P. 192–199.

INVESTIGATING THE ROLE OF STRESS-REGULONS IN MODULATING EFFECTS OF PLANT EXTRACTS ON BACTERIAL BIOFILMS

Z. YU. SAMOILOVA, N. G. MUZYKA, G. V. SMIRNOVA, O. N. OKTYABRSKY

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Perm

Summary. Among 18 plant extracts studied black tea, *A. uva ursi*, *V. vitis-idaea*, *T. cordata*, *B. pendula* and *Z. mays* stimulated biofilm formation, while the extracts of *A. millefolium*, *U. dioica* and *L. japonica* demonstrated inhibiting effects. Some of the extracts also inhibited *rpoS* expression both in biofilms and planktonic cultures. To elucidate the role of RpoS sigma-S factor in the observed effects of the plant extracts, we studied influence of different doses of pure plant polyphenol quercetin on biofilm formation in strains with different levels of RpoS. It was found that negative influence on biofilm formation was due to the RpoS excess. Collectively, our data indicate the possibility of RpoS-independent pathway of biofilm formation regulation in the presence of plant extracts containing polyphenols.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ В КАЧЕСТВЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Ю. И. Савиновская¹, Ч. Б. Балданов²

¹ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

² Бурятский государственный университет, Улан-Удэ

E-mail: yulya_savinovskaya@mail.ru

Разработан новый вид плазменных технологий стерилизации поверхностей твердых тел на основе плазменных струй тлеющего разряда атмосферного давления в потоке аргона, объединяющий в себе высокую эффективность стерилизации, присущую электронно-пучковым технологиям, с дешевой газоразрядных технологий.

В результате проведенных экспериментальных исследований по воздействию холодной аргоновой плазмы на бактерии, находящиеся на поверхности твердых тел, обнаружена высокая скорость стерилизации поверхностей разрядом на основе плазменных струй.

Данный метод получения холодной аргоновой плазмы предназначен для обработки поверхностей и базируется на использовании специального разряда, состоящего из большого количества потоков низкой интенсивности, широко охватывающих поверхность обрабатываемого объекта.

Исследовали антимикробные свойства низкотемпературной плазмы при следующих режимах:

- импульсно-периодический режим отрицательной короны ($I = 250$ мкА);
- режим тлеющего разряда атмосферного давления ($I = 700$ мкА).

Время экспозиции в каждом режиме составляло от 2 до 5 мин.

Результаты исследования показали, что наиболее устойчивыми были культуры грамположительных микроорганизмов *Bacillus subtilis*, наименее устойчивыми – *Escherichia coli*.

Изменение времени воздействия потоков на микроорганизмы увеличивает область стерилизации.

На примере культуры *Escherichia coli* было определено время полной инактивации бактерий различными методами стерилизации (см. табл.).

Время полной инактивации *Escherichia coli*

Микроорганизмы	Время, необходимое для полной инактивации бактерий, с		
	Холодная аргоновая плазма	Ультрафиолетовое излучение	Перекись водорода
<i>Escherichia coli</i>	5	1200	180

Данные исследований показали, что бациллярные формы микроорганизмов устойчивы к действию плазмы. Использование холодной аргоновой плазмы в стерилизации занимает во много раз меньше времени, чем ультрафиолетовое излучение и перекись водорода.

THE POSSIBILITY OF USING PLASMA FLOWS IN THE STERILIZATION

YU. I. SAVINOVSKAYA¹, CH. B. BALDANOV²

¹East-Siberian State University of Technology and Management

²Buryatsky State University, Ulan-Ude

Summary. A new type of plasma sterilization techniques of solid surfaces on the basis of plasma jets atmospheric pressure glow discharge in an argon stream, combining high efficiency sterilization inherent electron-beam technology to cheap HID technology.

This method of producing cold argon plasma surface treatment is designed for and is based on a special category, consisting of a large number of streams of low intensity, widely covering the surface of the object to be processed.

Exposure time in each mode is from 2 up to 5 min. The results showed that the most stable cultures were gram-positive organisms *Bacillus subtilis*, the least – *Escherichia coli*.

In the example of *Escherichia coli* culture was determined during a complete inactivation of bacteria by different methods of sterilization.

These studies showed that bacillary forms of microorganisms resistant to plasma. Use cold argon plasma sterilization takes many times less time than ultraviolet radiation and hydrogen peroxide.

СПОСОБ ОЧИСТКИ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД В БИОРЕАКТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОИММОБИЛИЗОВАННЫХ РОДОКОККОВ

М. К. СЕРЕБРЕННИКОВА¹, А. В. КРИВОРУЧКО^{1,2}

¹ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

² Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: serebrennikova@iegm.ru

Развитие нефтяной промышленности приводит к увеличению объемов буровых сточных вод (БСВ), образующихся при нефтедобывающем бурении и промывке бурового оборудования. БСВ являются опасными и трудноразлагаемыми загрязнителями, что обусловлено присутствием в них таких токсичных компонентов, как нефтяные углеводороды и тяжелые металлы. В настоящее время наиболее перспективными способами очистки БСВ являются биотехнологические, основанные на сочетании сорбционных и микробиологических методов. Ранее нами был изучен и оптимизирован процесс биодеградации углеводородов иммобилизованной ассоциацией алканотрофных родококков в биореакторе на примере модельной нефтезагрязненной воды [1, 2]. Цель данного исследования – изучить возможность очистки загрязненной нефтью и тяжелыми металлами БСВ коиммобилизованными родококками в биореакторе при оптимальном гидродинамическом режиме.

БСВ, состав которых представлен в табл. ниже, очищали в биореакторе в условиях псевдооживления носителя – гидрофобизованных хвойных опилок с иммобилизованными клетками *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 615 и *Rhodococcus opacus* ИЭГМ 249 из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним ИЭГМ, WDCM # 768; www.iegm.ru/iegmcol/strains). Загрязненная вода непрерывно циркулировала через реактор в течение 2 недель со скоростью 2 мл/мин при температуре 28 ± 2 °С. Эксперименты проводили па-

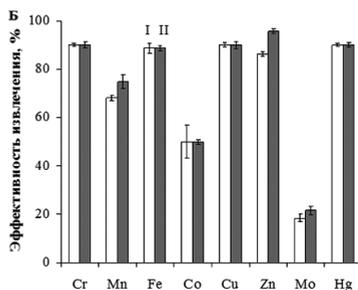
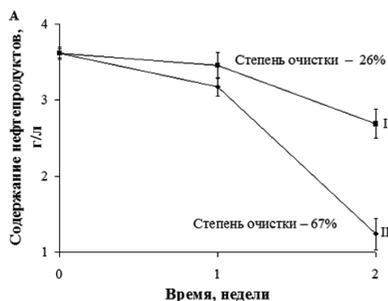
раллельно в трех одинаковых колонках, в качестве контроля использовали носитель без иммобилизованных клеток.

Состав промышленной нефтезагрязненной воды

Нефтяные углеводороды, %							
<i>n</i> -алканы	<i>изо</i> -алканы	N-содержащие			фенолы		
52	36	9			3		
Тяжелые металлы, мг/л							
Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Mo	Hg
0,04	0,13	2,44	0,01	0,16	0,20	2,74	0,01

Содержание углеводородов в образцах из биореактора определяли после экстракции хлороформом весовым методом. Качественный анализ углеводородных компонентов БСВ проводили с помощью ГХ-МС и ВЭЖХ, снабженного флуоресцентным детектором, тяжелых металлов – с использованием спектрометра с индуктивно-связанной плазмой на базе аналитической лаборатории Центра SETN университета Статклайд (Великобритания).

В результате проведенных исследований показано, что при очистке БСВ в биореакторе хвойными опилками сорбируется до 26 % присутствующих в ней углеводородных компонентов и от 50 до 90 % солей тяжелых металлов (см. рис.). При этом иммобилизация на носители *R. ruber* и *R. opacus* в соотношении 1:1 способствует трехкратному увеличению степени удаления углеводородов и повышению (на 3–10 %) степени извлечения солей Mn, Zn и Mo из БСВ по сравнению с неинкулированным носителем. Кроме того установлено, что иммобилизованные родококки активно окисляют алифатические углеводороды, о чем свидетельствует изменение углеводородного индекса $K_i = (iso-C_{19} + iso-C_{20}) / (n-C_{18} + n-C_{19})$, который в процессе очистки БСВ в реакторе возрастал от 0,9 до 2,9 и превышал соответствующие показатели для контроля в 1,7 раза. Следует отметить, что наиболее интенсивное удаление углеводородов происходит



Эффективность удаления нефтяных углеводородов (А) и извлечения тяжелых металлов (Б) из буровой сточной воды в процессе ее очистки коиммобилизованными родококками в биореакторе:

I – неинкулированный носитель; II – иммобилизованные клетки

в течение второй недели эксперимента, что, по-видимому, обусловлено формированием в биореакторе адаптированной микробной популяции родококков.

Таким образом, использование иммобилизованных на носителе-сорбенте клеток *R. ruber* и *R. oracus* позволило снизить содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов в очищаемой БСВ на 67 и 90–97 % соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения коиммобилизованных родококков для очистки промышленных сточных вод в условиях колоночного биореактора с псевдооживленным слоем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-5589.2012.4 и Программы Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология».

Литература

1. Серебrenникова М. К., Куюкина М. С., Ившина И. Б. Очистка нефтезагрязненной воды иммобилизованными на хвойных опилках родококками в биореакторе с псевдооживленным слоем // Симбиоз-Россия 2013. Иркутск: Аспринт, 2013. С. 112–114.

2. Kuyukina M. S., Ivshina I. B., Serebrennikova M. K., Krivoruchko A. V., Podorozhko E. A., Ivanov R. V., Lozinsky V. I. Petroleum-contaminated water treatment in fluidized-bed bioreactor with immobilized *Rhodococcus* cells // International Biodeterioration & Biodegradation. 2009. Vol. 63, № 4. P. 427–432.

PURIFICATION METHOD FOR CUTTING OILY WASTEWATER USING CO-IMMOBILIZED RHODOCOCCI IN BIOREACTOR

M. K. SEREBRENNIKOVA¹, A. V. KRIVORUCHKO^{1,2}

¹ Institute of Ecology and Genetic of Microorganisms, Perm

² Perm State National Research University, Perm

Summary. Association of immobilized rhodococcal cells contributed to the removal of 67% of total petroleum hydrocarbons (initial concentration of 3.9 g/l) from the contaminated water within two weeks, which was 2.5 times more efficient compared to the control. Furthermore, *Rhodococcus* immobilization on sawdust enhanced the extraction of heavy metals (Mn, Zn and Mo) by 3-10%.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ *STREPTOMYCES* SP. 156А МЕТОДАМИ ХРОМАТОГРАФИИ И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Т. А. ШИШЛЯННИКОВА, Г. А. ФЕДОРОВА, А. В. КУЗЬМИН,
И. А. ЛИПКО, В. В. ПАРФЕНОВА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: tatiano@mail.ru

Бактерии актиномицетной линии занимают ведущее место среди продуцентов антибиотиков и других биологически активных соединений. Наиболее значимые с практической точки зрения соединения получены из актинобактерий рода *Streptomyces*. К настоящему времени опубликовано большое количество работ по установлению химической структуры противоопухолевых и антибактериальных соединений, продуцируемых стрептомицетами, выделенными из почвенных образцов и морских источников. В то же время метаболиты актинобактерий, выделенных из воды пресных водоемов, изучены слабо.

Показано, что актиномицеты озера Байкал являются сильными антагонистами по отношению к другим микроорганизмам, выделенным из озера, а также подавляют рост антибиотико-резистентных микроорганизмов, вызывающих различные заболевания у людей [1].

Из воды, донных осадков и губок озера Байкал было выделено 374 штамма микроорганизмов, 275 из которых обладают антагонистической активностью, из них 151 штамм актиномицетов рода *Streptomyces* и рода *Micromonospora*.

Для исследований был выбран штамм 156А актиномицетов, выделенный из воды озера Байкал, обладающий высокой антимикробной активностью, которая связана с наличием соединений ингибирующих рост *E. faecium*, *E. faecalis*, *B. subtilis* и *C. Albican*. Принадлежность штамма актиномицет к роду *Streptomyces* подтверждена с помощью системы MALDI Biotyper (MALDI TOF/TOF масс-спектрометр ultrafleXtreme (Bruker Daltonics, Германия)).

Для изучения антимикробной активности культуральной жидкости бактериальный штамм 156А культивировали на специально подобранной среде СР1 (состав, г/л: глицерин – 3,0; рыбо-пептонный бульон – 0,5; NaCl – 0,45; CaCO₃ – 0,35, рН 7,2), обеспечивающей максимальную продукцию антибиотических соединений, в течение 6 суток при комнатной температуре.

Суммарные микробные экстракты получали трехкратной экстракцией культуральной жидкости этилацетатом (25 % V/V). Исследования проводили с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с ультрафиолетовой детекцией (ВЭЖХ-УФ) на микроколоночном жидкостном хроматографе «Миличром А-02» (Россия). Выявление активных фракций выполняли фракционированием суммарного микробного экстракта в сочетании с биотестированием каждой фракции по отношению к *B. subtilis*. Показано наличие двух перекрывающихся активных фракции с временами удерживания 6–8 и 10–20 мин. Соединения с антибиотической активностью, содержащиеся во фракции 10–20 мин, селективно экстрагируются гексаном из сухого экстракта.

Для очистки гексанорастворимых антибиотических соединений использовали ТСХ, условия: Sorbfil, силикагель СТХ-1А 5–17 мкм, элюент: CHCl₃ – MeOH (85 : 15), проявление: УФ 312 нм; R_f = 0,07–0,23.

Масс-спектрометрический анализ активных соединений выполнен на MALDI TOF/TOF масс-спектрометр ultrafleXtreme (Bruker Daltonics, Германия). Исследования масс-спектров второго порядка показали, что активные соединения являются гомологами. Характерным для всех соединений является отщепление фрагмента с m/z 184.

Сравнение полученных данных с литературными и характерное масс-спектрометрическое поведение позволило предположить, что исследуемые соединения-гомологи являются представителями группы нактинов [2]. Структура соединений была подтверждена данными ИК- и ЯМР-спектров.

В ходе исследования показано, что бактериальный штамм 156А, выделенный из воды озера Байкал, продуцирует антибиотические соединения-гомологи – нактины. Уровень продукции смеси антибиотиков составляет 2 мг/л. Смесь состоит из нонактина, монактина, динактина, тринактина, тетрактина и макротетралида С. Результаты представлены в таблице.

Состав смеси антибиотиков-гомологов.

Наименование	m/z	Интенсивность, о. е.	Интенсивность, %	Зона подавления тест-культуры, мм
Нонактин	759,385	5629,320	6,8 %	+/-
Монактин	773,397	41004,651	49,6 %	4–5
Динактин	787,429	82606,383	100 %	6–7
Тринактин	801,465	71153,274	86,1 %	4–5
Тетрактин	815,501	28684,682	34,7 %	2–3
Макротетралид С	829,513	2662,216	3,22 %	+/-

Литература

1. Теркина И. А., Парфенова В. В., Ан Т. С. Антагонистическая активность актиномицетов озера Байкал // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. Т. 42, № 2. С. 195–199.
2. Rezarka T., Prell A., Spizek J., Sigler K. Pilot-plant cultivation of *Streptomyces griseus* producing homologues of nonactin by precursor-directed biosynthesis and their identification by LC/MS-ESI // The Journal of Antibiotics. 2010. Vol. 63. P. 524–529.

IDENTIFICATION OF ANTIMICROBIAL COMPOUNDS FROM *STREPTOMYCES* SP. 156A BY CHROMATOGRAPHY AND MASS-SPECTROMETRY

T. A. SHISHLYANNIKOVA, G. A. FEDOROVA, A. V. KUZMIN, I. A. LIPKO, V. V. PARFENOVA
Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Summary. Bacterial strain 156A isolated from fresh water of Lake Baikal produces antibiotic compounds-homologies. The compounds have been isolated, purified and identified as nactins. The antibiotic mixture yield is 2 mg/l. The mixture consists of nonactin, monactin, dinactin, trinactin, tetractin and macrotetrolide C.

ОТВЕТ БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI*, МУТАНТНЫХ ПО КОМПОНЕНТАМ РЕДОКС-СИСТЕМ, НА ОСМОТИЧЕСКИЙ ШОК

В. С. ШУМИЛОВСКИХ¹, В. Ю. УШАКОВ^{1,2}, Г. В. СМИРНОВА²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН

E-mail: verabiochem@gmail.com

В процессе эволюции бактерии *Escherichia coli*, как и другие энтеробактерии, развили системы регуляции тургорного давления, позволяющие клеткам продолжать нормальное функционирование при повышенной осмолярности среды. Это происходит за счет накопления в цитоплазме осмотически активных веществ (внутриклеточных осмопротекторов), которые обеспечивают нормальную работу белков и ферментов в условиях осмотического шока.

Современные исследования показывают, что существующие в клетках энтеробактерий редокс-системы глутатиона и тиоредоксина, вносят определенный вклад в защиту клеток при повышении осмотического давления окружающей среды. Также известно, что в процессе развития осмотического шока у *Escherichia coli* присутствуют явления, характерные для окислительного стресса [1, 2].

Целью нашей работы было выявить закономерности роста и индукции генного слияния *sodA::lacZ* у бактерий *Escherichia coli*, мутантных по компонентам

редокс-систем глутатиона и тиоредоксина при гиперосмотическом шоке. Для этого бактерии выращивали до середины логарифмической фазы роста (оптическая плотность $OD_{600} = 0,25$ нм), после чего добавляли сахарозу (0,8 М) и отбирали пробы через каждые 15 минут в течение двух часов.

В качестве объектов исследования использовались генно-инженерные штаммы *Escherichia coli*: *E. coli* BW 25113 (wt) – родительский тип, *E. coli* JW 2663 (*gshA*⁻) – мутантный по глутатиону, *E. coli* JW 3467 (*gor*⁻) – мутантный по глутатионредуктазе, *E. coli* JW 5856 (*trxA*⁻) – мутантный по тиоредоксину 1, *E. coli* JW 0871 (*trxB*⁻) – мутантный по тиоредоксинредуктазе, *E. coli* NM 3655 (*gshA*⁻ *trxA*⁻) – мутантный по глутатиону и тиоредоксину 1, *E. coli* NM 3761(*gor*⁻ *trxB*⁻) – мутантный по глутатионредуктазе и тиоредоксинредуктазе.

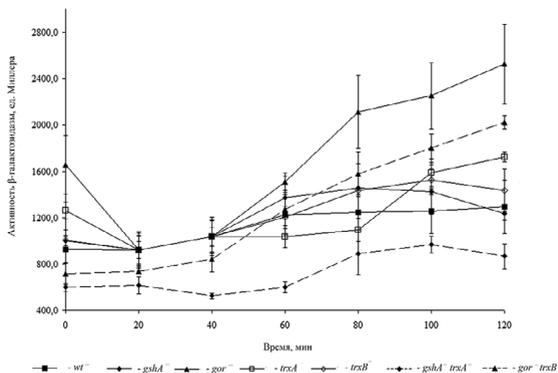
Кроме того для исследования экспрессии гена *sodA* в условиях нарушенного редокс-статуса клетки использовались мутанты, содержащие одновременно дефект по редокс-системе и слияние промотора гена *sodA*, кодирующего супероксиддисмутазу (СОД), со структурным геном β-галактозидазы *lacZ*, благодаря чему измерялась активность ферменту, что соответствовало уровню экспрессии СОД: *E. coli* NM 3001 (wt, *sodA::lacZ*) – родительский тип, *E. coli* NM 3104 (*gshA*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по глутатиону, *E. coli* NM 3204 (*gor*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по глутатионредуктазе, *E. coli* NM 3601 (*trxA*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по тиоредоксину 1, *E. coli* NM 3703 (*trxB*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по тиоредоксинредуктазе, *E. coli* NM 4604 (*gshA*⁻ *trxA*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по глутатиону и тиоредоксину 1, *E. coli* NM 4706(*gor*⁻ *trxB*⁻, *sodA::lacZ*) – мутантный по глутатионредуктазе и тиоредоксинредуктазе.

Эксперименты показали, что в условиях нормального роста с наибольшей скоростью росли бактерии, дефицитные по синтезу глутатиона ($0,692 \pm 0,036$ час⁻¹), с наименьшей – мутанты *gor trxB*⁻ ($0,483 \pm 0,025$ час⁻¹). Скорость роста в условиях осмотического шока зависела от характера мутации: низкая адаптация к действию осмолита регистрировалась у двойных мутантов *gshA trxA*⁻ и *gor trxB*⁻ ($0,24 \pm 0,015$ час⁻¹), а также у штамма, дефицитного по синтезу глутатионредуктазы ($0,256 \pm 0,009$ час⁻¹), что по отношению к скорости роста бактерий родительского типа в тех же условиях составило 40 %.

Исследования экспрессии генного слияния *sodA::lacZ* у представленных штаммов показали, что через 2 часа после внесения сахарозы уровень индукции максимально возрастал у одиночного мутанта *gor*⁻ и у бактерий, одновременно дефектных по синтезу глутатионредуктазы и тиоредоксинредуктазы *gor trxB*⁻. Минимальная экспрессия наблюдалась у штаммов MN 3103 (*gshA*⁻) и MN 4604 (*gshA trxA*⁻) (см. рис. ниже).

В контрольных образцах уровень индукции *sodA::lacZ* несколько снижался, что, вероятно, связано с падением концентрации кислорода в среде культивирования (не показано).

Исследования поддержаны грантом Программы МКБ Президиума РАН № 12-П-4-1013 и грантом РФФИ № 13-04-00706.



Измерение активности β-галактозидазы бактерий *E. coli* при добавлении 0,8 М сахарозы (внесение сахарозы указано стрелкой)

Литература

1. Смирнова Г. В., Красных Т. А., Октябрьский О. Н. Роль глутатиона при ответе *Escherichia coli* на осмотический шок // Биохимия. 2001. Т. 66. С. 1195–1201.
2. Smirnova G. V., Muzyka N. G., Oktyabrsky O. N. The role of antioxidant enzymes in response of *Escherichia coli* to osmotic upshift // FEMS Microbiology Letters. 2000. Vol. 186. P. 209–213.

THE RESPONSE OF BACTERIA *ESCHERICHIA COLI*, MUTANT BY COMPONENTS OF REDOX – SYSTEMS TO OSMOTIC UPSHIFT

V. S. SHUMILOVSKIKH¹, V. YU. USHAKOV^{1,2}, G. V. SMIRNOVA²

¹ Perm State University, Perm

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Russian Academy of Sciences

Summary. The influence of redox-systems defects in the cells of bacteria *Escherichia coli* on adaptation to osmotic upshift was investigated. Strains, deficient in glutathione reductase, demonstrated the lowest levels of growth rate and maximal expression of superoxide dismutase.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ШТАММОВ РОДА *AZOSPIRILLUM*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ПЕРМСКОГО РАЙОНА, УТИЛИЗИРОВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕРОДА

К. В. Смирнов, А. Ю. Максимов, Е. Ю. Бурлуцкая

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: sminov@a-als.ru

С каждым годом исследованию ризосферных бактерий уделяют все больше внимания. Особый практический интерес представляют те роды бактерий, которые стимулируют развитие растений – PGPB (plant growth promoting bacteria), в частности *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter* [5].

Род *Azospirillum* представлен микроаэрофильными ассоциативными бактериями, многие из которых способны к фиксации атмосферного азота [3]. Данный род широко распространен и встречается в 30–90 % почв, поэтому их феноти-

пические признаки и связанные с ними адаптационные возможности разнятся в значительной степени [6].

Задачей данного исследования было выделить штаммы, принадлежащие к роду *Azospirillum*, из почв Пермского района, провести их характеристику по таким фенотипическим признакам, как способность к азотфиксации, способность к росту при концентрации NaCl в 1 и 3 % и способность к утилизации различных источников углерода.

Объект исследования: изоляты бактерий рода *Azospirillum*, выделенные из почв Пермского района (57°57'05 с. ш. 56°09'55 в. д.).

Используемые среды: среда Доберейнера следующего состава, г/л: яблочная кислота – 5; K_2HPO_4 – 0,5; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2; NaCl – 0,1; $CaCl_2$ – 0,02; раствор микроэлементов – 2 мл; бромтимоловый синий (5%-ный спиртовой раствор) – 2 мл; Fe-ЭДТА (1,64 % раствор) – 4 мл; раствор витаминов – 1 мл; KOH – 4 г; агар – 1,75 г; раствор витаминов; вода дистиллированная. Состав раствора микроэлементов (г): $Na_2MoO_4 \cdot H_2O$ – 0,2; $MnSO_4 \cdot H_2O$ – 0,235; H_3BO_3 – 0,028; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 0,008; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,024; вода дистиллированная – 200 мл. Состав раствора витаминов (мг): биотин – 10; пиридоксин – 20; вода дистиллированная – 100 мл. pH основного раствора доводилась до отметки 6,8. Растворы готовились отдельно, автоклавировались в течение 1 часа, затем смешивались в указанных выше пропорциях [1].

Тест на способность к азотфиксации. Изоляты высевались на безазотную среду Доберейнера. Способность к фиксации молекулярного азота определялась по наличию или отсутствию роста.

Тест на способность роста при различных концентрациях NaCl. Изоляты высевались на среду Доберейнера с концентрацией NaCl в 1 и 3%.

Тест на способность к утилизации различных источников углерода. Для данного теста использовалась твердая среда Доберейнера, в которой тривиальный для азоспирилл источник углерода (яблочная кислота) заменялся на такие источники углерода, как сахароза, мальтоза, рибоза, сорбитол, глюкоза. Штаммы культивировались на средах, содержащих вышеуказанные источники углерода, в течение 3–5 суток, рост штаммов оценивался визуально [5].

Результаты и обсуждение. Полученные данные соответствуют литературным данным: многие штаммы рода *Azospirillum* способны к азотфиксации [2] (табл. 1).

Таблица 1

Результаты теста на азотфиксацию

Признак	Штамм								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Способность фиксировать молекулярный азот	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Способность роста при 1 % концентрации NaCl	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Способность роста при 3 % концентрации NaCl	+	+	+	+	+	+	+	–	–

«+» – результат положительный; «–» – результат отрицательный

Кроме того, как показано в табл. 2, выделенные из почв Пермского района изоляты азоспирилл способны утилизировать различные источники углерода. Предполагается, что это одна из причин широкого распространения рода *Azospirillum*.

Таблица 2

Результаты теста на утилизацию источников углерода

Штамм	Источник углерода				
	Сахароза	Сорбитол	Рибоза	Мальтоза	Глюкоза
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+/-	+/-
6	+	+	+	+/-	+/-
7	+	+	-	+	-
8	-	+/-	+	+	+/-
9	-	-	-	+	+

«+» – рост есть; «-» – рост отсутствует; «+/-» – рост незначительный

Литература

1. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие. М.: МГУ, 1991. 304 с.
2. Hagh E. D. [et al.]. The role of *Azospirillum lipoferum* bacteria in sustainable production of maize // Journal of Food, Agriculture and Environment. 2010. Vol. 8. P. 702–704.
3. Hamdia B. E., Shaddad M. A. K., Doaa M. M. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions // Plant Growth Regul. 2004. Vol. 44. P. 165–174.
4. Hartmann A., Baldani J. The Genus *Azospirillum* // Prokaryotes. 2006. Vol. 5. P. 115–140.
5. Tahir M. [et al.]. Isolation and identification of phosphate solubilizer *Azospirillum*, *Bacillus* and *Enterobacter* strains by 16SrRNA sequence analysis and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Crop. Sci. 7. 2013. Vol. 9. P. 1284–1292.
6. Yu Z., Mohn W. W. Bacterial diversity and community structure in an aerated lagoon revealed by ribosomal intergenic spacer analyses and 16S ribosomal DNA // Appl. Environ. Microbiol. 2001. Vol. 67, № 4. P. 1565–1574.

INVESTIGATION ABILITIES OF *AZOSPIRILLUM* STRAINS, WHICH WERE ISOLATED FROM THE SOILS OF PERM REGION, TO UTILIZE DIFFERENCE CARBON SOURCES

K. V. SMIRNOV, A. YU. MAKSIMOV, E. YU. BURLUTSKAYA

Perm State National Research University, Perm

E-mail: sminov@a-als.ru

Summary. From the soils of Perm region were isolated nine *Azospirillum* strains. All of them can fix N₂. A lot of isolated strains can utilize such carbon sources as sucrose, maltose, ribose, sorbitol, glucose. Only two strains cannot utilize more than one carbon source. These facts favors that *Azospirillum* is a wide-spread genus with efficient mechanisms of adaptation.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНДОФИТНЫХ ШТАММОВ *BEAUVERIA BASSIANA* УФА-2 И *BACILLUS SUBTILIS* 26Д ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА И ВОЗБУДИТЕЛЯ ФИТОФТОРОЗА

А. В. Сорокань, А. Р. Нафикова, Г. В. Беньковская, И. В. Максимов

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН

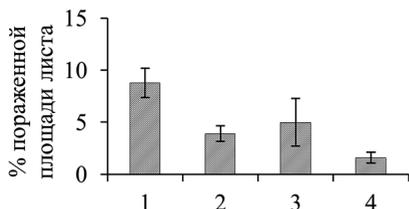
E-mail: fortyanns@googlemail.com

Современные интенсивные технологии растениеводства требуют комплексного подхода к защите растений от патогенов и вредителей. Химические средства защиты растений, используемые в этих целях, в основной массе являются одними из опаснейших поллютантов. Кроме того, в популяциях патогенов и вредителей идет отбор наиболее резистентных к ним форм, что приводит к потере их эффективности. Экологически безопасным приемом повышения продуктивности и устойчивости растений является использование микробных биопрепаратов, контролирующих развитие патогенов и регулирующих рост растений. В настоящее время большие перспективы связаны с их разработкой на основе эндофитных штаммов бактерий и грибов. Кроме того, эндофитность биологического агента позволяет снизить кратность обработок, так как подобный симбиоз поддерживается длительное время. Особо привлекательными среди них для промышленного (коммерческого) производства являются штаммы бактерий из рода *Bacillus* [1]. На основе одного из штаммов *B. subtilis* 26Д создан препарат «Фитоспорин», эффективный против плесневения и гнилей семян различных культур, черной ножки, фитофтороза, альтернариоза картофеля и способный непосредственно воздействовать на ростовые характеристики патогенов [2]. Нами литературных данных о воздействии бактерий рода *Bacillus* на устойчивость растений к поеданию насекомыми вредителями не было обнаружено.

Биологический препарат «Боверин» для борьбы с вредителями разработан на основе энтомопатогенного гифомицета *Beauveria bassiana*. Нашей задачей было протестировать способность к эндофитной колонизации тканей картофеля бактерий *B. subtilis* 26 Д и изолята *B. bassiana* Уфа-2 [3], а также их влияние на поражаемость растений картофеля возбудителем фитофтороза и колорадским жуком *Leptinotarsa decemlineata*.

Пробирочные стерильные растения сорта Ранняя Роза после 20 суток культивирования на среде Мурасиге – Скуга обрабатывали суспензией бактериальных клеток штамма *B. subtilis* 26Д и грибных спор *B. bassiana* Уфа-2 (10^{-6} спор/мл) по отдельности и в определенной комбинации. Через 20 суток кусочки стеблей и листьев растений подвергали жесткой поверхностной стерилизации и высевали на питательную среду для выявления бактерий и гриба во внутренних тканях. Кроме того часть растений скармливали имаго и личинкам колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* и оценивали процент их смертности и активность питания (в мг/сут/особь), а другую часть инфицировали спорами *P. infestans* и наблюдали за развитием симптомов заболевания. Изображения инфицированных листьев анализировали в программе ImageJ, о пораженности судили по проценту поврежденной площади от общей площади листа. Исследуемые нами штаммы *B. subtilis* и *B. bassiana* оказались способны глубоко заселять ткани картофеля.

Ранее способность эндофитно существовать в тканях растений томата и хлопка была показана для штаммов *B. bassiana* 11–98 и GHA, при этом у личинок *Helicoverpa zea*, поедавших инокулированные растения, развивался характерный микоз [5], и такие растения становились более устойчивы к патогенам *Rhizoctonia solani* и *Pythium myriotylum* [4]. В наших исследованиях колонизация тканей эн-



Пораженность листьев картофеля, обработанных суспензией клеток *B. subtilis* 26 Д (2), *B. bassiana* Уфа-2 (3) и их комбинацией (4); 1 – необработанные растения

дофитами снижала поврежденность растений картофеля фитофторозом (см. рис.). Свойство *B. subtilis* 26 Д стимулировать устойчивость картофеля к данному патогену была показана ранее [2], интересно, что совместное применение с *B. bassiana*, как видно, увеличивает этот эффект. Следует отметить, что пораженность листьев в варианте с *B. bassiana* варьировалась в широких пределах, вероятно, из-за неравномерной колонизации тканей грибом.

Активность питания имаго и личинок фитофага *L. decemlineata* на обработанных эндофитными микроорганизмами растениях картофеля

Варианты обработки	Масса съеденного, мг/сутки/особь	
	Имаго	Личинки
Контроль	83,75±2,394	47,30±9,411
<i>B. bassiana</i>	73,33±16,073	51,05±9,415
<i>B. subtilis</i>	86,67±14,618	16,55±7,039*
<i>B. bassiana</i> + <i>B. subtilis</i>	81,25±11,97	18,15±5,919*

* – достоверное отличие от контрольного варианта, $p \leq 0,001$.

Хотя присутствие эндофитов в тканях растений воздействия на поедание растений взрослыми особями колорадского жука и не оказывало, но обработка растений *B. subtilis* как в отдельности, так и совместно с *B. bassiana* снижала поедание растений личинками более чем в 2 раза (см. табл.). Поскольку основной ущерб посевам картофеля наносит именно личинки колорадского жука, подобное свойство штамма *B. subtilis* позволяет рекомендовать его для защиты не только от патогенов, но и от вредителей.

Таким образом, исследуемые эндофитные штаммы *B. subtilis* 26Д и *B. bassiana* Уфа-2 могут быть использованы совместно для защиты картофеля от фитофтороза и колорадского жука.

Работа выполнена при поддержке гранта двухлетних прикладных научных исследований, направленных на создание продукции и технологий, по приоритетному направлению «Науки о жизни» в рамках мероприятия 1.2 Программы Министерства образования и науки РФ № 14.604.21.0016.

Литература

1. Максимов И. В. [и др.]. Регуляция пероксидазной активности под влиянием сигнальных молекул и *Vacillus subtilis* 26Д в инфицированных *Phytophthora infestans* растениях картофеля // Прикладная биохимия и микробиология. 2014. Т. 50. № 2. С. 197–202

2. Мелентьев А. И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Coh. в агроэкосистемах. М.: Наука. 2007. 147 с.

3. Сурина Е.В. [и др.]. Популяционно-генетические аспекты восприимчивости колорадского жука к микозам на территории Республики Башкортостан // Экология. 2013. № 3. С. 204–209.

4. Ownley B. [et al.]. *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant disease control // Journal of Invertebrate Pathology. 2008. № 98. P. 267–270.

5. Powell W. A. [et al.]. Evidence of Endophytic *Beauveria bassiana* in Seed-treated Tomato Plants Acting as a Systemic Entomopathogen to Larval *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) // J. Entomol. Sci. 2009. Vol. 44(4). P. 391–396.

COOPERATIVE APPLICATION OF ENDOPHYTIC STRAINS OF *BEAUVERIA BASSIANA* UFA-2 AND *BACILLUS SUBTILIS* 26D FOR COMPREHENSIVE DEFENSE OF POTATO

A. V. SOROKAN, A. R. NAFIKOVA, G. V. BENKOVSKAYA, I. V. MAKSIMOV
Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Science Center RAS

Summary. Endophytic habitation of *Beauveria bassiana* Ufa-2 and *Bacillus subtilis* 26D was demonstrated. Presence of these strains decreased the level of late blight symptoms and Colorado potato beetle eating of plants.

ВЫЖИВАЕМОСТЬ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИХ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

Е. В. СУХАНОВА¹, Ю. Р. ШТЫКОВА¹, Т. Ю. ЖАБИНА²,
Н. Л. БЕЛЬКОВА¹, В. В. ПАРФЕНОВА¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: sukhanova@lin.irk.ru

²Иркутский государственный университет

E-mail: tangab93@yandex.ru

Байкальские микроорганизмы являются уникальными благодаря своей способности приспосабливаться к олиготрофным и низкотемпературным условиям озера. Изучение таких механизмов выживания в экстремальных условиях окружающей среды особенно актуально в вопросах биотехнологии. Поэтому для детального исследования адаптационных процессов необходимо создание коллекций микроорганизмов, выделенных из различных биотопов озера. Вследствие этого становится актуальным вопрос о культуре хранения коллекций микроорганизмов в лабораторных условиях.

Проанализированы 67 штаммов из коллекции психрофильных бактерий, изолированных из воды и донных осадков озера Байкал в 2002 г. и 14 штаммов мезофильных гетеротрофных бактерий, выделенных из пищеварительной системы байкальских брюхоногих моллюсков в 2010–2011 гг. У 26 штаммов исследованы биохимические свойства. Проведен сравнительный анализ ферментативной активности штаммов, выделенных в 2002 г. и тех же штаммов, реизолированных в 2014 г. Все исследуемые бактериальные штаммы были выделены на среде R-2A (Fluka analytical, India) и хранились в микропробирках в среде для консервации (г/л: питательный бульон – 4,0; дрожжевой экстракт – 1,0; агар – 7,0) под минеральным маслом. Для восстановления и накопления культуры биомассу клеток из

среды для консервации переносили в пробирки с 1 % пептонной водой и инкубировали при температуре 4–6 °С в течение 7–10 сут для психрофильных штаммов и при комнатной температуре 3–5 сут для мезофильных штаммов. Из пробирок, в которых наблюдали помутнение среды, делали высев на твердую питательную среду R-2А, соблюдая температурный режим инкубации для психрофильных и мезофильных бактерий. В дальнейшем изучали культуральные и морфологические характеристики выросших колоний реизолированных штаммов. Также у 19 культур психрофильных штаммов и 7 культур штаммов, выделенных из кишечника байкальских моллюсков, определяли следующие биохимические показатели: наличие ферментов каталазы, фосфатазы, амилазы, протеазы, липазы, лецитиназы и способности расщеплять некоторые сахара [1].

В результате проведенного исследования выявлено, что не все штаммы из коллекции психрофильных бактерий удалось восстановить. Так, 17 коллекционных штаммов показали отсутствие роста как в 1 % пептонной воде и при последующем высеве на твердую питательную среду, так и при прямом посеве из среды для консервации на твердую среду, что составило 25,4 %. По-видимому, при длительном хранении клетки, сохраняя низкий уровень метаболизма, используют ограниченный запас питательных веществ в среде хранения и продуцируют токсичные продукты собственного метаболизма. Кроме того, губительное воздействие на клетки могут оказывать неподходящие для той или иной культуры условия хранения (физические и химические факторы), отсутствие жизненно необходимых биологических компонентов внешней среды, в которой обитает данный микроорганизм.

Сравнительный анализ ферментативной активности штаммов, выделенных в 2002 г. и тех же штаммов, реизолированных в 2014 г.

№ штамма	Дата исследования	Фосфатаза		Протеаза		Липаза	
		1 час	сутки	Мол*	Жел*	Тр*	Лец*
Ps-216	2002	–	+++	14**	+	–	+
	2014	–	–	4	–	–	–
Ps-217	2002	–	+++	16	–	+	+
	2014	+	++	2	–	–	–
Ps-593	2002	–	+	4	–	7	–
	2014	–	–	–	–	–	–
Ps-213	2002	–	–	15	++	–	–
	2014	–	–	0,5	–	–	–
Ps-711	2002	–	–	–	–	4	–
	2014	–	–	2	–	–	–
6м	2011	–	–	+	+	+	+
	2014	–	–	8	6	–	6
51м	2011	–	–	–	–	–	–
	2014	–	–	–	–	–	–

*сокращенные названия веществ, добавляемых в питательную среду для определения той или иной ферментативной активности: Мол – молоко; Жел – желатин; Тр – трибутирин; Лец – лецитин; **цифрами обозначена зона лизиса на питательной среде, мм

Среди исследованных культур отмечены штаммы, обладающие высокой биохимической активностью. Большинство из них используют для своей жизнедеятельности такие сахара, как фруктоза, арабиноза, глюкоза, сахароза, манноза и ксилоза; почти у всех штаммов отмечены амилолитическая и протеолитическая активности; многие штаммы обладают липолитической активностью (см. табл. выше).

Сравнивая данные исследований ферментативной активности в 2002 г. (для коллекции психрофилов оз. Байкал) и 2011 г. (для коллекции бактерий, выделенных из кишечника байкальских моллюсков) с данными тех же исследований в 2014 г., можно отметить снижение ферментативной активности штаммов. Так, протеолитическая активность штаммов Ps-213, Ps-216 и Ps-217 по результатам исследований 2002 г. была выше в 0,3–30 раз. У штамма Ps-593 протеолитическую, липолитическую и фосфатазную активности в 2014 г. не детектировали. С другой стороны, наряду с исчезновением липолитической активности у штамма Ps-711, по данным исследований 2014 г., отмечено появление протеолитической активности. Такую же тенденцию к снижению или изменению биохимической активности наблюдали у всех 26 исследованных штаммов. В процессе длительного хранения на бактериальные культуры влияют множество различных физических, химических и биологических факторов. Изменение температурных условий, освещенности, влияние компонентов питательной среды, отсутствие консорциума, в котором, возможно, культура состояла в симбиозе, приводит к тем или иным трансформациям ее морфологических и биохимических свойств [2]. Изучение данных процессов представляет большой интерес для решения фундаментальной задачи, связанной с оценкой жизнедеятельности микроорганизмов и поиском их адаптационных способностей в экстремальных условиях окружающей среды, которые представляет озеро Байкал, являясь типичным олиготрофным водоемом со своеобразным температурным режимом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 14-04-14-04-90416-Укр а.

Литература

1. Практикум по микробиологии / под ред. Н. С. Егорова. М.: МГУ, 1976. 308 с.
2. Похиленко В. Д., Баранов А. М., Детушев К. В. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2009. № 4 (12). С. 99–121.

SURVIVAL OF BACTERIAL CULTURES AND VARIATION OF BIOCHEMICAL PROPERTIES IN THE LONG-TERM STORAGE

**E. V. SUKHANOVA¹, Yu. R. SHTYKOVA¹, T. Yu. ZHABINA²,
N. L. BELKOVA¹, V. V. PAFENOVA¹**

¹*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk*

²*Irkutsk State University, Irkutsk*

Summary. We analyzed 67 strains from the collection of psychrophilic bacteria isolated from the water and bottom sediments of Lake Baikal in 2002 and 14 strains of mesophilic heterotrophic bacteria isolated from the digestive system of Baikal gastropods in 2010–2011. Biochemical properties were studied for 26 strains. We

performed a comparative analysis of the enzymatic activities of the strains isolated in 2002 and their re-isolates of the 2014.

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

А. В. Тищенко¹, Л. В. Костина²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет

²Институт экологии и генетики микроорганизмов, Пермь

E-mail: lkostina@list.ru

На фоне кризиса состояния окружающей среды особенно актуальна проблема техногенного загрязнения тяжелыми металлами (ТМ). Способы очистки данных загрязнений базируются в основном на использовании физико-химических приемов, которые не обеспечивают полноты удаления ТМ. Цивилизованные способы очистки предполагают использование методов фиторемедиации и выщелачивания с помощью сурфактантов биогенного происхождения [1]. Биосурфактанты нетоксичны, биодegradабельны, обладают высокой функциональной активностью в экстремальных условиях окружающей среды. Цель настоящей работы – оценка возможности использования *Rhodococcus*-биосурфактантов для извлечения ТМ из техногенно загрязненной почвы.

Образцы почв отбирали вблизи промышленных предприятий, действующих в Дзержинском (Д), Индустриальном (И), Кировском (К), Мотовилихинском (М), Орджоникидзевском (О) и Свердловском (С) районах г. Перми, в период с 27 июня по 5 июля 2013 г. поверхностным способом с соблюдением правил антисептики из верхнего (0–20 см) слоя почвы. Места отбора проб: 1ПП – ООО «Завод спецтехники УРАЛЛЕСПРОМ» (И); 2ПП – ООО «Вторчермет НЛМК» (О); 3ПП – ООО «Производственный цех» (С); 4ПП – ОАО «Мотовилихинский завод» (М); 5ПП – ОАО «Камтекс-полиэфирь» (О); 6ПП – ООО «Лукойл-Пермь-нефтеоргсинтез» (И); 7ПП – ПермГорЭлектроТранс МУП «Красный Октябрь» (Д); 8ПП – ЗАО «Пермские моторы» (С); 9ПП – ОАО «Машиностроитель» (О); 10ПП – ЗАО «Пермский пороховой завод» (К); 11ПП – ЗАО «Сибур Химпром» (И). Результаты проведенного анализа почвенных образцов на содержание в них кислоторастворимых соединений ТМ представлены в табл. 1. Изучение основных характеристик отобранных почвенных образцов позволяет распределить их по степени распространенности ТМ в разных районах города в ряд: Свердловский > Мотовилихинский > Орджоникидзевский > Кировский > Дзержинский > Индустриальный р-н. Эксперименты по извлечению ТМ из почвенных образцов (20 г) проводили в течение 7 сут с помощью растворов (80 мл) синтетического сурфактанта Твина 60 (170 мг/л воды) и неочищенных *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов гликолипидной природы (4 г/л воды), продуцируемых родококками в жидкой минеральной среде с *n*-додеканом (C₁₂) или *n*-гексадеканом (C₁₆) (3 об. %). В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Количественное определение водо- и кислоторастворимых форм ТМ осуществляли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра AA-6300 (Shimadzu, Япония). Все эксперименты проводили в трехкратной повторности.

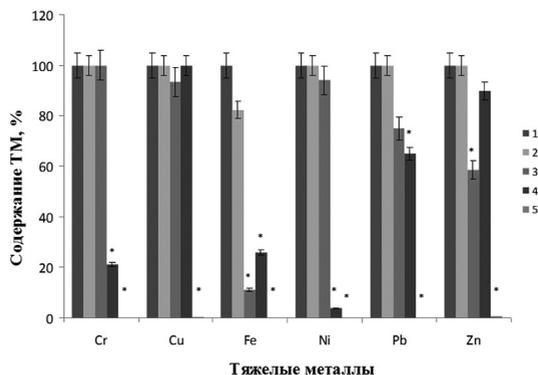
Таблица 1

Содержание ТМ в образцах почв, отобранных в зоне деятельности промышленных предприятий г. Перми

№	Тяжелые металлы, мг/кг почвы			
	Cd	Cr	Cu	Fe
1ПП	0,2±0,01	30,6±3,0	10,8±0,8	561,5±2,6
2ПП	0,6±0,04	19,0±2,1	108,9±8,4	562,0±0,4
3ПП	0±0	200,8±0,8	13,7±0,1	554,7±2,9
4ПП	0,3±0,03	43,5±1,7	184,6±2,6	563,0±4,7
5ПП	0,3±0,02	23,9±3,9	60,0±10,3	552,8±4,5
6ПП	0,1±0,01	18,2±0,5	21,2±0,2	556,4±0,1
7ПП	0,3±0	14,1±1,0	49,1±0,9	537,9±2,3
8ПП	0,4±0,01	43,8±2,9	99,6±7,2	553,2±0,1
9ПП	0,2±0,04	8,7±0,9	22,7±2,2	548,6±1,4
10ПП	0,6±0,04	14,8±1,4	18,3±3,7	533,9±4,3
11ПП	0,1±0,03	10,3±0,8	9,8±0,4	535,8±0,7
№	Тяжелые металлы, мг/кг почвы			
	Ni	Pb	Zn	
1ПП	56,0±2,5	26,8±2,8	49,3±1,0	
2ПП	36,6±3,4	46,7±8,2	59,8±0,4	
3ПП	282,3±4,1	9,5±0,4	34,0±5,9	
4ПП	93,9±8,5	134,2±3,7	61,0±0,2	
5ПП	51,4±3,3	47,2±3,1	61,9±1,0	
6ПП	31,0±1,5	9,0±0	41,0±0,7	
7ПП	26,5±1,9	31,1±5,1	58,9±0,03	
8ПП	107,5±6,3	52,4±2,3	55,7±1,1	
9ПП	14,4±1,7	11,8±0,6	39,1±2,9	
10ПП	18,1±1,3	64,7±3,3	60,0±1,5	
11ПП	13,5±0	4,9±1,5	22,8±1,3	

На рис. ниже представлены результаты извлечения ТМ из образцов загрязненной почвы, отобранной в Свердловском районе г. Перми.

Наиболее эффективным действием при извлечении ТМ из образцов почвы обладает неочищенный препарат биосурфактантов, продуцируемых родококками в среде с *n*-гексадеканом. Подобная закономерность выявлена и в отношении образцов почв, отобранных в других районах (Дзержинском, Кировском, Мотовилихинском, Орджоникидзевском и Свердловском) города. Количество ТМ, оставшихся в почве после отмывания *Rhodococcus*-биосурфактантами (продуцируемыми родококками при росте в среде с *n*-гексадеканом), составило до 0,6 мг/кг почвы. Как видно из табл. 2, максимальная степень извлечения ТМ из всех отобранных почвенных образцов наблюдается при использовании *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов. После обработки загрязненной почвы биосурфактантами содержание в ней некоторых ТМ не регистрировалось. Функциональная активность используемых в работе *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов, продуцируемых родококками в жидкой минеральной среде как с *n*-додеканом, так и *n*-гексадеканом, сопоставима для извлечения из техногенно загрязненных дерново-подзолистых, песчаных и суглинистых почв таких ионов ТМ, как Cd^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} .



Остаточное содержание ТМ в образце почвы (ЗПИ), отобранной в Свердловском районе г. Перми.

- 1 – исходное содержание ТМ; 2 – после отмывания почвы водой; 3 – Твином 60;
 4 – *Rhodococcus*-биосурфактантами, продуцируемыми родококками в присутствии C_{12} ;
 5 – *Rhodococcus*-биосурфактантами, продуцируемыми родококками в присутствии C_{16} .
 * статистически достоверно ($p < 0,05$) от контроля

Таблица 2

Максимальное извлечение ионов ТМ (%) из образцов техногенно загрязненных почв г. Перми с помощью биосурфактантов

Ионы ТМ	<i>Rhodococcus</i> -биосурфактанты, продуцируемые родококками в присутствии		Твин 60	Вода (Контроль)
	<i>n</i> -додекана	<i>n</i> -гексадекана		
Cd^{2+}	100,0	100,0	65,2	29,5
Cr^{3+} , Cr^{6+}	78,8	100,0	75,7	0,0
Cu^{2+}	71,6	99,7	49,7	9,7
Fe^{2+} , Fe^{3+}	92,1	10,0	92,5	28,2
Ni^{2+}	96,1	99,8	70,2	0,0
Pb^{2+}	81,0	100,0	63,4	37,0
Zn^{2+}	81,9	99,4	63,4	0,0

Литература

1. Костина Л. В., Куюкина М. С., Ившина И. Б. Биосорбция, аккумуляция и способы извлечения тяжелых металлов. LAP LAMBERT Academic publishing, 2010. 254 с.

BIOREMEDIATION OF HEAVY METALS FROM CONTAMINATED SOILS

A. V. TISCHENKO ¹, L.V. KOSTINA²

¹Perm State National Research University, Perm

²Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. *Rhodococcus*-biosurfactants were used to enhance heavy metal mobilization and extraction from anthropogenically metal-contaminated soils of Perm. The ability of *Rhodococcus*-biosurfactants to remove heavy metals from soil was 1.5–50.0 times higher than that of a synthetic surfactant Tween 60.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕД НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ БИОПЛЕНОК БАКТЕРИЕЙ *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM*

А. А. УЛЬДАНОВА, А. Л. ТУРСКАЯ, Ю. А. МАРКОВА

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

E-mail: Uldanova_anna@mail.ru

Сегодня известно, что большинство бактерий существуют в природе не в виде свободно плавающих клеток, а в виде специфически организованных биопленок, причем сами бактерии составляют лишь 5–35% массы биопленки, остальная часть – межбактериальный матрикс [3]. По современным представлениям биопленка – непрерывный слой бактериальных клеток, прикрепленных к поверхности и друг к другу, заключенных в биополимерный матрикс [5].

В составе биопленок бактерии значительно более устойчивы к действию антибиотиков и дезинфектантов, что создает серьезные проблемы в борьбе с инфекционной заболеваемостью человека, животных и растений [6, 2]. На процесс формирования биопленок и их свойства влияют факторы окружающей среды и свойства клеток самого микроорганизма. Положительным образом на адгезию и последующее формирование биопленки в основном влияют те факторы, которые в данных условиях рассматриваются микроорганизмом как стрессовые [1].

Род *Pectobacterium*, относящийся к семейству *Enterobacteriaceae*, объединяет свойство продуцировать пектолитические ферменты, играющие важную роль в патогенезе вызываемых ими поражений. *P. carotovorum* вызывает болезни важных сельскохозяйственных культур, образуя мягкие гнили за счет продукции и секреции набора экзоферментов, деполимеризующих клеточную стенку растения. Виды, относимые к роду *Pectobacterium*, чаще ассоциированы с ризосферной зоной и представляют собой подвижные палочки 0,5–1,0×1–3 мкм, не образующие капсул. Бактерии рода *Pectobacterium* ферментируют углеводы с образованием кислоты; разлагают D-глюкозу, галактозу, сахарозу, фруктозу, D-манит, D-маннозу, рибозу и D-сорбит; реже сбраживают адонит, декстрин, дульцит и мелицитозу; вариablyно утилизируют L-арабинозу, глицерин, D-ксилозу, лактозу, мелибиозу, L-рабнозу, раффинозу, D-сорбит, трегалозу, салицин, инозит и малонат [4].

В связи с вышеизложенным целью нашего исследования было изучить влияние источников углерода, таких как шестиатомные спирты (дульцит, инозит, маннит), сахара (D-ксилоза, лактоза, мальтоза и фруктоза) и аминокислота (триптофан), на процесс образования и развития биопленок фитопатогенной бактерией *P. carotovorum* в лабораторных условиях.

Для изучения влияния источников углерода в среде на динамику образования биопленок *P. carotovorum* использовался метод световой микроскопии и спектрофотометрический метод исследования. На основании данных, полученных методом световой микроскопии, с помощью программы ImageJ было подсчитано среднее количество бактериальных клеток, культивированных на среде с разными источниками углерода. Для измерения длины и ширины бактериальных клеток использовалась программа AxioVision. На основании предыдущих исследований было установлено, что наиболее оптимальной концентрацией углеводов является 5 г/л [2, 7]. Методом спектрофотометрии (Infinite 200, Tecan Австрия)

была изучена динамика изменения плотности бактериальной суспензии и степени образования биопленок микроорганизмами в лунках полистироловых планшетов. С помощью метода световой микроскопии (Axio Observer Z1 Carl Zeiss, Германия) нами были получены данные, свидетельствующие о том, что количество клеток, сорбировавшихся на стекле, различалось в зависимости от источника углерода в среде. Так, на среде с содержанием глюкозы, которая считается наиболее благоприятным субстратом для культивирования микроорганизмов, многоклеточные сообщества формировались уже на 1 сут (1209 ± 177 клеток), те же темпы роста наблюдались и на среде с инозитом. Впоследствии на среде с глюкозой вследствие истощения субстрата и накопления токсичных продуктов метаболизма происходило их разрушение (на 8 сут – 67 ± 27 клеток), на среде с инозитом, напротив, наблюдалось увеличение количества клеток более чем в 10 раз на 8 сут. Данные были подтверждены методом спектрофотометрии (оптическая плотность биопленок на 3 сут – 0,037 нм; на 7 сут – 0,016 нм). Поэтому мы пришли к выводу, что из использованных в эксперименте соединений наиболее благоприятным субстратом для образования биопленок оказался инозит, который способствовал формированию многоклеточных сообществ (1 сут – 365 ± 273 клеток, 6 сут – 915 ± 176 клеток, 8 сут – 3529 ± 586 клеток). Среда без источника углерода (забуференный физиологический раствор) наименее благоприятна для культивирования бактерий (на 1 сут 19 ± 11 клеток), однако на 8 сутки заметно увеличение количества сорбировавшихся на стекле бактерий (129 ± 52 клеток), что было подтверждено спектрофотометрическим методом (оптическая плотность на 3 сут 0; на 7 сут 0,03 нм).

Известно, что форма бактериальных клеток меняется в зависимости от степени благоприятности среды культивирования. Были измерены размеры клеток на 8 сут культивирования на средах с разными источниками углерода. Оказалось, что при культивировании в забуференном физиологическом растворе без добавления углерода клетки приобретают округлую форму (отношение длины к ширине – 1,6). Это свидетельствует о том, что они находятся в стрессовом состоянии и пытаются приобрести форму, характеризующую наименьшим объемом занимаемого пространства. При этом в средах с внесением углерода, особенно с добавлением инозита, который оказал наиболее благоприятное воздействие на процесс образования биопленок, бактериальные клетки имели более вытянутую форму, о чем свидетельствует отношение длины к ширине (глюкоза – 2,4; инозит – 3,5). Наиболее благоприятной оказалась среда с содержанием многоатомного спирта инозита. На среде с содержанием этого источника углерода бактерии более интенсивно образовывали биопленки. Входя в состав фосфолипидов мембран, инозитол, который является сигнальной молекулой у архей и эукариот и принимает участие в различных физиологических процессах, способствующих транспорту веществ, участвует в процессах экзо- и эндоцитоза [8]. Очевидно, многоатомный спирт инозитол также опосредованно играет роль в формировании прокариотами многоклеточных сообществ, однако механизм этого участия на сегодняшний день абсолютно не изучен.

Литература

1. Ковтунов Е. А. Изменения в структуре ДНК у мутантов ассоциативных альфапротеобактерий *Azospirillum brasilense* по жгутикованию и социальному поведению: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.03. Саратов, 2014. 24 с.
2. Коробов В. П. Анализ чувствительности процессов формирования биопленок *Staphylococcus epidermidis* 33 к некоторым факторам внешней среды // Вестник Пермского университета. Биология. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. Вып. 1. С. 59–63.
3. Мальцев С. В. Что такое биопленка? // Природная медицина. 2013. № 1. С. 86–88.
4. Поздеев О. К. Энтеробактерии: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 720 с.
5. Романова Ю. М. Бактериальные биопленки как естественная форма существования бактерий в окружающей среде и организме хозяина // Микробиология. 2011. № 3. С. 99–109.
6. Романова Ю. М. Образование биопленок – пример «социального» поведения бактерий // Микробиология. 2006. Т. 75. С. 556–561.
7. Ульданова А. А. Роль глюкозы в формировании биопленок разными видами бактерий *Escherichia coli* и *Pectobacterium carotovorum* // Известия ИГУ. 2013. № 3.1. С.35–40.
8. Michell R. M. Inositol derivatives: evolution and function // Molecular cell biology. 2008. Vol. 9. P. 151–161.

THE EFFECTS OF SOME CARBOHYDRATE-CONTAINING MEDIA ON THE FORMATION OF BIOFILMS BY BACTERIA *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM*

A. A. ULDANOVA, A. L. TURSKAYA, YU. A. MARKOVA

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Summary. The aim of our study was to study the effect of carbon sources such as setiathome alcohols (dulcic, Inositol, mannitol), sugars (D-xylose, lactose, maltose and fructose) and amino acid (tryptophan), on the formation and development of biofilms by phytopathogenic bacterium *P.carotovorum* in laboratory conditions. To study the effect of carbon sources in the environment on the dynamics of the formation of biofilms *P.carotovorum* used method of light microscopy and spectrophotometric studies. Used in the experiment of compounds the most favorable substrate for the formation of biofilms has been Inositol, which contributed to the formation of multicellular communities (1 day – 365 ± 273 cells, 6 day – 915 ± 176 cells, 8 day – 3529 ± 586 cells). Medium without carbon source (buffered saline), the least favorable for the cultivation of bacteria (on the 1st day of 19 ± 11 cells). In environments with the introduction of the carbon, especially with the addition of Inositol, bacterial cells were more elongated shape, as evidenced by the ratio of length to width (glucose – 2.4; Inositol – 3,5). The most favorable was the medium with the content of the polyhydric alcohol Inositol, in the medium with the content of the carbon source bacteria more intensively formed biofilms.

ИЗМЕНЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА У БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI*, МУТАНТНЫХ ПО СИНТЕЗУ ГЛУТАТИОНА, ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТИБИОТИКОВ

В. Ю. УШАКОВ^{1,2}, Г. В. СМИРНОВА¹, О. Н. ОКТЯБРЬСКИЙ¹

¹ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

² Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: ushakovvad@yandex.ru

Ранее было показано, что в ответ на различные стрессы (температурный и осмотический шок, голодание, действие антибиотиков и т. д.) в аэробных культурах грамположительных и грамотрицательных бактерий наблюдаются скачки редокс-потенциала (Eh). Так, при добавлении в среду культивирования бактерий *E. coli* хлорамфеникола происходило падение Eh в область отрицательных значений. В дальнейшем было обнаружено, что наблюдаемые при стрессах изменения редокс-потенциала связаны с изменением концентрации низкомолекулярных тиолов снаружи клетки. Было показано также, что у бактерий *E. coli* основной вклад в тиолы, выходящие из клетки во время стрессового воздействия, вносит глутатион (GSH).

Целью настоящей работы было измерение уровня внеклеточных тиолов, Eh и парциального давления кислорода в клетках *E. coli*, дефицитных по синтезу глутатиона при действии антибиотиков. В экспериментах использовался генно-инженерный штамм *E. coli* JW 2663 (*gsh*⁻).

Клетки выращивали в аэрируемой среде М9 с глюкозой (1 г/л); в процессе культивирования производили непрерывную регистрацию Eh и парциального давления кислорода (pO₂).

Исследования показали, что при добавлении в среду культивирования ципрофлоксацина (3 мкг/мл) и хлорамфеникола (25 мкг/мл) происходило обратимое падение редокс-потенциала на 20 и 60 мВ, соответственно в течение 30 минут. Необратимое падение Eh на 50 мВ наблюдалось в течение 60 минут после обработки бактерий ампициллином (10 мкг/мл). Добавление в среду культивирования стрептомицина (30 мкг/мл) не приводило к изменению Eh.

При добавлении стрептомицина и ампициллина происходило снижение dO₂ в 2 раза в течение 50–60 минут, после – резкое повышение, что, вероятно, связано с лизисом клеток. Хлорамфеникол и ципрофлоксацин приводили к ингибированию дыхания клеток: парциальное давление кислорода повышалось в течение 105 минут на 40 и 20 % – соответственно.

Достоверное повышение внеклеточных тиолов на 25% после внесения антибиотика отмечалось только в экспериментах с ципрофлоксацином.

Работа выполнена при поддержке грантом Президиума УрО РАН для молодых ученых 14-4-НП-126, а также грантом РФФИ-Урал №14-04-96031.

CHANGE OF EH AND OXYGEN PRESSURE LEVEL IN GLUTATHIONE-DEFICIENT STRAIN *ESCHERICHIA COLI* UNDER ANTIBIOTICS TREATMENT

V. YU. USHAKOV^{1,2}, G. V. SMIRNOVA¹, O. N. OKTYABRSKY¹

¹ Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of Academy of Sciences, Perm

² Perm State National Research University, Perm

Summary. The results of the present study indicate that cell treatment with antibiotics leads to Eh shift and change of oxygen pressure level in glutathione-deficient strain.

ИЗУЧЕНИЕ *BPH*-ГЕНОВ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ БИФЕНИЛА ИЗ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

А. О. Воронина, Е. С. Шумкова

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

E-mail: voroninaao@gmail.com

К числу широко распространенных поллютантов относятся полихлорированные бифенилы (ПХБ) – высокотоксичные ароматические соединения, исключительно устойчивые к физическим и химическим воздействиям. Несмотря на запрет уже в 70-х гг. XX в. промышленного выпуска и использования ПХБ, до сих пор остается актуальной проблема их утилизации и очистки загрязненных почв и донных отложений [7]. Почвы ОАО «Средне-Волжский завод химикатов» г. Чапаевска (Самарская область) длительное время загрязнялись высокотоксичными хлорароматическими соединениями, в том числе и ПХБ. Известно, что бактерии играют важную роль в процессах самовосстановления природной среды, загрязненной различными ароматическими соединениями и их хлорпроизводными. Разложение бифенила и ПХБ происходит у разных микроорганизмов по общему, «верхнему», пути в процессе которого бифенил через четыре этапа расщепляется до пентадиеновой и (хлор)бензойной кислот. На первом этапе разложения бифенил окисляется до бифенил-дигидродиола бифенил 2,3-диоксигеназой, которая является ключевым ферментом, осуществляющим первую реакцию гидроксирования (включение двух гидроксильных групп в ароматическое кольцо) бифенила. α -Субъединица бифенил 2,3-диоксигеназы (*BphA1*) отвечает за распознавание субстрата и связывание с ним [4].

Цель работы – исследование разнообразия *bphA1*-генов (кодирующих α -субъединицу бифенил 2,3-диоксигеназы) бактерий-деструкторов бифенила, входящих в состав микробного сообщества загрязненных почв г. Чапаевска (Самарская область).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: путем накопительного культивирования на бифениле получить ассоциацию микроорганизмов из образцов загрязненной почвы (г. Чапаевск); выделить активные бактерии-деструкторы бифенила из полученных накопительных культур; амплифицировать *bphA1*-гены с геномной ДНК чистых культур бактерий-деструкторов и тотальной ДНК накопительных культур; исследовать ключевые гены деструкции бифенила/ПХБ у активных бактерий-деструкторов.

Для получения накопительных культур использовалась жидкая минеральная среда K1 [2] с добавлением бифенила в качестве единственного источника углерода в количестве 1 г/л. Культивирование бактерий проводили на качалке (100 об/мин) при температуре +28 °С в течение 30 дней. Для получения агаризованной среды добавляли агар до конечной концентрации 1,5 %. Для выделения ДНК из накопительной культуры использовали набор реактивов для выделения геномной ДНК из бактериальных клеток («Биосилика», Россия). При подготовке проб ДНК из чистых культур бактерий использовали метод «щелочного лизиса». ПЦР осуществляли на приборе MyCycler (Bio-Rad Laboratories, США), с праймерами, специфичными к исследуемым *bphA1*-генам [3]. Определение нуклеотидных последовательностей проводили на автоматическом секвенаторе Genetic Analyser

3500XL (Applied Biosystems, США), с применением набора реактивов Big Dye Terminator Ready Reaction Kit v. 3.1 (Applied Biosystems, США) в соответствии с рекомендациями производителя. Анализ нуклеотидных последовательностей осуществляли с использованием программ CLUSTAL W [5] и Sequence Scanner v1.0. Поиск гомологичных последовательностей проводили в базе данных GenBank [6].

Методом накопительного культивирования на бифениле получены ассоциации микроорганизмов (обозначенные: Ч2(4)а, Ч2(4)б, Ч6, Ч6(2), Ч6(3)). Методом ПЦР проведено исследование этих накопительных культур на наличие генов *bphA1*. С матриц тотальной ДНК были получены ПЦР-продукты ожидаемой длины (около 500 п.н.).

Из накопительных культур Ч2 и Ч6 были выделены 19 аэробных бактериальных штаммов, способных использовать в качестве ростового субстрата незамещенный бифенил. Наибольшую деградационную активность по отношению к этому субстрату проявляли штаммы, обозначенные как Ч6(2)-25 и Ч6(2)-28. Методом ПЦР со специфичными праймерами [1] установлено наличие у этих штаммов генов, кодирующих α -субъединицу бифенил 2,3-диоксигеназы (*bphA1*), бензоат 1,2-диоксигеназу (*benA*), 2,3-дигидроксибифенил 1,2-диоксигеназу (*bphC*), 2-гидрокси-6-оксо-6-фенилгекса-2,4-диенат (ГОФДК) гидролазу (*bphD*). Наличие гена (*bphB*), кодирующего фермент 2,3-дигидрокси-2,3-дигидробифенил дегидрогеназу, не установлено. Можно сделать вывод, что штаммы Ч6(2)-25 и Ч6(2)-28 имеют сходство по функциональным генам, контролирующим основные этапы деструкции бифенила/ПХБ. Анализ нуклеотидных последовательностей *bphA1*-ампликонов штаммов Ч6(2)-25 и Ч6(2)-28 показал принадлежность исследуемых фрагментов ДНК к семейству «*bph*-генов» и выявил высокую гомологию (99 %) с фрагментами известных штаммов-деструкторов ПХБ/бифенила рода *Rhodococcus*.

Работа выполнена при финансовой поддержке программой Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология» (№ ГР 01201256872) и грантом РФФИ-Урал №13-04-96049 p_урал_a (№ ГР 01201365699).

Литература

1. Егорова Д.О. [и др.]. Деструкция ароматических углеводородов штаммом *Rhodococcus wratislaviensis* КТ112-7, выделенным из отходов соледобывающего предприятия // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49. № 3. С. 267–278.
2. Егорова Д.О. [и др.]. Разложение хлорированных бифенилов и продуктов их биоконверсии штаммом *Rhodococcus* sp. В7а // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. № 6. С. 644–650.
3. Iwai S. [et al]. Comparison of the specificities and efficacies of primers for aromatic dioxygenase gene analysis of environmental samples // Appl. Environ. Microbiol. 2011. Vol. 77, № 11. P. 3551–3557.
4. Pieper D.H. Aerobic degradation of polychlorinated biphenyls // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2005. Vol. 67. P. 170–191.
5. <http://www.ebi.ac.uk/clustalw>
6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
7. <http://www.unep.org>

EXAMINATION OF *BPH*-GENES OF BIPHENYL-DEGRADING BACTERIA FROM TECHNOGENICALLY CONTAMINATED SOIL

A. O. VORONINA, E. S. SHUMKOVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS, Perm

Summary. Biphenyl-degrading bacteria were detected in contaminated soil of the city of Chapaevsk (Samara Region). Functional genes regulating key stages of biphenyl/polychlorinated biphenyls degradation were identified and examined in two strains CH(2)-25 and CH(2)-28.

ШТАММЫ АКТИНОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ БАЙКАЛЬСКИХ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ, КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

И. В. ВОЙЦЕХОВСКАЯ, Д. В. АКСЕНОВ-ГРИБАНОВ

Иркутский государственный университет

НИИ биологии Иркутского государственного университета

E-mail: irina.voytsekhovskaya@gmail.com

Производство биологически активных соединений микроорганизмами в настоящее время представляет большой интерес и имеет широкое прикладное значение [3]. Одной из основных таксономических групп, получивших широкое распространение при производстве биологически активных соединений, в том числе ферментов, витаминов, антибиотиков и др., являются актиномицеты (актинобактерии) [8]. Несмотря на широкую изученность данной группы микроорганизмов, штаммы, полученные из необычных, редких и неисследованных сообществ, представляют большой интерес и имеют важное промышленное значение [7].

Одной из наиболее необычных и неисследованных экосистем является древнейшее пресноводное озеро Байкал, фауна которого насчитывает более 2600 видов, 80 % из которых являются эндемиками [2]. Наибольший интерес для поиска новых видов актиномицетов представляют симбионтные сообщества микроорганизмов, ассоциированные с бентосными эндемичными беспозвоночными озера Байкал [1]. Особый интерес представляют амфиподы – доминантная группа макробеспозвоночных Байкала, выполняющая ключевые роли в трофических цепях озера, и губки – высокопродуктивные природные фильтраторы байкальской воды.

Учитывая выраженную потребность амфипод в защитных механизмах против инфекций и токсических соединений, присутствующих в падающем на дно органическом веществе, можно предположить, что падальщики обладают рядом симбиотических связей с актиномицетами, продукты активности которых могут обеспечивать им дополнительную резистентность.

Целью данного исследования являлся скрининг актиномицетов в байкальских макробеспозвоночных и оценка их биосинтетического потенциала. В качестве источников исследования были выбраны эндемичные виды: бентосный вид губки *Baicalospongia bacillifera* (Dyb., 1880) и сублитеральный вид амфипод *Pallasea cancellus* (Pal., 1772).

Для данного исследования были выделены чистые культуры актиномицетов из представленных эндемичных беспозвоночных, определена их таксономическая принадлежность по гену 16S рРНК. Нуклеотидные последовательности гена

16S рРНК, полученные в ходе ПЦР-реакции, сравнивали с последовательностями баз данных GenBank с помощью программы поиска высоко гомологичных последовательностей BLASTN 2.2.29+. Выделенные штаммы актиномицетов культивировали глубинным методом на средах SG и NL-19. Были проведены диффузионные тесты на определение антибиотической активности экстрактов из биомассы, культуральной жидкости и агаровых блоков против модельных штаммов бактерий и грибов (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus carnosus*, *Pseudomonas putida*, *Escherichia coli* TOLC, *Saccharomyces cerevisiae*). Также был оценен биосинтетический потенциал байкальских актиномицетов с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией HPLC-MS (LC-MS). Данный анализ проводился с применением хромато-масс-спектрометра Thermo scientific Ultimate 3000–MS Amazon (Германия). Анализ хроматограмм был проведен с помощью пакета программ Bruker Daltonics (Data Analsys 4.0) и DNP (Dictionary of Natural products).

По результатам анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК было установлено, что штамм актиномицетов, выделенный из губки *B. bacillifera*, относился к роду *Streptomyces sp.*, а штамм, выделенный из амфипод *P. cancellus*, был отнесен к роду *Nocardia sp.* Показано, что выделенные экстракты из биомассы, культуральной жидкости и агаровых блоков данных штаммов актиномицетов обладали антибиотической активностью против тест-культур *E. coli* TOLC и *S. cerevisiae* и не обладали антибиотической активностью против *B. subtilis*, *S. carnosus*, *P. putida*. В ходе анализа масс-спектрохроматограмм экстрактов актиномицетов установлено, что процент идентифицированных соединений, продуцируемых актиномицетами, составлял 9 % (n = 14), а неидентифицированных – 91 % (n = 141) от общего числа всех соединений (n = 155). Показано, что некоторые из идентифицированных соединений, выделенные из экстрактов биомассы и культуральной жидкости актиномицетов *Streptomyces sp.* и *Nocardia sp.*, были ранее обнаружены в макробеспозвоночных, а именно: фосфоцерамид в морской звезде *Comanthus japonica* [4], ангиасиол ацетат в моллюске *Aplysia Juliana* [5] и тетракозил β-D-глюкопиранозид в губке *Spongilla lacustris* [6]. Таким образом, показано, что ранее идентифицированные соединения продуцируются именно актиномицетами, которые могут являться для данных макробеспозвоночных симбионтами. Проведенные предварительные исследования указывают на то, что актиномицеты Байкала, ассоциированные с бентосными эндемичными беспозвоночными, обладают высоким биосинтетическим потенциалом и представляют большой интерес для дальнейшего исследования.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектной части ГЗ № 6.382.2014/К, грантов РФФИ № 14-04-00501 а, РФФ 14-14-00400 программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «ИГУ», а также Немецкой службы академических обменов.

Литература

1. Калюжная О. В. ПЦР-скрининг бактериальных культур, выделенных из пресноводной губки *Lubomirskia baicalensis*, на наличие генов синтеза вторичных метаболитов // Вода: химия и экология. 2013. № 7. С. 70–74.
2. Тимошкин О. А. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна: в 2 т. М.: Наука, 2004. 1679 с.

3. Храмова Е. А. Селекция продуцентов: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 132 с.
4. Ageo K. Constituents of Crinoidea. Isolation and structure of a glycosyl inositolphosphoceramide-type ganglioside with neuritogenic activity from the feather star *Comanthus japonica* // *Chemical & pharmaceutical bulletin*. 2004. Vol. 52, issue 9. P. 1140–1142.
5. Atta-ur-Rahman. A Diterpenoid Lactone from *Aplysia Juliana* // *Journal of natural products*. 1991. Vol. 54, issue 3. P. 886–888.
6. Hu J.M. A New Spongilipid from the Freshwater Sponge *Spongilla lacustris* // *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 2009. Vol. 30, issue 5. P. 1170–1172.
7. Jenke-Kodama H., Dittmann E. Evolution of metabolic diversity: insights from microbial polyketide synthases // *Phytochemistry*. 2009. Vol. 70, issue 15. P. 1858–1866.
8. Valli S. Antimicrobial potential of Actinomycetes species isolated from marine environment // *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*. 2012. Vol. 2, issue 6. P. 469–473.

**STRAINS OF ACTINOMYCETES, ISOLATED FROM THE BAIKAL
MACROINVERTEBRATES, LIKE THE PROSPECTIVE SOURCE FOR
SEARCHING OF BIOACTIVE SUBSTANCES**

I. V. VOYTSEKHOVSKAYA, D. V. AXENOV-GRIBANOV

Irkutsk State University, Irkutsk

Research institute of Biology, Irkutsk

Summary. This article provides results of the screening and an analysis of biosynthetic potential of actinomycetes, isolated from the Baikal macroinvertebrates. An analysis of mass-spec chromatograms extracts, had demonstrated that percent of identified compounds amounted to 9% (n=14), while percent of unidentified compounds amounted to 91% (n=141). Some of these identified compounds, isolated from the biomass and culture broth of the strains, had recently discovered in macroinvertebrates.

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ГЛИКОПОЛИМЕРОВ
ПОВЕРХНОСТИ И МАТРИКСА БИОПЛЕНОК БАКТЕРИЙ
AZOSPIRILLUM BRASILENSE SP245**

**С. С. ЕВСТИГНЕЕВА¹, Я. В. ХАЛЭПА², Ю. П. ФЕДОНЕНКО¹,
С. А. КОННОВА², В. В. ИГНАТОВ¹**

¹ *Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов*

² *Саратовский государственный университет*

E-mail: Stels20295@yandex.ru

В лабораторной микробиологической практике обычно используют планктонные (суспензионные) культуры бактерий при изучении динамики роста, получении биомассы клеток, анализе качественного и количественного состава клеточных компонентов и метаболитов. Однако в природных условиях большинство бактерий (95–99 %) формируют биопленки [1, 2], которые представляют собой непрерывный сформированный на разделе фаз мультислой клеток, погруженных во внеклеточный полимерный матрикс [2]. Матрикс представлен веществами углеводной и белковой природы, выделяемыми клетками в процессе организации бактериального сообщества, участвует в их пространственной стабилизации и выполняет протекторную функцию [4]. Образование биопленок способствует выживанию бактерий в естественных местах обитания, что подтверждается данными о повышенной устойчивости иммобилизованных культур к стрессовым воздействиям [5].

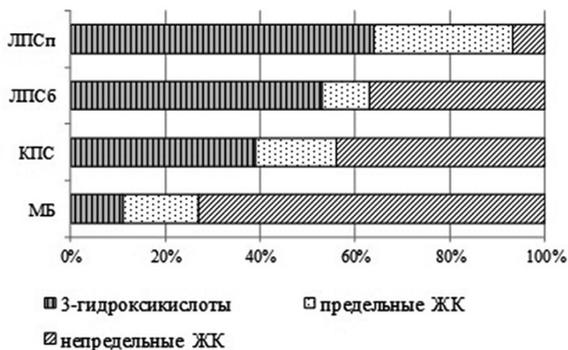
Грамотрицательные бактерии рода *Azospirillum*, вступающие во взаимовыгодные отношения со многими злаковыми культурами, формируют биопленки на поверхности корней растений. Несмотря на интенсивное изучение данного процесса у азоспирилл, открытым остается вопрос о химической природе экстраклеточного матрикса. В связи с этим нами было проведено сравнение гликополимеров поверхности планктонных культур с полисахаридами внешней мембраны и матрикса биопленок бактерий *A. brasilense* Sp245.

Бактерии *A. brasilense* Sp245 выращивали при 27 °С в течение 5 суток в колбах Эрленмейера (2000 мл) с малатной питательной средой (700 мл) без перемешивания. На поверхности раздела фаз «воздух-жидкость» образовывалась морщинистая розово-коричневая биопленка, которую отделяли от суспензионной культуры с помощью нейлонового крупноячеистого фильтра. Затем биопленки суспендировали в небольшом объеме фосфатного буфера (ФБ) и обрабатывали ультразвуком (Elmasonic S10H) двукратно по 30 мин. Клетки из суспензии осаждали центрифугированием при 3000 об/мин в течение 40 мин. Супернатант, представляющий комплекс веществ внеклеточного матрикса биопленок (МБ), диализовали и лиофилизировали. Планктонную культуру выращивали при тех же условиях, но на вибростенде при 180 об/мин. С поверхности осажденных центрифугированием клеток смывали ФБ капсульные полисахариды (КПС). Из клеток бактерий биопленок и планктонной культуры были выделены липополисахариды (ЛПС_п и ЛПС_б соответственно).

ЛПС обоих вариантов культур бактерий *A. brasilense* Sp245 были близки по химическому составу и содержали характерные для них компоненты: углеводы, остатки 2-кето-3-дезоксиктоновой и фосфорной кислот, а также рамнозу в качестве преобладающего моносахарида О-специфических полисахаридов (ОПС). В составе липидов А ЛПС были выявлены остатки предельных, непредельных и 3-гидроксигирных кислот (ЖК). Причем отличия заключались лишь в соотношении последних – увеличении доли непредельных ЖК в 5 раз при снижении содержания предельных ЖК ~ в 3 раза в препарате ЛПСБ по сравнению с ЛПСП (см. рис.). Возрастание доли ненасыщенных ЖК в липиде А ЛПСБ, вероятно, позволяет мембранам клеток адаптироваться к температурным колебаниям в среде и может служить подтверждением защитной роли биопленок [3]. Электрофорез в ДСН-ПААГ с визуализацией гликополимеров поверхности красителем на основе азотнокислого серебра показал, что для ЛПСП и ЛПСБ было характерно присутствие как высокомолекулярных S-, так и лишенных ОПС R-форм молекул.

В биополимерном составе МБ содержание углеводов уменьшилось в восемь раз в сравнении с гликополимером капсулы планктонной культуры. В то же время переход к иммобилизованному культивированию сопровождался увеличением в два раза количества белковых составляющих. Отличительной особенностью гидрофобного компонента МБ было преобладание тридекановой ЖК. Также для данного препарата характерно увеличение содержания непредельных ЖК два раза и снижение доли 3-гидроксикислот в четыре раза по сравнению с контрольным образцом, что не исключает появление новых липидных составляющих в составе МБ (см. рис.). Для гликополимеров матрикса было показано увеличение

интенсивности окрашивания треков и наличие дополнительных белковых полос в отличие от КПС планктонной культуры.



Соотношение 3-гидрокси-, предельных и непредельных ЖК в составе гликополимеров *A. brasilense* Sp245 планктонных культур и биопленок

Полученные результаты указывают на то, что основу внеклеточного полимерного МБ, продуцируемого азоспириллами при культивировании на границе раздела фаз «воздух-жидкость», составляют белковые молекулы.

Литература

1. Николаев Ю. А., Плакунов В. К. Биопленка «город микробов» или аналог многоклеточного организма // Микробиология. 2007. Т. 76, № 2. С. 149–163.
2. Смирнова Т. А., Диденко Л. В., Азизбеян Р. Р., Романова Ю. М. Структурно-функциональная характеристика бактериальных биопленок // Микробиология. 2010. Т. 79, № 4. С. 435–446.
3. Соловьева Т. Ф., Оводов Ю. С. Физические свойства грамотрицательных бактерий // Биол. мембраны. 1992. Т. 9, № 3. С. 245–258.
4. Brand S. S., Vik A., Friedman L., Kolter R. Biofilms: the matrix revisited // Trends Microbiol. 2005. Vol. 13. P. 20–26.
5. Jefferson K. K. What drives bacteria to produce a biofilm? // FEMS Microbiol. Lett. 2004. Vol. 236. P. 163–173.

FEATURES OF THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF SURFACE AND MATRIX GLYCOPOLYMERS OF BIOFILMS BACTERIA AZOSPIRILLUM BRASILENSE SP245

S. S. YEVSIGNEEVA¹, YA. V. KHALEPA², YU. P. FEDONENKO¹,
S. A. KONNOVA², V. V. IGNATOV¹

¹ Institute of biochemistry and physiology of plants and microorganisms RAS, Saratov

² Chernyshevsky Saratov State University, Saratov

Summary. *Azospirillum brasilense* Sp245, when forming biofilms at the air-liquid interface synthesize lipopolysaccharides similar in structure and composition to those, obtained from cells, grown in liquid medium. However, the biofilm matrix differs from extracellular polysaccharides of bacteria, cultured in liquid medium with stirring, in quantity of protein component.

АНТИМИКРОБНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ БИОПЛЕНОК, СФОРМИРОВАННЫХ НА ПЛАСТИНАХ ГОРНЫХ ПОРОД

Е. А. Зименс^{1,2}, Т. А. Шишлянникова², Е. В. Суханова², Г. А. Федорова²,
Н. Л. Белькова^{1,2}, В. В. Парфенова²

¹ Иркутский государственный университет

² Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: ekaterinasiemens93@gmail.com

Исследования гетеротрофов из природных экосистем позволяют проводить отбор микроорганизмов с множественной антагонистической активностью, продуцирующих эффективные антибактериальные вещества, способные угнетать рост различных бактерий, в том числе и условно-патогенных. В работах, представленных ранее, было показано, что байкальские штаммы родов *Streptomyces* и *Micromonospora* являются сильными антагонистами в отношении патогенных микроорганизмов [3]. Высокая численность и биоразнообразие бактериальных ассоциаций в биопленках на твердых субстратах предполагают широкий спектр способов выживания и множественные типы взаимодействия между микроорганизмами, а высокая конкурентоспособность за питательный субстрат – проявление антагонистической активности, в том числе и по отношению к бактериям разных таксономических групп. Изучение способности микроорганизмов проявлять антагонистическую активность позволяет охарактеризовать их адаптационные способности для понимания функциональной структуры биопленки в целом.

Целью настоящего исследования является характеристика антимикробных соединений микроорганизмов с множественной антагонистической активностью, выделенных из биопленок, сформированных на пластинах горных пород.

Культивирование гетеротрофных микроорганизмов из биопленок, сформированных на пластинах из горных пород в литоральной зоне озера Байкал, проводили на среде для олиготрофных микроорганизмов R₂A (HiMedia, Индия) при комнатной температуре. Для дальнейшей работы из полученной коллекции были взяты штаммы с антагонистическими свойствами [1]. Культуры идентифицировали по структурам рибосомных генов молекулярно-генетическим методом [2].

В результате исследования выделена коллекция гетеротрофных микроорганизмов (206), из которых 18 штаммов подавляли рост окружающих их бактерий. Молекулярно-генетическая идентификация показала, что разнообразие штаммов-антагонистов представлено 5 родами: *Bacillus* (10 штаммов), *Paenibacillus* (3), *Pseudomonas* (2), *Serratia* (2) и *Kocuria* (1).

Для дальнейшего исследования был выбран *Paenibacillus* sp. 12A, обладающий максимальной активностью в отношении патогенных микроорганизмов *S. aureus*, *E. coli* M17-02 и *B. subtilis* из музейной коллекции лаборатории водной микробиологии ЛИИ СО РАН.

Для характеристики антибиотических соединений штамм культивировали в колбах объемом 500 мл с 200 мл среды NSY (г/л: питательный бульон – 1,0, дрожжевой экстракт – 1,0, соевый пептон – 1,0) в течение 5 сут при комнатной температуре на орбитальном шейкере (160 об/мин). Антибиотическую активность микробного экстракта оценивали методом диффузии в агар по величине зоны

подавления роста тест-культуры вокруг лунки. В качестве тест-культуры использовали *Bacillus subtilis*. Микробный экстракт получали трехкратной экстракцией культуральной жидкости этилацетатом (25% V/V) с последующим концентрированием в вакууме до сухого остатка.

Тестирование суммарного экстракта *Paenibacillus* sp. 12A показало, что данный микроорганизм синтезирует активные соединения, подавляющие рост *B. subtilis*, зона подавления составила 5 мм.

Фракционирование микробного экстракта выполняли методом ВЭЖХ на микроколонном жидкостном хроматографе «Милихром А-02» (Россия) с обращенно-фазной колонкой ProntoSil 120-5-C18 AQ в режиме градиентного элюирования.

Для выявления антибиотических соединений хроматограмму условно делили на фракции длительностью 2 минуты каждая. Собранные фракции тестировали на наличие антибиотических веществ, подавляющих рост *B. subtilis* (см. табл.).

В суммарном экстракте *Paenibacillus* sp. 12A показано наличие одной активной фракции (20–22 мин), которая состоит из трех хроматографических пиков.

Масс-спектр активной фракции экстракта выполнен на tandemном времяпролетном масс-спектрометре с матричной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF) Ultraflex (Bruker Daltonics, Германия).

Показано, что активная фракция (20–22 мин) содержит массы в интервале 200–500 Da; при этом массы антибиотических соединений группы полимиксинов, характерных для бактерий рода *Paenibacillus*, не обнаружены [4–6]. Для характеристики антибиотических соединений необходимы дальнейшие исследования.

Антибиотическая активность фракций штамма *Paenibacillus* sp. 12A

Фракция, мин					
0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	10–12
Зона задержки роста тест-культуры, мм					
–	–	–	–	–	–
Фракция, мин					
12–14	14–16	16–18	18–20	20–22	22–24
Зона задержки роста тест-культуры, мм					
–	–	–	–	2–3	–

Таким образом, исследование гетеротрофных бактерий, выделенных из биопленок озера Байкал, показало, что они обладают высокой антагонистической активностью.

Исследование штамма *Paenibacillus* sp. 12A показало, что он является продуцентом антибиотических соединений, не относящихся к группе полимиксинов, которые характерны для бактерий этого рода.

Очевидно, что микроорганизмы из биопленочных ассоциаций представляют большой практический интерес как продуценты широкого спектра антибиотических веществ.

Литература

1. Кузнецова Е. А., Суханова Е. В., Штыкова Ю. Р., Парфенова В. В., Белькова Н. Л. Антагонистическая активность гетеротрофных микроорганизмов из биопленок на твердых субстратах литоральной зоны озера Байкал // Известия ИГУ. Сер. Биология. Экология. 2013. № 4.

2. Парфенова В. В. [и др.]. Изучение видового состава культивируемых гетеротрофных микроорганизмов оз. Байкал // Биология внутренних вод. 2006. № 1. С. 8–15.
3. Теркина И. А., Парфенова В. В., Ан Т. С. Антагонистическая активность актиномицетов озера Байкал // Прикл. биох. микробиол. 2006. Т. 42, № 2. С. 195–199.
4. Cheng C., Liu S., Xiao D., Hollembaek J., Yao L., Lin J., Hansel S. LC–MS/MS method development and validation for the determination of polymyxins and vancomycin in rat plasma // J. Chromatogr. B. 2010. Vol. 15, No. 878. P. 2831–2838.
5. Martin N. I., Hu H., Moake M. M., Churey J. J., Whittal R., Worobo R. W., Vederas J. C. Isolation, Structural Characterization, and Properties of Mattacin (Polymyxin M), a Cyclic Peptide Antibiotic Produced by *Paenibacillus kobensis* M // J. Biol. Chem. 2003. Vol. 11, No. P. 13124–13132.
6. Orwa J. A., Govaerts C., Busson R., Roets E., Van Schepdael A., Hoogmartens J. Isolation and structural characterization of polymyxin B components // J. Chromatogr. A. 2001. Vol. 6. P. 369–373.

ANTIBACTERIAL COMPOUNDS FROM HETEROTROPHIC MICROORGANISMS ISOLATED FROM THE BIOFILMS ON ROCKS

E. A. ZIMENS^{1, 2} T. A. SHISHLYANNIKOVA², E. V. SUKHANOVA²,
G. A. FEDOROVA², N .L. BELKOVA^{1, 2}, V. V. PARFENOVA²

¹ Irkutsk State University, Irkutsk

² Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

E-mail: ekaterinasiemens93@gmail.com

Summary. The study of heterotrophic bacteria isolated from biofilms of Lake Baikal, has shown that they have a high antagonistic activity. Results of this study showed that strain *Paenibacillus* sp. 12A produced some antibiotic compounds other than polymyxins, typical antibiotics for this genera. It is evident that the microorganisms of the biofilm associations are of great practical importance as producers of a wide spectrum of antibiotic substances.

ЧАСТЬ 4. АНАТОМИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

ОСОБЕННОСТИ МУСКУЛАТУРЫ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ *TURNIX NIGRICOLLIS* (TURNICIDAE, CHARADRIIFORMES) С ОСОБЫМ ВНИМАНИЕМ К РАСШИРЕННОЙ МУСКУЛЬНОЙ ФОРМУЛЕ ГАРРОДА

С. С. АЛЕКСАНДРОВ

Тверской государственный университет

E-mail: Toriandr@mail.ru

Семейство трехперстки по сей день остается неопределенным в систематическом плане таксоном, хотя чаще помещается в отряд Ржанкообразные [6, 7]. Немалую роль в определении систематического положения семейства играют морфологические признаки, используемые зачастую без понимания их функционального наполнения [1]. Поэтому представляемое исследование призвано не только отыскать в строении задних конечностей трехперсток новые признаки для кладистических построений (мускулатура задних конечностей трехперсток ранее в деталях не описывалась), но также наполнить их функциональным содержанием. Первым шагом на этом пути является определение расширенной мускульной формулы Гаррода. Это, в свою очередь, позволит в будущем дать указания на конкретные стадии в адаптивной эволюции группы [8].

Поверхностная мускулатура бедра чернобрюхой трехперстки *Turnix nigricollis* имеет ряд особенностей. Лентовидные брюшки *m. iliotibialis cranialis* и *m. i. lateralis* настолько сильно прирастают друг к другу, что трудно отделимы при препарировании. Волокна *m. iliotibialis cranialis*, каудальные из которых короче, оканчиваются на лежащем глубже конечном апоневрозе *mm. femorotibiales externus*, принимающем участие в формировании поверхностного слоя медиальной части пателлярного сухожилия [4]. Заметно разделение на *m. femorotibialis externus* и *m. femorotibialis medius*.

M. iliotibialis lateralis типичен, но преацетабулярная часть крайне мала (ее место занимают каудальные волокна *m. iliotibialis cranialis*) в противоположность мощной постацетабулярной части. Конечное сухожилие *m. iliotibialis lateralis* распространяется проксимальнее в середине брюшка, в силу чего мускульные волокна ацетабулярной порции значительно короче таковых пре- и постацетабулярной. *M. iliofibularis* с латеральной стороны целиком закрыт постацетабулярной частью *m. iliotibialis lateralis*. Строение указанного мускула у трехперсток в общем соответствует таковому у других птиц. Мускул крайне консервативен [2].

M. flexor cruris lateralis имеет очень сильно развитую *pars pelvica*. Вместе с *m. flexor cruris medialis* указанный мускул формирует вентролатеральную кромку бедра. Конечное сухожилие и сухожильные мостики *m. flexor cruris lateralis* прочно связаны с перемычкой, от которой отходит так называемая добавочная бедренная часть (*pars accessoria*). Ее волокна крепятся на вентролатеральной поверхности дистальной части стержня бедренной кости. *M. flexor cruris lateralis* имеет подобное строение и в других семействах отряда *Charadriiformes*. В расширенной формуле Гаррода тазовая часть мускула имеет обозначение X, а бедренная – Y.

M. ambiens есть у представителей только некоторых семейств *Charadriiformes*, причем степень его развитости различна. У чернобрюхой трехперстки данный мускул присутствует и имеет типичное строение. В расширенной формуле Гаррода обозначен литерой A_m [3].

Средний слой мускулатуры бедра представлен несколькими крупными мышцами. Типичное строение как и у других *Charadriiformes*, имеют *mm. femorotibiales*. У *Turnix nigricollis* хорошо заметно деление на наружную (*externus*), среднюю (*medius*) и внутреннюю (*internus*). Подразделение *m. femorotibialis internus* не выражено.

M. iliofibularis начинается от *crista iliaca dorsolateralis* и нижележащей части подвздошной кости, а также апоневротически от надвертлужной области. Строение типично для других семейств *Charadriiformes*.

Латеральнее располагается лентовидный *m. caudofemoralis*. У *Turnix nigricollis* этот одноперыстый мускул начинается сухожильно на вентральной стороне пигостилия, а крепится на заднелатеральной поверхности проксимальной 1/3 бедренной кости дистальнее *m. ischiofemoralis*. В расширенной формуле Гаррода обозначен литерой А. *M. iliofemoralis* отсутствует.

Интерес представляют мускулы, располагающиеся на *ala preacetabulare*. Дистальнее всего располагается *m. iliotrochantericus caudalis* и *m. iliofemoralis externus*. Последний в расширенной формуле Гаррода имеет букву D. Медиальнее располагаются *m. iliotrochantericus cranialis* и *m. iliofemoralis medius*. *M. iliofemoralis internus* отсутствует. Обращает на себя внимание очень развитая *m. ischiofemoralis*.

Основная масса мускулатуры голени в целом сосредоточена в ее проксимальной части. Вентральная, частично медиальная и вентролатеральная поверхности голени целиком образованы *m. gastrocnemius pars lateralis*, закрывающим *m. perforans et perforatus digiti 2* [5]. *M. gastrocnemius* состоит из трех частей: одноперыстая латеральная (*par slateralis*), одноперыстая промежуточная (*pars intermedia*), наименьшая из трех частей, и одноперыстая медиальная (*pars medialis*).

На латеральной поверхности внешний слой составляют *m. fibularis longus* и *m. flexor perforans et perforatus digiti 3*. Конечное сухожилие *m. fibularis longus* делится на две ветви над интертарзальным суставом. Дорсальная ветвь идет по латеральной стороне голени, пересекает интертарзальный сустав и вливается в конечное сухожилие *m. flexor perforatus digiti 3* в проксимальной половине цевки. Короткая ветвь вливается в латеральный край тибияльного хряща. В расширенной формуле Гаррода она имеет обозначение M_1 . Сам же *m. fibularis longus*, имеющий обозначение M, достаточно сильно развит. У представителей отряда *Charadriiformes* мускул, напротив, относительно слаб (исключая *Jacaniidae* и *Alcidae*).

В среднем слое мускулатуры голени выделяются *m. fibularis brevis*, имеющая в расширенной формуле Гаррода букву N, и *m. tibialis cranialis*, а также *m. flexor perforatus digiti 4* и *m. flexor perforans et perforatus digiti 2*. Среди мышц глубокого слоя особого упоминания заслуживает отсутствие *m. plantaris* и *m. popliteus*. *Vinculum tendinum flexorum* также отсутствует.

Таким образом, расширенная мускульная формула для *Turnix nigricollis* имеет вид ACDMM1NXYAm. Отличие от большинства семейств отряда Charadriiformes состоит в отсутствии *m. iliofemoralis internus* и *m. popliteus*. А от представителей отряда Gruiformes, к которому Turnicidae когда-то причислялись, трехперстки отличаются еще и отсутствием *m. plantaris*.

Литература

1. Держинский Ф. Я., Корзун Л. П. Современные подходы к интерпретации данных морфологии как путь получения новых сведений позоологии и эволюции позвоночных (на примере птиц) // Эволюционная морфология от К. Гегенбаура до современности. М.: Ника, 2004. С. 269–294.
2. Зиновьев А. В. Сравнительная анатомия, структурные преобразования и адаптивная эволюция аппарата двуногой локомоции птиц. М.: КМК, 2010. 285 с.
3. Зиновьев А. В. Начальные общие апоневрозы мышц голени как ключевой объект в миологии задней конечности птиц // Орнитология. 2003. Т. 30. С. 132–135.
4. Hutchinson J. R. The evolution of pelvic osteology and soft tissues on the line to extant birds (Neornithes) // Zoological Journal of the Linnean Society. 2001. Vol. 131. 123–168.
5. Hutchinson J. R. The evolution of femoral osteology and soft tissues on the line to extant birds (Neornithes) // Zoological Journal of the Linnean Society. 2001. Vol. 131. P. 169–1978.
6. Livezey B. C. Zusi R. L. Higher-order phylogeny of modern birds (Theropoda, Aves: Neornithes) based on comparative anatomy. II. Analysis and discussion // Zoological Journal of the Linnean Society. 2007. Vol. 149. P. 1–95.
7. Livezey B. C. Phylogenetics of modern shorebirds (Charadriiformes) based on phenotypic evidence: analysis and discussion // Zoological Journal of the Linnean Society. 2010. Vol. 160. P. 567–618.
8. Mayr G. The phylogeny of charadriiform birds (shorebirds and allies) – reassessing the conflict between morphology and molecules // Zoological Journal of the Linnean Society. 2011. Vol. 161. № 4. P. 916–934.

PECULIARITIES OF HINDLIMB MUSCULATURE OF MADAGASCAN BUTTONQUAIL (*TURNIX NIGRICOLLIS*, TURNICIDAE, CHARADRIIFORMES) WITH SPECIAL ATTENTION TO THE EXTENDED GARROD'S MUSCULAR FORMULA

S. S. ALEXANDROV

Tver State University, Tver

Summary. Although the family Turnicidae is now placed within Charadriiformes, its real systematic affinities remain ambiguous. The more characters are used to analyze the systematic position of buttonquails, the more correct assumptions can be made on the subject. Morphological characters, especially those of hind limbs, are of particular importance. Filling the gap in the knowledge of hindlimb anatomy of buttonquails, we provide, for the first time ever, the Garrod's muscular formula for the member of the family, *Turnix nigricollis*. The following formula ACDMM1NXYAm shows the difference between buttonquails and most of the charadriiforms by the absence in the former of *m. iliofemoralis internus* and *m. popliteus*. Treated earlier as members of Gruiformes, buttonquails lack *m. plantaris*, characteristic for this order. Further studies are necessary to reveal true affinities and adaptive evolution of Turnicidae.

ВЕСЕННИЙ ПРОЛЕТ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ПТИЦ ПО СТЕПНЫМ ОЗЕРАМ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Е. Н. БАДМАЕВА

АОУ ДПО РБ «БРИОП», Улан-Удэ

E-mail: jessi@inbox.ru

Степные озера Западного Забайкалья создают разнообразие условий обитания для водоплавающих и околоводных птиц. Многочисленные мелководные водоемы, разливающиеся по весне и началу лета, лежат на транзитных путях дальних северных мигрантов – гусей, уток, ржанок, песочников и бекасов, журавлей, чаек, крачек. Степные озера являются для них своеобразной стартовой площадкой, последней зоной рекреации перед долгим и трудным марш-броском над обширными и малокормными таежными пространствами. Часть пролетных мигрантов остается на гнездование, но большинство летит дальше – в лесотундру, тундру, на арктические побережья Северной Евразии. На степных озерах встречается 89 видов, или 60 %, из 148 (100 %), зарегистрированных в Западном Забайкалье, относящихся к 8 отрядам водно-болотной авифауны.

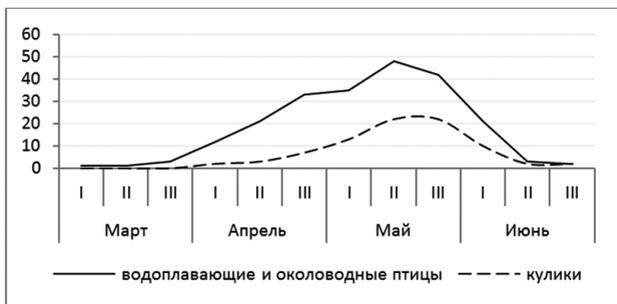
Динамику численности и населения птиц водно-болотных местообитаний определяют в основном колебания уровня общей увлажненности, связанные с циклическими изменениями гидрометеорологических условий разной продолжительности. Большинство из этих озер по степени минерализации относятся к соленым и горько-соленым озерам. Для водно-болотных птиц водоемы Западного Забайкалья значение имеют только в теплый период года – с конца апреля до ноября, поскольку на зиму они покрываются льдом, а степные озера промерзают практически до дна. Исключение составляют некоторые сухопутные околоводные птицы, обитающие в прибрежной растительности, которые могут встречаться в разные сезоны.

Фауна и население птиц изучались в ходе маршрутных эколого-фаунистических обследований, в сочетании со стационарными и кратковременными наблюдениями в период с 2002 по 2013 г. Также во внимание приняты данные предыдущих исследователей [2, 3 и др.]. Всего учетами пройдено около 500 км. Продолжительность наблюдений в сутки составляла от 2 до 10 часов. Она зависела от погодных условий, интенсивности миграций или кочевок.

Особенностью динамики численности водно-болотных птиц на степных озерах является их непрерывная цикличность и нестабильность как по сезонам года, так и по декадам и даже в течение нескольких дней. В высокой степени это справедливо для весеннего и весенне-летнего периода, когда пролет мигрантов приобретает массовый характер. Большинство водоплавающих видов прилетает весной раньше и улетает позже, чем кулики.

Формирование авифауны степных озер начинается во второй половине марта с прилетом первых перелетных видов – огаря и обыкновенной краквы. Они прилетают отдельными парами или небольшими группами по 3–5 особей и встречаются по участкам степей и сельскохозяйственным угодьям. Птицы часто останавливаются по разливам лугов и полей, где условия инсоляции близки к степным участкам и снег сходит рано, а промерзшая почва создает условия для накопления воды в низинах, часто занятых зарослями сорных трав и неубранных сельско-

хозяйственных культур. Первая массовая волна птиц появляется на юге Забайкалья с переходом среднесуточных температур воздуха через 0 °С [4]. Обычно это связано со значительным вторжением в начале апреля теплых масс воздуха с юга. В связи с особенностями ориентации котловин Забайкалья, открытых с юга, что способствует быстрому их проникновению к северу, первая массовая волна мигрантов достигает практически самых северных участков лесостепи. При этом количество птиц с продвижением на север значительно уменьшается.



Динамика весеннего пролета водоплавающих и околоводных птиц по степным озерам Западного Забайкалья

Валовый пролет птиц начинается с устойчивым переходом среднесуточных температур воздуха через 0 °С. Весенний прилет и пролет большинства видов водоплавающих птиц по Селенгинскому среднегорью наблюдается с середины апреля, принимая массовый характер во второй половине. Пик приходится на третью декаду апреля и первую половину мая. У отдельных видов массовый пролет продолжается до конца мая (см. рис.). Характер пролета в это время не имеет определенной направленности, и птицы встречаются на кочевках по проталинам рек и озер. Так, в середине апреля – начале мая в 2004 и 2005 гг. на озере Нижнее Белое (50' 40" с.ш. и 105' 50" в.д), еще не отошедшем ото льда, мы наблюдали большое количество пролетных водоплавающих. Весь световой день стоял птичий гомон. В третьей декаде апреля здесь во временном сообществе мигрантов доминируют гуменники, лебеди-кликун, обыкновенные кряквы и огари, общая численность которых может достигать 5–8 тысяч особей на одном озере.

В первой декаде мая доминантами здесь становятся красноголовые черны (до 2000 особей), хохлатые черны (до 1000–1500 особей), шилохвосты (400–500 особей), хотя в отдельные годы в это время гуменники и лебеди-кликуны бывают еще обычными. Вдоль береговых мелководий и прибрежий, освободившихся ото льда, наблюдаем пеганок, крякв, серых уток, чирков-свистунков, чирков-трескунков, свизей, шилохвость, гоголей, озерных чаек, единично – красавок и серых цапель. Среди временно пребывающих на степных озерах во время миграций птиц есть немало видов, гнездящихся в регионе: обыкновенный гоголь, шилохвость, свизь, хохлатая чернеть, серая утка, бекас, щеголь, турухтан. Останавливаются на отдыхе и другие виды. Например, 1 мая 2012 г. на Верхнем Белом озере насчитали 300–350 особей малого лебедя, считающегося у нас редким видом и

включенным в Красную книгу Бурятии (2013). В конце апреля и первой половине мая в сообществе водоплавающих птиц всегда заметны по численному преобладанию чирки-свистунки, чирки-трескунки, касатки, связыи, широконоски, которые, хотя и уступают вышеперечисленным видам (за исключением малого лебеда), неизменно входят в число субдоминантов (до 500–600 и иногда более особей каждый). В данную категорию из куликов можно включить чибиса. С середины мая и до конца месяца часть этих видов становится здесь содоминантами, но их численность не превышает 200–300 особей.

У околородной группы птиц куликов пролет начинается несколько позже, чем у гусей и уток. Хотя относительно ранний прилет характерен для гнездящихся в более поздние сроки – пролетных северных (тундровых) видов куликов. Причем многие северные виды куликов пролетают через степные озера нашего региона относительно поздно – в конце мая. Весенняя миграция куликов начинается по степным озерам в апреле и продолжается около 40–45 дней с окончанием в первых числах июня. Первыми появляются на местах своего гнездования в первой декаде апреля чибисы (первая группа). Вторая группа птиц появляется в первой половине мая, третья – в середине – конце третьей декады апреля. При повышении среднесуточных температур к третьей декаде апреля увеличивается видовое разнообразие куликов, которое достигает своего пика во второй декаде мая. В третьей декаде апреля мы наблюдали следующие виды куликов (10 видов): чибиса, малого зуйка, шилоклювку, черныша, фифи, поручейника, перевозчика, обыкновенного бекаса, большого веретенника, большого кроншнепа. К первой декаде мая появляются в дополнение к вышеуказанным видам большой улит, азиатский бекасовидный веретенник. Основная масса куликов (четвертая группа) летит во второй половине мая. Пик числа пролетных видов куликов падает на середину мая. В это время пролета видовое разнообразие увеличивается за счет северных видов. К концу мая пролет куликов идет на убыль. На пролете здесь отмечались: тулес, бурокрылая ржанка, золотистая ржанка, ходулочник шилоклювка, большой улит, щеголь, турухтан, длиннопалый песочник, белохвостый песочник, кулик-воробей, песочник-красношейка, длиннопалый песочник, белохвостый песочник, средний кроншнеп, азиатский бекасовидный веретенник (16 видов). Во второй и третьей декаде июня еще можно застать последних особей северных видов: бурокрылую ржанку, кулика-воробья, длиннопалого и белохвостого песочников. Далее устанавливается летний видовой состав куликов степных содовых озер Западного Забайкалья, насчитывающий, по нашим данным, в совокупности 33 вида.

По данным учетов и наблюдений за характером пребывания других околородных птиц Юго-Западного Забайкалья видно, что структура авифауны и их сообществ на степных озерах исключительно динамична во времени. Это напрямую связано с большой долей пролетных видов. Хотя их присутствие является кратковременным на озерах в весенний период, сроки пребывания отдельных видов не совпадают и растянуты во времени. Наибольшее видовое разнообразие птиц на озерах региона отмечается со второй половины апреля до 20-х чисел (второй декады) мая. Далее число пролетных видов резко уменьшается, и в первой декаде июня остаются только «местные» гнездящиеся птицы, за исключением запоздавших особей отдельных пролетных видов.

Динамичность видовой разнообразия и пространственно-временной структуры населения водоплавающих и околоводных птиц обусловлена большой долей северных пролетных видов, а также высокой подвижностью летующих и кочующих особей некоторых видов. Большое количество мигрантов на степных озерах Забайкалья позволяет сказать, что в период пролета они не избегают обширных открытых и безводных пространств. Весенний пролет куликов на степных озерах выражен ярче и более динамичен, чем осенний, его пик приходится на вторую декаду мая и конец августа.

Литература

1. Бадмаева Е. Н. Кулики степных озер Юго-Западного Забайкалья // Сибирская орнитология. Вып. 4. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2006. С. 18–33.
2. Доржиев Ц. З., Елаев Э. Н., Ешеев В. Е., Малеев В. Г. О летнем населении птиц степных озер юго-западного Забайкалья // Марш парков и охраняемые территории Байкальского региона. Улан-Удэ, 1999. С. 84–91.
3. Измайлов И. В., Боровицкая Г. К. Птицы Юго-Западного Забайкалья. Владимир: Изд-во Владимирского ин-та, 1973. 315 с.
4. Мельников Ю. И. Видимые миграции околоводных и водоплавающих птиц через горные системы Восточной Сибири // Вопросы изучения биоразнообразия и мониторинга состояния наземных экосистем Байкальского региона: Материалы науч.-практ. конф., посв. 30-летию ГПБЗ «Байкальский», 16–17 сентября 1999 г., п. Танхой. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 1999. С. 125–130.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ ГНЕЗД ОЗЕРНОЙ ЧАЙКИ ПРИ ГНЕЗДОВАНИИ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ И НА ПЕРИФЕРИИ КОЛОНИИ

М. А. Буланова

Челябинский государственный педагогический университет

E-mail: ms.kalachewam@mail.ru

Гнездо озерной чайки представляет собой округлый настил из рогаза, осоки, хвоща, камыша и других водных растений, в котором делается углубление для яиц. Размеры гнезда связаны с условиями его размещения [2]. По литературным данным, в условиях Прикамья озерные чайки могут строить гнезда на обросших кочках и даже на бревнах [3]. По данным Ю. А. Самородова [7], чайковые используют остатки старых гнезд и редко строят новые.

Гнезда озерных чаек располагаются на границе двух сред: водной и воздушной. Данные экологические условия определяют особенности состава и также влияют на размеры гнезд. Поддержание гнезда в оптимальном состоянии возможно благодаря особому расположению материала и поведению птиц как при строительстве гнезда, так и во время насиживания [4].

В литературе приведены размеры гнезд озерных чаек [1, 5–7]. Размеры гнезд озерных чаек варьируют в зависимости от расположения: например на озере Киево гнезда на сухих и влажных участках имели соответственно диаметр у основания 22 и 50 см, а высоту 4,5 и 30 см [2]; в более влажных местах гнезда могут иметь еще большие размеры – диаметр 90 см, высоту 40 см [8].

В 2014 г. изучались параметры гнезд озерных чаек на озере Смолино. Результаты 2014 г. (табл. 1) показывают, что средний диаметр гнезда в центре колонии – 41,6 см, на периферии – 40,5 (различия статистически недостоверны при $t = 0,3$),

диаметр лотка соответственно равен 15,0 и 14,7 см (различия статистически недостоверны при $t = 0,75$), высота гнезда – 11,5 и 10,1 см (различия статистически недостоверны при $t = 1,5$), глубина лотка – 3,9 и 4,3 см (различия статистически достоверны при $t = 2$).

Параметр гнезда – глубина лотка, имеет тенденцию увеличения от биологического центра к периферии колонии. Уменьшение диаметров гнезда на периферии колонии по сравнению с центром может быть вызвано большей плотностью гнездования. Однако по литературным данным гнезда большего диаметра расположены на периферии колонии и имеют большую устойчивость к абиотическим факторам среды.

Таблица 1

Размеры гнезд озерной чайки, озеро Смолино, 2014 г.
(при завершенной и незавершенной кладках)

Часть колонии	n	Диаметр гнезда, см				Диаметр лотка, см			
		Больший		Меньший		Больший		Меньший	
		\bar{x}	$\pm\sigma$	\bar{x}	$\pm\sigma$	\bar{x}	$\pm\sigma$	\bar{x}	$\pm\sigma$
Биологический центр	15	44,4	10,1	37,2	10,1	15,6	1,4	14,1	1,2
	15	45,6	7,8	39,3	4,9	15,8	1,2	14,6	1,5
Периферия	12	42,8	9,3	36,3	6,1	15,1	2,0	13,4	2,0
	10	44,8	10,9	38,0	10,5	15,9	1,7	14,5	1,2

Примечание. В числителе – при снесении 1-го яйца, в знаменателе – после завершения кладки

Сравнение размеров гнезд незавершенных и завершенных кладок показало, что к завершению кладки увеличиваются диаметры гнезда и лотка, но практически неизменной остается высота и глубина лотка как в центре, так и на периферии колонии. Следовательно, параметры высота и глубина лотка к моменту откладки первого яйца являются оптимальными для завершенной кладки.

При изучении связи между параметрами гнезд вычислялся коэффициент корреляции (табл. 2).

Высокие значения коэффициента корреляции в биологическом центре описывают связь наибольшего и наименьшего диаметров гнезда и также проявляются для пары признаков: больший и меньший диаметр лотка. Аналогичные результаты получены при анализе параметров гнезд на периферии колонии.

Такие параметры, как больший и меньший диаметр гнезда, формируются под влиянием абиотических и биотических факторов среды, среди которых: взаимоотношения между птицами в колонии, ветер, влажность среды обитания. Параметры гнезд: диаметры лотка, высота гнезда, глубина лотка формируются в зависимости от размеров тела насиживающей птицы, количества яиц в кладке и их параметров.

Анализ данных, полученных при измерении гнезд озерных чаек из биологического центра и периферии колонии, позволяет сделать следующие выводы:

– размеры гнезд увеличиваются за время яйцекладки;

– такой параметр, как диаметр гнезд, имеет тенденцию к увеличению за время яйцекладки, такие параметры, как диаметр лотка и глубина лотка, остаются неизменными; высота гнезда – параметр, имеющий тенденцию к уменьшению размеров;

– выявлены различия параметров гнезд из биологического центра и периферии колонии;

– различия в размерах гнезд из биологического центра и периферии колонии носят адаптивный характер.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции между параметрами гнезд озерной чайки при гнездовании в биологическом центре колонии

	Больший диаметр гнезда		Меньший диаметр гнезда		Больший диаметр лотка		Меньший диаметр лотка	
	n = 1*	n = 2**	n = 1	n = 2	n = 1	n = 2	n = 1	n = 2
М. диаметр гнезда	+0,85	+0,79	–	–	–	–	–	–
Б. диаметр лотка	+0,26	–0,002	+0,75	–0,01	–	–	–	–
М. диаметр лотка	–0,16	+0,20	–0,28	+0,10	+0,70	+0,81	–	–
Высота гнезда	+0,22	+0,46	+0,06	+0,29	+0,19	–0,006	+0,35	+0,59
Глубина лотка	–0,46	–0,06	+0,08	–0,29	+0,23	+0,16	–0,0007	+0,13

*n = 1 – незавершенная кладка; **n = 2 – завершенная кладка

Литература

1. Дементьев Г. П., Гладков Н. А., Спангенберг Е. П. Птицы Советского Союза. М.: Сов. наука, 1951. Т. 3. С. 680.
2. Исаков Ю. А. Материалы по экологии обыкновенной чайки // Очерки природы Подмосковья и Московской области. М.: МОИП, 1947. С. 104–187.
3. К вопросу о гнездовой жизни сизой чайки в Камском Предуралье / А. М. Болотников, Н. А. Литвинов, Л. Ф. Скрылева, В. А. Тарасов // Гнездовая жизнь. Пермь, 1979. С. 3–11.
4. Ламехов Ю. Г. Гнездовая жизнь озерной чайки и черношейной поганки на Южном Урале: моногр. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2008. С. 208.
5. Мальчевский А. С. Орнитологические экскурсии. Л.: ЛГП, 1981. 296 с.
6. Михеев А. В. Определитель птичьих гнезд. М.: Учпедгиз, 1957. 135 с.
7. Самородов Ю. А. Экология гнездования обыкновенной чайки в Северном Казахстане // Экология птиц Урала и сопредельных территорий. Челябинск, 1986. С. 45–60.
8. Blotzheim U. N. Glutz von, Bauer K. M. Handbuch der Vogel der Mitteleuropas. Wiesbaden: Akad. Verl., 1982. Bd. 8/1. 699 S.

VARIABILITY OF LITTER SIZE BLACK-HEADED GULL NESTING IN BIOLOGICAL CENTER AND THE PERIPHERY OF THE COLONY

M. A. BULANOVA

Chelyabinsk State Pedagogical University, Chelyabinsk

Summary. The article examines data on the parameters of nests headed gulls nesting at the center and at the periphery of the colony. The material was collected in the spring – summer 2014 at Lake Smolino Chelyabinsk region.

МИКРОСПОРИДИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД ОЗЕРА БАЙКАЛ

М. Д. Димова^{1,2}, Е. В. МАДЬЯРОВА², Д. В. АКСЕНОВ-ГРИБАНОВ²,
Ю. А. ЛУБЯГА^{1,2}, Р. В. АДЕЛЬШИН^{2,3}

¹Иркутский государственный университет

²НИИ биологии Иркутского государственного университета

E-mail: madyarovae@gmail.com

³Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири
и Дальнего Востока Роспотребнадзора

Микроспоридии – класс эукариотических одноклеточных паразитов, поражающих практически всех беспозвоночных, позвоночных животных, в том числе и человека. Они обладают сложным жизненным циклом и уникальным механизмом проникновения в клетку хозяина. К 2013 г. описано 187 родов микроспоридий, почти половина, которых инфицируют водных организмов (гидробионтов). Около 50 родов микроспоридий поражают водных членистоногих [3].

Несмотря на более чем 150-летнюю мировую историю изучения этой группы живых организмов, микроспоридии озера Байкал до сих пор изучены мало. На данный момент описано лишь три вида [1]. Первая находка относится к 1967 г., описан вид *Nosema kozhovi* у байкальской амфиподы *Brandtia lata lata* [4]. В 2000-х гг. начались молекулярно-генетические исследования микроспориий. В 2008 г., вышла статья, посвященная изучению разнообразия микроспориий, паразитирующих на байкальских амфиподах *Gmelinoides fasciatus*. У данного вида амфипод с помощью секвенирования обнаружено шесть эндемичных видов микроспориий и один космополитный вид *Dictyocoela duebenum* [5].

Данное исследование посвящено детекции и молекулярно-генетическому анализу микроспориий некоторых видов эндемичных амфипод озера Байкал. В Байкале обитает более 350 видов амфипод. Эта группа живых организмов отличается высокой степенью эндемизма. Байкальские амфиподы в озере населяют практически все глубины и все типы субстратов. Возраст и полная изоляция данной группы создают условия для изучения эволюционно-генетических отношений между паразитом и хозяином. Интересными являются вопросы: все ли виды амфипод Байкала заражены микроспоридиями, какие виды микроспориий паразитируют на байкальских амфиподах, соотношение эндемичных и не эндемичных видов микроспориий и виды, вызывающие смену полов хозяев, как происходила коэволюция амфипод и микроспориий и другие вопросы, исчерпывающих ответов на которые пока нет.

В данной работе мы исследовали на предмет зараженности микроспоридиями 9 видов байкальских амфипод (для каждого вида несколько проб). Среди которых три вида глубоководных амфипод, остальные 6 обитают от уреза до глубины 2 м. Суммарную ДНК выделяли из гемолимфы амфипод, в одной пробе содержался пул гемолимфы взятой у нескольких особей одного вида (объем пробы варьировал от 50 до 100 мкл). Количество особей на одну пробу зависело от размера гаммарусов. Амплификацию малой субъединицы рДНК проводили с универсальными для микроспориий праймерами (nested PCR).

В результате нам удалось определить нуклеотидную последовательность (700 п. н.) для шести видов разных микроспориий, хозяевами которых явились

два вида литоральных амфипод. Обнаружили, что вид *Pallasea cancellus* (Pallas, 1772) заражен четырьмя разными видами микроспоридий, три из которых виды-космополиты: *Nosema granulosis*, *Nosema chrysoperlae*, *Dictyocoela sp. GL2* – и один вид эндемичный: *Microsporidium sp. BALB1 VIC*. *Microsporidium sp. BALB1 VIC* впервые найден у глубоководного гаммаруса *Acanthogammarus victorii* (база данных NCBI, неопубликованные данные). Следует отметить, что *Dictyocoela sp. GL2* – вид-паразит вызывающий феминизацию своих хозяев [4]. Вид *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstf. 1858) заражен как минимум двумя эндемичными видами микроспоридий. Нам были обнаружены *Microsporidium sp. BALB1 CAB*, хозяин – глубоководный гаммарус *Garjajewia cabanisii* и *Microsporidium sp. BPAR12 PAR2* хозяин – *Dorogostaiskia parasitica*.

Таким образом, нам удалось установить, что эндемичные виды амфипод заражены как эндемичными, так и космополитными видами микроспоридий. На один вид амфипод может приходиться как минимум четыре разных вида микроспоридий. Одни и те же виды паразита могут встречаться как в глубоководных, так и в литоральных видах амфипод. У амфипод вида *Pallasea cancellus* обнаружена микроспоридия *Dictyocoela sp. GL2*, которая вызывает феминизацию, что, в свою очередь, может существенно сказаться на численности вида хозяина.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов ГЗ № 6.382.2014/К, РНФ 14-14-00400, Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «ИГУ» и совместной программы академических обменов DAAD – Минобрнауки РФ «М. Ломоносов» 2014–2015 гг.

Литература

1. Кузьменкова Ж. В., Щербаков Д. Ю., Смит Д. Э. Разнообразие микроспоридий, паразитирующих на байкальских амфиподах *Gmelinoides fasciatus* из разных популяций // Известия Иркутского государственного университета. 2008. Т. 1, № 2. С. 56–61.
2. Пронин Н.М. Микроспоридии (Microsporidia) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Озеро Байкал. Новосибирск: Наука, 2001. Т. 1, кн. 1. С. 151–153.
3. Dunn A. M., Smith J. E. Microsporidian life cycles and diversity: the relationship between virulence and transmission // *Microbes and Infection*. 2001. Vol. 3. P. 381–388.
4. Lipa J. J. *Nosema kozhovi* sp. n., a new microsporidian parasite of *Brandtia lata lata* (Crustacea, Gammaridae) of Baical Lake // *Acta Protozool.* 1967. Vol. 5. P. 93–98.
5. Wilkinson T. J. [et al.]. Genetic diversity of the feminising microsporidian parasite *Dictyocoela*: New insights into host-specificity, sex and phylogeography // *Int. J. Parasitol.* 2011. Vol. 41 (9). P. 959–966.

MICROSPORIDIAN PARASITES OF SOME SPECIES ENDEMICK AMPHIPODS OF LAKE BAIKAL

M. D. DIMOVA, E. V. MADYAROVA, D. V. AXENOV-GRIBANOV,
Yu. A. LUBYAGA, R. V. ADELSHIN

¹Irkutsk State University, Irkutsk

²Research Institute of Biology, Irkutsk State University. Irkutsk

³Research Antiplague Institute, Irkutsk

Summary. With use universal microsporidian SSU rDNA primers were carry out PCR based screening of nine species endemic amphipods of lake Baikal. Six differ species microsporidian parasites were find out at two species of amphipods (*P. cancel-*

lus and *E. verrucosus*). Three parasites of uncovered microsporidian are endemic. *P. cancellus* was infected by feminising microsporidian parasite Dictyocoela sp.

К РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ПРЫТКОЙ ЯЩЕРИЦЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

Д. И. Галицын

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: dm.galitsyn@yandex.ru

Историческое развитие любого вида или внутривидовой группы определяется рядом биологических особенностей, а также комплексом условий среды. Чем более выражена степень адаптивности к факторам разной природы, тем большую область распространения данный вид потенциально способен охватить [1]. Эта закономерность четко прослеживается на примере распространения широкоареальных видов с разнородными внутривидовыми группами. Помимо прочего, успех группы на небольшом участке ареала определяется биотическим потенциалом, отражающим способность к воспроизводству.

Прыткая ящерица (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) – представитель лацертидных ящериц с распространением от Британских островов на западе до Прибайкалья, Западной Монголии и Северо-Западного Китая на востоке. В пределах своего ареала коренными местообитаниями животных преимущественно являются лесостепные и степные участки [2–4]. Кроме того, прыткая ящерица является заметным компонентом антропогенно трансформированных сообществ, особенно в северной азиатской части ареала, где подходящих коренных биотопов немного. Чаще всего это фрагментированные территории с ярко выраженной спецификой и многообразием местных условий, которые влияют на адаптивные возможности животных.

Цель настоящей работы – описать репродуктивные особенности прыткой ящерицы Среднего Урала на северной границе ее распространения (на примере популяций западного и восточного склона Уральского хребта).

Материал собирали в Свердловской области на протяжении трех полевых сезонов 2011–2013 гг. Для организации рабочих площадок были выбраны локалитеты с постоянным обитанием и достаточно большой численностью *L. agilis*:

1. Зона многоэтажной застройки в черте г. Каменска-Уральского площадью около 9 га;

2. Окрестности железнодорожной станции Кунавино Каменского района площадью около 12,5 га;

3. Участок Красноуфимской лесостепи в окрестностях пос. Новый Бугалыш площадью около 23 га.

Учитывали размеры тела и долю половозрелых самок, количество зрелых яиц в яйцеводах самки и другие репродуктивные особенности (размеры яиц, размеры кладки, местонахождения кладок в биотопах). Кроме того, оценивали встречаемость особей на протяжении трех сезонов путем мечения и повторного отлова [2]. Всего было отмечено 299 особей из трех локалитетов. Количественные результаты учета плодовитости прыткой ящерицы представлены в таблице:

Репродуктивные особенности *L. agilis* изучаемых локалитетов

Локалитет	♀, %	Количество яиц в яйцеводах	Размер кладки, шт.	Объем яйца, см ³	Число учетных кладок/га	N
Зона многоэтажной застройки г. Каменска-Уральского	59,5±1,3*	8,7±0,44	8,5±0,74	1,09±0,09	6,92±0,74	116
Окрестности ст. Кунавино	64,5±0,9	8,6±0,58	8,4±0,38	0,52±0,03	2,71±0,48	31
Красноуфимская лесостепь	47,4±0,8	12,1±0,44	11,4±1,25	0,34±0,02	4,81±0,34	152

* M±SE

Показано, что доля половозрелых самок на восточном макросклоне относительно велика. Их кладки отличались более крупным размером яиц при их небольшом количестве. При учете основных морфометрических показателей было отмечено, что большинство самок в черте города были заметно крупнее таковых из Красноуфимской лесостепи: вероятно, крупные размеры зрелых яиц частично связаны с величиной беременных самок. Исходя из календарных данных учета сроки откладки яиц приходится на 2–3 декаду июня и конец июня – начало июля на восточном и западном склоне соответственно.

Относительная плотность кладок в зоне многоэтажной застройки выше, чем в менее фрагментированных ландшафтах, что обусловлено меньшей площадью территории и, соответственно, высокой локальной плотностью населения животных в черте города. Что касается наличия кладок в биотопах, чаще всего самки откладывают яйца в норах и под ветвями мелких кустарников (дрок красильный, ракитник русский), реже непосредственно в подстилке (степном войлоке) или небольших углублениях под выступающими скальными выходами. Далеко не все кладки были обнаружены в жизнеспособном состоянии: часть погибла – в основном при механическом повреждении и/или разорении (32,5% на восточном склоне и 28% на западном).

Таким образом, плодовитость *L. agilis* на восточном макросклоне ниже, чем на западном, хотя размеры взрослых самок и зрелых яиц при этом более крупные. Наряду с другими факторами репродуктивные особенности животных в разных биотопах могут определяться размером территорий, плотностью и половой структурой популяций, прессом хищников, а также некоторыми местными условиями в фрагментированном ландшафте.

Литература

1. Баранов А. С. Феногеография и проблема структуры вида // Вопр. герп. Л., 1989. С. 21.
2. Даревский И. С. Систематика и внутривидовая структура // Прыткая ящерица. М.: Наука, 1976. С. 53–92.
3. Тертышников М. Ф. Среда обитания // Прыткая ящерица. М.: Наука, 1976. С. 162–178.
4. Юшков Р. А. Амфибии и рептилии Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1994. 158 с.

SAND LIZARD REPRODUCTIVELY ASPECTS IN THE MIDDLE URALS

D. I. GALITSYN

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. On the northern populations example the sand lizard reproductively features are considered in this paper. The adult female's parameters, egg-laying features and fertility of the reptiles in the western and eastern hillside of the Urals Mountains are noticed.

ЭКОЛОГИЯ И МОРФОЛОГИЯ КРУГЛОГОЛОВКИ-ВЕРТИХВОСТКИ (*PHRYNOCEPHALUS GUTTATUS* (GMELIN, 1789)) НА СЕВЕРЕ АРЕАЛА В ПОВОЛЖЬЕ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Д. А. ГОРДЕЕВ¹, Г. А. ЖАКУПОВА², С. К. ПРИЛИПКО³

¹Волгоградский государственный университет

E-mail: dmitriy8484@bk.ru

²Волгоградский государственный социально-педагогический университет

E-mail: g.a.zhakupova@yandex.ru

³Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН,

Волгоград

E-mail: gregon666@mail.ru

Распространение и экология. Ареал круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus*) простирается от западных границ Китая через всю северную подзону пустынь до западного побережья Каспийского моря. В европейской части ареала она обнаружена в Дагестане, Калмыкии, Ставропольском крае, Астраханской и Волгоградской областях [1, 4, 6, 8–10].

В пределах Волгоградской области известна изолированная популяция *Ph. guttatus* в Голубинских песках. Данный локалитет является северной границей распространения вида в Нижнем Поволжье [5, 9]. Данный вид приурочен непосредственно к песчаному массиву и встречается повсеместно. Распространение ее здесь носит мозаичный характер, вследствие неоднородности субстрата. Как и в Волго-Уральском междуречье [7], рептилии встречаются исключительно на песчаном грунте, при этом они предпочитают слабозакрепленные пески, вершины, южные и юго-восточные склоны барханов. По данным Старкова В. Г. [9], на территории песчаного массива плотность круглоголовки в 1989 г. составляла 3,0 особи/га, а общая численность популяции оценена в 3000 экз. Более поздние исследования [3] выявили присутствие вида в окрестностях с. Песковатка (северная часть массива), где плотность особей выше и составила 4,1 особи/га. Количественное обилие круглоголовки на северной окраине данной территории значительно изменяется в зависимости от особенностей субстрата от 3,6 до 34,7 особи/га [10].

Согласно полученным нами данным (2009–2010), на слабозакрепленных песках и барханах в центральной части массива плотность достигает максимальных значений – 32,7±0,12 особи/га (проведено 36 наблюдений), на межбарханных станциях от 3,7±0,09 до 9,2±0,15 особи/га (36 наблюдений), а минимальная плотность популяции характерна для пограничных со степными участками вне массива (2,5±0,14 особи/га, 30 наблюдений). В 2014 г. нами отмечен рост численности вида в северо-восточной части массива (130,5 особи/га) и увеличение ареала на 300 м (по сравнению с 2010 г. в той же части ареала).

Морфометрическая характеристика круглоголовки-вертихвостки
Волгоградской области и Республики Калмыкия

Показатель	Пол	Волгоградская область	Калмыкия [2]		F	p
			Сарпинский р-н	Яшкульский р-н		
<i>L.</i>	самцы	31–49/ 43,2±1,17	43,1–48,5/ 44,1±1,11	38,1–52,8/ 47,64 ± 0,2	1,11	0,347
	самки		44,1–51,1/ 47,45±0,99	34,1–58,1/ 46,54±0,33		
<i>L.cd.</i>	самцы	35,5–60,0/ 56,2±1,11	57,4–63,4/ 56,6±1,24	50,5–72,1/ 64,93±0,9	2,73	0,009
	самки		50,1–60,9/ 54,9±1,71	45,3–67,2/ 57,81±0,93		
<i>L./L.cd.</i>	самцы	0,75–0,92/ 0,84±0,018	0,7–0,7/0,7±0,003		3,88	0,037
	самки		0,7–0,9/0,8±0,008			
<i>h_{cap}</i>	самцы	4,0–7,0/ 5,8±0,17	6,3–7,3/ 6,9±0,23	6,3–10,3/ 8,42±0,11	6,61	0,060
	самки		6,4–8,3/ 7,37±0,31	5,1–10,3/ 7,77±0,15		
<i>b</i>	самцы	6,1–9,0/ 7,9±0,14	10,5–11,1/ 10,78±0,13	9,5–12,7/ 11,36±0,06	13,11	0,0001
	самки		10,4–12,0/ 11,25±0,24	7,1–14,4/ 11,1±0,07		

Морфология. Окраска тела весьма разнообразна и состоит из нескольких компонентов: цвета и рисунка. Цвет спинной стороны, как правило, песочный (94,2 %), реже – песочно-бурый (5,8 %). Рисунок дорсальной поверхности представлен светлыми «глазками», отличающимися у разных особей размерами, количеством и степенью выраженности, которые могут быть отделены от основного фона более темной каймой. В ряде случаев (33,3 %) на общем фоне может выделяться «мраморный» рисунок, представляющий собой 3–4 прерывистых полосы из мелких бурых или темно-бурых зернышек. Отдельные представители вида (9,6 %) вдоль хребта несут грязно-белую полосу. По бокам вдоль туловища тянется по темно-бурой полосе, заходящей своими передним и задним концами на подлопаточную область и крестцовый отдел соответственно. Дорсальная сторона хвостового отдела также окрашена в песочный цвет, переходящий в черный на разном удалении от его основания. У 11,1 % черная окантовка сверху хвоста не замкнута. На нижней части хвоста в большинстве случаев (76,7 %) располагаются 2–4 пятна, различающихся или схожих по размерам. Брюшная сторона белая, а прианальная область у молодых особей светло-желтого цвета. Анализ средних размерных характеристик в популяции круглоголовки-вертихвостки показывает преобладание взрослых половозрелых особей. Дисперсионный анализ собственных сборов и литературных данных [2] показал, что *P. guttatus* на изучаемой территории имеет меньшую длину хвоста, ширину головы и большее значение индекса *L./L.cd.* (см. табл. выше).

Подвидовая принадлежность круглоголовок, обитающих в пределах ареала, до настоящего момента не вполне установлена. По разным данным территорию населяет около четырех подвидов. Литературные сведения по кариологии [10],

морфологии [4], а также материалы собственных исследований указывают на обитание номинативного подвида на территории Волгоградской области.

Литература

1. Ананьева Н. Б., Орлов Н. Л., Халиков Р. Г. Даревский И. С., Рябов С. А., Баранов А. В. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус). СПб., 2004. 232 с.
2. Ждокова М. К. Эколого-морфологический анализ фауны амфибий и рептилий Калмыкии: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Саратов: Саратовский гос. ун-т, 2003. 284 с.
3. Завьялов Е. В., Табачишин В. Г. Распространение, некоторые аспекты морфологии и экологии круглоголовки-вертиховстки – *Phrynocephalus guttatus* (Agamidae, Sauria) на юго-востоке европейской части России // Актуальные проблемы герпетологии и токсинологии / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 2004. Вып. 7. С. 75–83.
4. Завьялов Е. В., Табачишин В. Г. Распространение популяций круглоголовки-вертиховстки (*Sauria, Agamidae, Phrynocephalus guttatus*) на севере Нижнего Поволжья и ее таксономический статус // Современная герпетология. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2000. Вып. 1. С. 40–47.
5. Завьялов Е. В., Табачишин В. Г. Современное распространение и таксономический статус популяций круглоголовки-вертиховстки (*Phrynocephalus guttatus, Reptilia, Agamidae*) в Нижнем Поволжье // Вторая конференция герпетологов Поволжья: Тез. докл. Тольятти, 1999. С. 22–24.
6. Накаренко Е. Г. Распространение и особенности экологии круглоголовки-вертиховстки (*Phrynocephalus guttatus*) песчаных пустынь северного прикаспия // Поволжский экологический журнал. 2003. №1. С. 77–81.
7. Неручаев В. В., Накаренко Е. Г. О современном состоянии герпетофауны низовий Волги и юга Волго-Уральского междуречья // Первая конференция герпетологов Поволжья: тез. докл. Тольятти: ИЭВБ, 1995. С. 41–43.
8. Сараев Ф. А. Пестов М. В. К кадастру рептилий Северного и Северо-Восточного Прикаспия // Герпетологические исследования в Казахстане и сопредельных странах. Алматы, 2010. С. 174–193.
9. Старков В. Г. Изолированная популяция круглоголовки-вертиховстки в излучине р. Дон (Волгоградская область) // Актуальные проблемы герпетологии и токсинологии. Тольятти, 1997. С. 50–51.
10. Табачишин В. Г., Кайбелева Э. И., Завьялов Е. В., Шляхтин Г. В. Эколого-кариологические особенности круглоголовки-вертиховстки (*Phrynocephalus guttatus*) на севере Нижнего Поволжья // Поволжский экологический журнал. 2005. № 2. С. 180–184.

ECOLOGY AND MORPHOLOGY OF THE SPOTTED TOAD AGAMA (*PHRYNOCEPHALUS GUTTATUS* (GMELIN, 1789) IN THE NORTH AREA IN THE VOLGA REGION (VOLGOGRAD REGION)

D. A. GORDEEV¹, G. A. ZHAKUPOVA², S. K. PRILIPKO³

¹*Volgograd State University, Volgograd*

²*Volgograd State Social & Pedagogical University, Volgograd*

³*All-Russia Research Institute of Agroforestry of Russian Academy of Agricultural Sciences, Volgograd*

Summary. Presents data on the distribution, morphology, population dynamics of *Phrynocephalus guttatus*, and analysis of the geographic variability of the basic metric characteristics.

СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ УСОНОГИХ РАЧКОВ *SEMIBALANUS BALANOIDES* НА ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

А. С. ГРИГОРЬЕВА, П. П. КРАВЕЦ

Мурманский государственный технический университет

E-mail: scor-pion777@mail.ru

Работа посвящена изучению структуры поселений *Semibalanus balanoides* на литорали Кольского залива. Взрослые особи ведут неподвижный образ жизни, прикрепляясь к твердым поверхностям, поэтому представителей данного вида можно использовать в качестве биоиндикаторов к различным экологическим факторам. В некоторых странах баянусов используют в пищу.

Целью исследования являлось изучение размерно-массовой и возрастной структуры поселений *Semibalanus balanoides* на литорали Кольского залива.

Отбор проб проводили в летне-осенний период 2013 г. на литорали в районе поселка Абрам-мыс, бухты Белокаменная и Пала-губы. Пробы отбирали рамкой 100 см² в трехкратной повторности с каждого горизонта литорали. У каждого экземпляра измеряли длину подошвы, высоту домика и длину апертуры, а также рачка взвешивали. Возраст определяли путем подсчета колец остановки роста.

В результате исследования выяснили, что наибольшими показателями обилия обладает поселение рачков из Пала-губы, плотность составляет – 4455,5 экз./м² при биомассе 1400 г/м². На литорали в районе поселка Абрам-мыс на верхнем горизонте рачки не были обнаружены.

Прослеживается закономерность увеличения плотности и биомассы поселений от кука к устью Кольского залива [1].

В районе Абрам-мыса и бухты Белокаменная наблюдается тенденция увеличения плотности и биомассы поселения от верхнего горизонта к нижнему, это объясняется характером и временем осушения литорали. В губе Пала отмечается преобладание наибольшей плотности и биомассы поселения на верхнем горизонте, поскольку верхний горизонт представлен большим количеством валунов.

Наибольшими морфометрическими параметрами обладают рачки из бухты Белокаменная.

Закономерность увеличения высоты домика рачка от увеличения плотности поселения прослеживается в каждом районе исследования [2].

В районах исследования прослеживается преобладание рачков возрастом 2–3 года. Можно отметить, что происходит ежегодное пополнение поселений молодью. Максимальный возраст (8 лет) встречается в районах бухты Белокаменная и Пала-губы, для Абрам-мыса характерна максимальная продолжительность жизни 6 лет.

Литература

1. Кузнецов В. В. Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Белого и Баренцева морей. Л.: Наука, 1964. 225 с.
2. Ельфимов А. С., Зевина Г. Б., Шалаева Е. А. Биология усоногих раков. М.: Изд-во МГУ, 1995. 128 с.

SETTLEMENTS STATE OF SHELLBACKS SEMIBALANUS BALANOIDES ON INTERTIDAL ZONE OF THE KOLA BAY

A. S. GRIGORIEVA, P. P. KRAVETS

Murmansk State Technical University, Murmansk

Summary. This research presents the results of investigation the structure of intertidal communities of *Semibalanus balanoides* of the Kola Bay in the area near the village Abram-mys and also in Belokamennaya and Pala bays. In the process of research was confirmed the following pattern: abundance of *S. balanoides* settlement depends on height of the shellbacks house. For all the shellbacks was installed dominant age: 2–3 years. Also were defined abundance and biomass for investigated areas.

ЭПИБИОНТЫ МАКРОФИТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ГУБА ЧУПА (БЕЛОЕ МОРЕ)

A. С. Исаева, С. С. МАЛАВЕНДА

Мурманский государственный технический университет

E-mail: Stirlitz_Anna@mail.ru

Зообентос – один из важнейших элементов прибрежных экосистем Белого моря, играющих важную роль в функционировании водных систем, однако степень его изученности недостаточна.

Зообентосные сообщества Белого моря представлены не только инфаунными, но и эпифитными организмами. Литоральные эпифитные сообщества зообентоса на сегодняшний день не изучены в должной мере, несмотря на их влияние, на биомассу представителей флоры литорали.

Цель работы: исследование структуры и особенностей распределения эпибионтов на литорали бухт Круглая, Левая и Сельдяная губы Чупа Белого моря.

Задачи исследования:

- оценить показатели обилия эпибионтов литоральных макрофитов на литорали исследуемых бухт;
- изучить структуру эпибионтных сообществ.

Материал для исследования отобран в июле 2013 г. в бухтах Левая, Круглая и Сельдяная губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Пробы отбирали с трех горизонтов литорали (верхнего, среднего, нижнего) в трехкратной повторности с использованием рамки площадью 0,25 м². Далее проводили камеральную обработку проб в лаборатории ББС ЗИН РАН «Картеш».

Обработку данных проводили с использованием методов описательной статистики в программе Microsoft Excel 2010. Сравнение видового состава на трансектах выполнили с применением индекса Брея – Куртиса методом попарного сравнения (в программе PAST, Hammer et al., 2009). Границей значимого сходства было принято значение 50%.

Исследование видового состава бентоса эпифаунных сообществ исследуемых бухт Кандалакшского залива Белого моря показало, что большее количество видов (8 видов) характерно для бухты Сельдяная и бухты Левая.

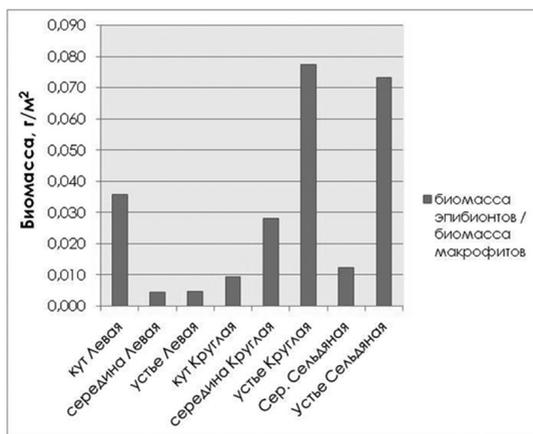
Доминант эпизооценозов по биомассе во всех исследуемых бухтах – *Mytilus edulis*. По плотности в бухте Круглая доминирует также *Mytilus edulis*. Это связано с наличием каменисто-валунного субстрата в куту и устье губы, что способствует

развитию поселений фукоидов, на которых обитает большинство представителей бентоса. В бухтах Левая и Сельдяная доминируют сообщества *Hydrobia ulvae*, что обусловлено наличием песчано-илистых грунтов и высокой биомассой нитчатых водорослей: 116,533 г/м² (в бухте Левая) и 618,953 г/м² (в бухте Сельдяная).

Сходный таксономический состав эпибентосных сообществ характерен для устья и середины бухты Сельдяная, устьевой и средней частей бухты Круглая и середины бухты Левая и кутовой части бухты Круглая.

В целом на литорали исследуемых бухт эпibiонты распределены равномерно. В куту бухты Сельдяная сообщества эпи фауны на водорослях отсутствовали. В средних частях губ бентосные организмы характеризуются низкими показателями обилия от 0,033 до 28,8 г/м².

Биомасса эпibiонтов по отношению к биомассе макрофитов на литорали возрастает от кута к устью бухт Круглая и Сельдяная (см. рис.). В бухте Левая биомасса эпibiонтов к устьевой части снижается. Доминирующим видом в фитоценозе в этой части бухты является *Ascophyllum nodosum*, который обладает более тонким и гладким талломом в отличие от водорослей рода *Fucus*. Это, вероятно, снижает способность эпibiонтов прикрепляться к субстрату.



Отношение биомассы эпibiонтов к биомассе макрофитов

Соответственно водоросли рода *Fucus* и сообщества нитчатых водорослей создают наиболее благоприятную базу в качестве субстрата для развития эпibiотоса.

Литература

1. Бек Т. А., Бурковский И. В., Столяров А. П., Колобов М. Ю. Беспозвоночные в трофических сетях прибрежной экосистемы Белого моря (на примере губы Грязной) // Океанология. 2006. Т. 46. № 1. С. 69–77.
2. Белорусцева С. А., Марфенин Н. Н. Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря: путеводитель по фауне массовых видов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 436 с.

3. Деревщиков А. В., Кравец П. П. Исследование зообентосных сообществ губы Чупа и Колвица Кандалакшского залива Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: XI Всероссийская конференция с международным участием. СПб., 2010. С. 42–43.

4. Максимович Н. В. Особенности экологии некоторых массовых двусторчатых моллюсков Белого моря. Л.: Наука. 1980. 150 с.

5. Смолькова О. В. Биология двусторчатого моллюска *Mya arenaria* в экосистемах литорали Белого моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2012. 28 с.

6. Afoncheva S., Malavenda S., Kravets P. Distribution of littoral phyto- and zoocenosis of the Kola Bay of the Barents sea // Book of abstracts. Arctic Frontiers, 2013. P. 154.

EPIBIONT MACROPHYTES IN THE LITTORAL ZONE OF THE CHUPA INLET (THE WHITE SEA)

A.S. ISAEVA, S. S. MALAVENDA

Murmansk State Technical University, Murmansk

Summary. Nowadays Intertidal epiphytic community zoobenthos are still understood incompletely, but their impact on the biomass of the littoral flora is very important. In July tests were selected in Guba Chupa at Kandalaksha Bay of the White Sea. Nine species of epibions were discovered in investigate bays. Molluscs *Mytilus edulis* and *Hydrobia ulvae* had the highest abundance in the studied epizoans. The trend of increasing epibiont's biomass with increasing biomass of macrophytes is observed in investigate bays.

ОСОБЕННОСТИ КОРМОВОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РУКОКРЫЛЫХ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. ХРИСТЕНКО

Тверской государственный университет

Одной из важнейших методологических проблем биологии является количественная характеристика населения тех или иных видов. Для рукокрылых (Chiroptera), в целом являющихся малоизученной группой животных, пока не разработаны методы учета, позволяющие оценить численность на единицу площади. Использование ультразвуковых детекторов с расширением во времени и маршрутного метода учета открывают перспективы в решении данной проблемы [8]. Представляется возможным брать за основу известный маршрутный метод определения относительной численности птиц для выражения итогов маршрутного учета рукокрылых в площадных характеристиках [4]. При этом возникает ряд частных вопросов, связанных со спецификой рассматриваемой группы животных. В частности, известно, что у летучих мышей существует межвидовое разделение ресурсов в пространстве и времени, снижающее конкуренцию [1, 9]. Это неизбежно должно отражаться на величине показателя активности конкретных видов в различных биотопах и в разные временные промежутки, также возможна географическая изменчивость данного показателя. В связи с этим представляется важным выявление видовых особенностей кормовой активности рукокрылых в Тверской области.

Исследование проводилось в Бологовском районе Тверской области в период с 6 по 24 июля 2014 г. Рассматривалось распределение во времени кормовой ак-

тивности у наиболее распространенных на территории Тверской области видов: рыжая вечерница, кожан двуцветный, ушан бурый и лесной нетопырь. Данные о кормовой активности фиксировались при помощи bat-детектора с расширением по времени и записывались на звукозаписывающее устройство с последующей расшифровкой на компьютере при помощи программ Bat sound и Sonobat [2, 5–7]. Bat-детектор устанавливался на стационарной точке и фиксировал все ультразвуковые сигналы летучих мышей, кормившихся поблизости от аппарата [8]. Были выбраны три типа биотопов, используемые летучими мышами в качестве охотничьих угодий: сельское поселение, открытые и околородные пространства. Активность изучалась в течение двух ночей. По итогам двухдневного исследования была выявлена средняя кормовая активность разных видов летучих мышей для каждой точки.

Nyctalus noctula (Schreber, 1774) – вечерница рыжая, кожан ранний.

Наиболее предпочтительным местом кормления для рыжей вечерницы можно считать открытые пространства (рис. 1.). В течение ночи количество кормовых сигналов данного вида варьирует в пределах от 27 до 62 в час. Наибольшая активность наблюдается в промежутке времени между 00:00 и 02:00, далее она постепенно уменьшается, и последний кормовой сигнал был зафиксирован в 03:32 в первую ночь (07.07.14) и в 03:14 – во вторую (15.07.14).

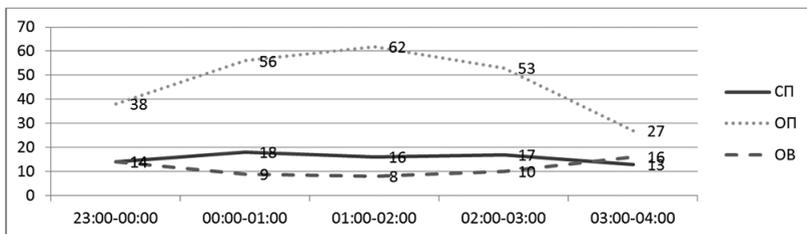


Рис. 1. Средняя активность кормления рыжей вечерницы:

ОВ – околоводный биотоп; ОП – открытые пространства; СП – сельское поселение

В сельском поселении и околоводных биотопах активность кормления стабильно невысока и не превышает 18 и 16 сигналов в час соответственно. Для околоводных биотопов характерно некоторое повышение активности сразу после заката и перед самым рассветом, по-видимому, в данные часы рыжие вечерницы прилетают на водопой, что соответствует литературным данным [3]. Первый кормовой сигнал здесь был зафиксирован в 23:06 и 23:09 в первую и вторую ночь соответственно, последний – в 03:47 и 03:51. В сельском поселении картина стабильна в течение всей ночи, данные варьируют в пределах от 14 до 18 сигналов в час. Последний сигнал в первую ночь был отмечен в 03:56, во вторую – в 03:49.

Vespertilio murinus (Linnaeus, 1758) – кожан двуцветный.

Для кожана двуцветного наиболее предпочтительными для кормления являются сельские поселения, что не противоречит литературным данным [3]. Пик активности в обе ночи наблюдался с 01:00 до 02:00 (около 80 сигналов в час). Активный вылет на кормление начался в 23:24 в первую ночь и в 23:17 во вторую.

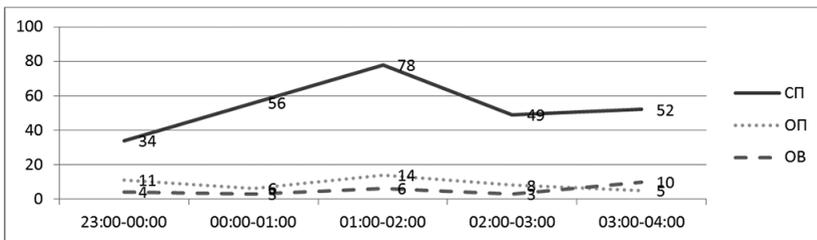


Рис. 2. Средняя активность кормления кожана двцветного:

ОВ – околородный биотоп; ОП – открытые пространства; СП – сельское поселение

Следует отметить, что с 03:00 до 04:00 активность сначала резко повышается, а после 03:30 падает, и последние сигналы были зафиксированы в 03:41 и 03:44 в первую и вторую ночь соответственно. На открытых пространствах и околородных биотопах данный вид встречался бессистемно в течение всей ночи, активность варьировала в пределах от 6 до 14 и от 3 до 10 сигналов в час. Небольшое повышение активности наблюдалось лишь в околородном биотопе с 03:30, когда, по-видимому, кожана двцветный использовал его как водопой перед поиском дневного убежища.

Plecotus auritus (Linnaeus, 1758) – ушан бурый, ушан обыкновенный.

Ушан бурый использует здания в сельских поселениях как дневные укрытия [3], поэтому зафиксированное нами повышение активности в промежутках между 23:00 и 00:00 и 03:00 и 04:00 можно объяснить началом вылета на охоту и окончанием кормления и поиском убежища соответственно. В обе ночи исследования здесь вылет состоялся между 23:25 и 23:51. Далее активность кормления в данном биотопе падает и не превышает 10 сигналов в час. Следующий всплеск активности наблюдался только с 03:21 до 03:47, когда количество зафиксированных сигналов достигало 13–16 сигналов в час. На открытых пространствах данный вид был отмечен лишь однажды (15.07.14) в 02:24 в количестве 6 кормовых сигналов. По-видимому, это случайно пролетевшая одиночная особь. В околородном биотопе в обе ночи встречи ушана были единичными и не превышали 6 сигналов за час. Невысокий показатель может быть объяснен отдаленным расположением

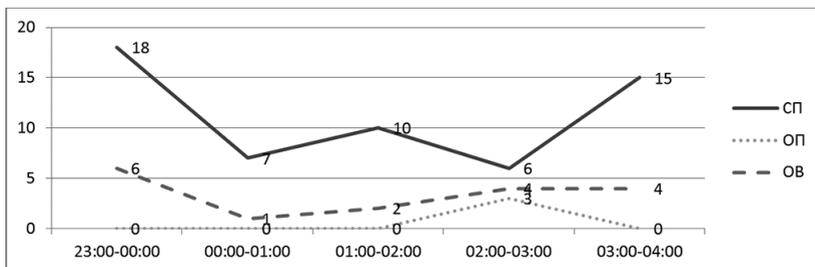


Рис. 3. Средняя активность кормления ушана бурого:

ОВ – околородный биотоп; ОП – открытые пространства; СП – сельское поселение

ем данного места исследования от предпочитаемых дневных убежищ ушана [3] (исследование проводилось около р. Тюшинка, протекающей в основном через открытые пространства).

Pipistrellus nathusii (Keyserling, Blasius, 1839) – нетопырь лесной, нетопырь Нагузиуса.

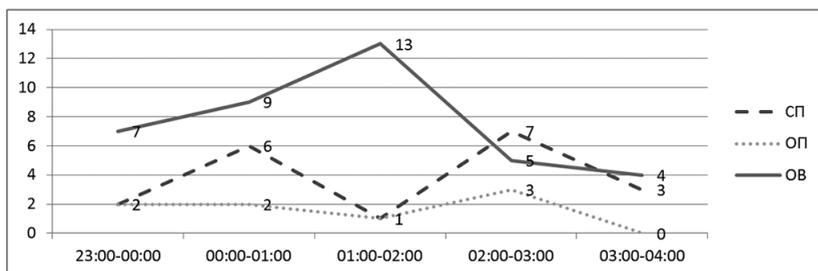


Рис. 4. Средняя активность кормления лесного нетопыря, где ОВ – околородный биотоп; ОП – открытые пространства; СП – сельское поселение

Кормовая активность лесного нетопыря (рис. 4) была максимальной в околородном биотопе, хотя расположение ближайших предполагаемых убежищ не было близким [3]. Пик наблюдался в промежутке между 01:00 и 02:00 в обе ночи исследования (до 15 сигналов в час). Далее кормовая активность этого вида снижалась, и последний сигнал был зафиксирован в 03:15 и 03:22 в первую и вторую ночь исследования соответственно. В сельском поселении и на открытых пространствах случаи встреч лесного нетопыря были малочисленны и не превышали 8 и 3 сигналов за час.

Можно сделать вывод, что неравномерность пространственного и временного распределения кормовой активности рукокрылых определяется целым набором факторов, часть которых может компенсировать или, наоборот, дополнять действие других. В целом рукокрылые тяготеют к водоемам, для многих видов также важна близость убежища. У всех рассмотренных видов пик кормовой активности приходится на промежуток времени между 01:00 и 02:00. Сельские поселения в качестве предпочитаемого места кормления используются такими видами, как двцветный кожан и ушан бурый; открытые пространства – рыжей вечерницей; околородный биотоп – лесным нетопырем.

Литература

1. Бубнов Д. М., Гвоздев Д. А., Звонарева Е. С., Ленбаум В. В., Седов А. С., Суягина О. И., Тимошина О. Ю. Пространственно-временная динамика активности рукокрылых на Звенигородской биологической станции МГУ. Неопубл. самостоятельная работа. 2010.
2. Емельянова А. А., Христенко Е. А. Метод мобильного акустического ультразвукового мониторинга фауны рукокрылых // Вестник ОГУ. 2013. № 6, июнь. Оренбург: Оренб. гос. ун-т, 2013. С. 149.
3. Курсков А. Н. Рукокрылые охотники. М.: Лесная пром-ть. 1978. С.135–136.
4. Наумов Р. Л. Методика абсолютного учета птиц в гнездовой период на маршрутах // Зоологический журнал. 1965. № 1. С. 81–92.

5. Христенко Е. А. Результаты исследования видового состава и численности летучих мышей в некоторых районах Тверской области // Материалы IX науч. конф. студентов и аспирантов, апрель 2011 года: сб. ст. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. С. 43.

6. Христенко Е. А. Оценка степени объективности маршрутного метода учета рукокрылых // Материалы X науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, апрель 2012 года: сб. ст. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. С. 93–95.

7. Христенко Е. А., Емельянова А. А. Особенности пространственной локализации рукокрылых в местах проявления их активности в Тверской области // Симбиоз-Россия 2012: Материалы V Всерос. с междунар. участием медико-биол. конгресса молодых ученых, Тверь, 3–8 декабря 2012 г. Тверь: Заповедник времени, 2012. С. 402–406.

8. Jones G. Scaling of echolocation call parameters in bats. *Journal of Experimental Biology*. 1999. Vol. 202. P. 3359–3367.

9. Kunz T. H. Resource Utilization: temporal and spatial components of bat activity in central Iowa // *J. Mammalogy*. 1973. Vol. 54. P. 14–32.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ СИГА ПРАВДИНА (*COREGONUS LAVARETUS PRAVDINELLUS DULKEIT*) И СИГА ТЕЛЕЦКОГО (*COREGONUS LAVARETUS PIDSHIAN*) ИЗ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ТИПОВ ПИТАНИЯ

Д. А. Костякова, М. М. Соловьев

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

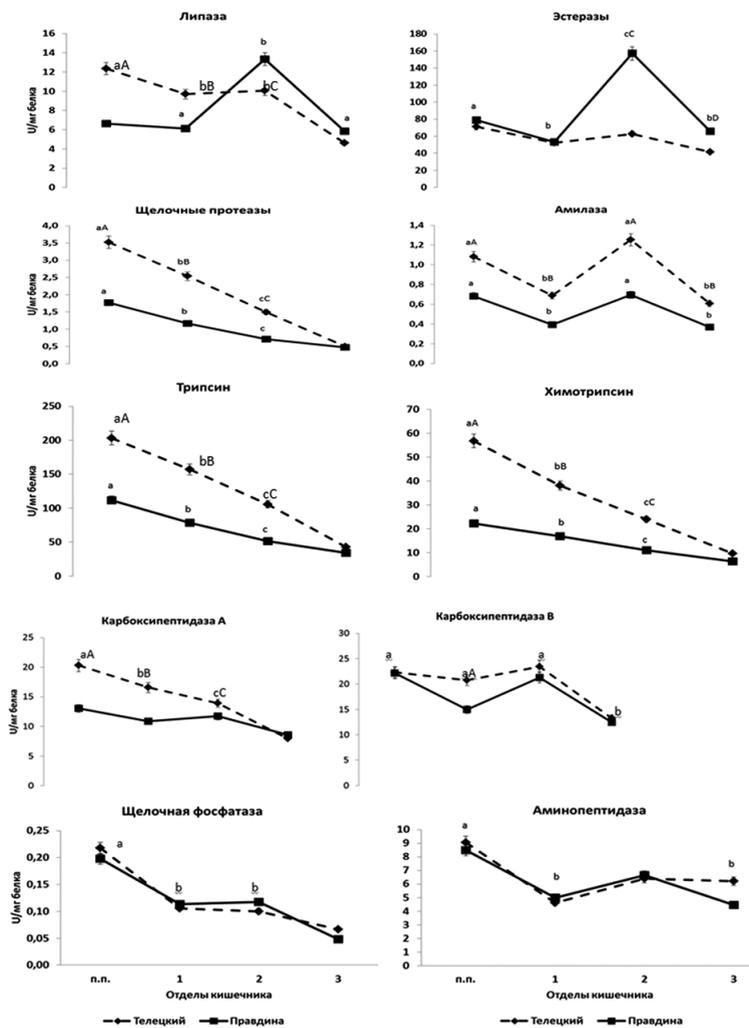
E-mail: yarmak85@mail.ru

Coregonus lavaretus – широко распространенный в северном полушарии вид, образующий в озерах с бедной ихтиофауной симпатрические популяции. В Сибири симпатрические много- и малотычинковые сиги рода *Coregonus* населяют озеро Байкал, озера верхнего течения реки Витим-Доронг, озера Большие и Малые Капылуши, Третьяковское, а также Телецкое озеро [1].

В Телецком озере обитает малотычинковый (менее 30 жаберных тычинок) сиг-пыжьян *C. L. pidshian* и многотычинковый (в среднем 34 тычинки) сиг Правдина *C. pravdinellus* [2]. На происхождение этих сигов существуют несколько точек зрения, по одной из которых эти сиги произошли от малотычинкового сига-пыжьяна, сформировавшегося в условиях конкуренции за источники питания [1]. Сиги с большим числом жаберных тычинок (более 30) питаются преимущественно планктонными организмами и по типу питания – планктофаги, тогда как формы с малым их числом (до 30) потребляют преимущественно бентос и относятся к бентофагам.

Мы предполагаем, что различие в типах питания данной симпатрической пары сигов может оказать влияние на уровень ферментативной активности в кишечном тракте (КТ). В связи с этим цель работы – определить активность основных групп пищеварительных ферментов у сигов *C. lavaretus pidshian* и *C. pravdinellus*.

Сбор материала проводили на оз. Телецкое, на базе стационара Института систематики и экологии животных СО РАН в августе 2012 г. Рыб ловили ставными жаберными сетями с размером ячеи 22–25 мм. Рыб умерщвляли ударом по голове, измеряли длину тела (по Смитту), после чего извлекали КТ, разделяли на отделы (желудок, пилорические придатки и передний, средний и задний отделы кишечника) и немедленно замораживали в жидком азоте до проведения дальнейших анализов. Панкреатические и пристеночные ферменты выделяли как



Активность пищеварительных ферментов в различных отделах кишечника у сига Правдина и телеского сига: заглавными буквами отмечены достоверные различия ($p \leq 0,05$) активности между сигами; строчными буквами – различия между отделами внутри каждого вида; п. п. – пилорические придатки

описано у Gisbert et al. [4]. Специфическую активность (U/мг белка) амилазы, карбоксипептидазы А и В, неспецифической липазы, трипсина, химотрипсина, щелочных протеаз, щелочной фосфатазы, аминопептидазы и неспецифических эстераз определяли в соответствии с Gisbert et al. [4] и Izvekova et al. [5] на планшетном спектрофотометре (BioTekX2). Концентрацию растворенного белка

определяли по Bredford (1976) с использованием БСА в качестве стандарта. Данные представлены в виде среднего и его ошибки. Для определения достоверности различий между отделами использовали One-Way ANOVA с последующим post hoc тестированием. Все расчеты проведены в программе STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA)

Уровень активности протеолитических ферментов (кроме карбоксипептидазы В) достоверно снижается от первого отдела к третьему (см. рис. выше). В то время как уровень активности щелочной фосфатазы, аминопептидазы, амилазы, неспецифической липазы и эстераз, а также карбоксипептидазы В был выше во втором отделе кишечника. Для обоих сигов мы отмечаем схожие тенденции в распределении активности пищеварительных гидролаз вдоль кишечного тракта, однако уровень активности значительно отличается: особенно это характерно для 1–2 отделов и пилорических придатков. Для всех исследованных групп ферментов, кроме щелочной фосфатазы и аминопептидазы: уровень активности у телцекого сига был выше по сравнению с сигом Правдина.

Общеизвестно, что уровень активности пищеварительных гидролаз КТ рыб зависит от биохимического состава компонентов питания [3]. Действительно концентрация сахаров в бентосных организмах (в частности, личинках хирономид) выше, чем в объектах питания планктофагов. В то же время в личинках хирономид концентрация жиров значительно ниже (4,4 %) по сравнению с планктонными ракообразными (13–39%), что объясняет высокий уровень активности эстераз у сига Правдина по сравнению с телецким сигом. Несмотря на сходство в концентрации белков в планктонных и бентосных организмах (52–62 %) [6–8], мы отмечаем достоверно большую активность протеолитических ферментов у телцекого сига, что, вероятно, связано с его большими линейными размерами.

Литература

1. Бочкарев Н. А., Зуйкова Е. И. Морфибиологическая и экологическая дифференциация симпатрических сигов рода *Coregonus* из Телцекого озера // Зоологический журнал. 2006. Т. 85. № 8. С. 950–958.
2. Зуйкова Е. И., Бочкарев Н. А. Особенности строения и функционирования жаберно-челюстного аппарата сига Правдина // Вопросы ихтиологии. 2008. Т. 48. № 6.
3. Кузьмина В. В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб; Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина. М.: Наука, 2005.
4. Gisbert E., Giménez G., Fernández I., Kotzamanis Y., Estévez A. Development of digestive enzymes in common dentex *Dentex dentex* during early ontogeny // Aquaculture. 2009. Vol. 287. P. 381–387.
5. Izvekova G. I., Solovyev M. M., Kashinskaya E. N., Izvekov E. I. Variations in the activity of digestive enzymes along the intestine of the burbot *Lota lota* expressed by different methods // Fish Physiology and Biochemistry. 2013. № 39. P. 1181–1193.
6. Kamler E., Kaminski R., Wolnicki J., Sikorska J., Wałowski J. Effects of diet and temperature on condition, proximate composition and three major macro elements, Ca, P and Mg, in barbel *Barbus barbus* juveniles // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2012. № 22. P. 767–777.
7. Riccardi N., Mangoni M. Considerations on the biochemical composition of some freshwater zooplankton species // Journal of Limnology. 1999. № 58. P. 58–65.
8. Ventura M. Linking biochemical and elemental composition in freshwater and marine crustacean zooplankton // Marine Ecology Progress Series. 2006. № 327. P. 233–246.

DIGESTIVE ENZYME ACTIVITIES IN THE GASTROINTESTINAL TRACT OF WHITEFISH *COREGONUS LAVARETUS PRAVDINELLUS* DULKEIT AND *COREGONUS LAVARETUS PIDSCHIAN* FROM TELETSKOE LAKE DEPENDING ON THEIR FEEDING HABITS

D. A. KOSTYAKOVA, M. M. SOLOVYEV

Institute of Systematics and Ecology of Animals Siberian Branch of RAS, Novosibirsk

Summary. The represented data are the first attempt of studying the digestive physiology of sympatric pair of whitefish *Coregonus lavaretus pidshian* and *Coregonus pravdinellus* from Teletskoye lake. The main pancreatic and brush-border digestive enzymes were analyzed. The obtained results showing the very similar patterns along digestive tract but with different level of activities of all studied digestive enzymes. The higher levels of activities were shown for *C. lavaretus pidshian*.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЯЙЦЕКЛАДКИ, СОБСТВЕННО НАСИЖИВАНИЯ И НАСИЖИВАНИЯ В РИТМИЧНЫХ И АРИТМИЧНЫХ КЛАДКАХ У ОЗЕРНОЙ ЧАЙКИ

А. А. ЛОШАКОВА

Челябинский государственный педагогический университет

E-mail: loshakova_anna@mail.ru

Изучением ритмичности кладок яиц занимался Шураков А. И. [4]. В своих работах он описал два варианта кладок: ритмичные и аритмичные. Ритмичные кладки характеризуются появлением яиц с интервалом, близким к 24 часам, аритмичные – увеличением интервала откладки яиц в начале, середине или конце этого процесса.

При изучении ритмичности и аритмичности кладок у озерных чаек на оз. Курлады выявлена изменчивость в этой характеристике: как в биологическом центре колонии, так и на ее периферии преобладает аритмичный вариант откладки яиц [3].

При изучении параметров яйцекладки и насиживания использовалась общепринятая методика описания гнездовой жизни птиц [1], в соответствии с которой выделяются следующие периоды: яйцекладка, собственно насиживание, вылупление птенцов. По данной методике яйцекладка – это интервал времени от несения птицей первого яйца до завершения кладки. Собственно насиживание – это промежуток времени от откладки последнего яйца до вылупления первого птенца. Длительность насиживания составляют яйцекладка, собственно насиживание и вылупление птенцов. Длительность яйцекладки, собственно насиживания и насиживания выражались в сутках [1].

Анализ данных табл. 1 показывает, что средняя продолжительность яйцекладки на периферии колонии составила 2,4 суток, в то время как для биологического центра колонии это значение 2,9 суток. На откладку яиц в аритмичных кладках уходит больше времени: биологический центр колонии – 3,2 суток, периферия колонии – 2,7 суток. Ритмичные кладки формируются за меньший промежуток времени. Различия между средними величинами продолжительности яйцекладки аритмичных и ритмичных кладок статистически не достоверны ($t = 1,54$). В гнездах биологического центра статистически достоверно выше длительность яйцекладки как для ритмичных кладок ($t = 2,11$), так и для аритмичных ($t = 2,03$).

Таблица 1

Длительность яйцекладки у озерной чайки (оз. Смолино, 2014 г.)

Часть колонии	Тип кладки	n	\bar{X} , сут.	$\pm\sigma$	V	min	max
Биологический центр	Ритмичные и аритмичные	15	2,9	0,74	25,8%	1	4
	Ритмичные	3	2,7	0,57	21,7%	2	3
	Аритмичные	12	3,2	0,38	12,3%	3	4
Периферия	Ритмичные и аритмичные	8	2,4	0,74	31,15%	1	3
	Ритмичные	2	1,5	0,7	46,6%	1	2
	Аритмичные	6	2,7	0,51	19,7%	2	3

Для длительности собственно насиживания получены данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Длительность собственно насиживания у озерной чайки (оз. Смолино, 2014 г.)

Часть колонии	Тип кладки	n	\bar{X} , сут.	$\pm\sigma$	V	min	max
Биологический центр	Ритмичные и аритмичные	14	21,3	1,13	5,29%	20	23
	Ритмичные	3	22,3	0,57	2,59%	22	23
	Аритмичные	11	20,9	1,04	4,97%	20	23
Периферия	Ритмичные и аритмичные	8	19,2	2,12	11,01%	16	22
	Ритмичные	2	21	1,41	6,71%	20	22
	Аритмичные	6	18,7	2,06	11,03%	16	22

Длительность собственно насиживания яиц озерной чайки изменяется от 16 до 23 суток. Так, средняя длительность собственно насиживания яиц из центра колонии – 21,3 суток, а с периферии – 19,2 суток. Данные различаются для ритмичных и аритмичных кладок. В ритмичных кладках от снесения последнего яйца до вылупления первого птенца проходит в среднем 22,3 суток для центра колонии и 21 сутки для периферии. На собственно насиживание яиц в аритмичных кладках затрачивается 20,9 суток для гнезд, находящихся в биологическом центре колонии, и 18,7 суток для гнезд, находящихся на периферии. Разница между средними значениями статистически достоверна для аритмичного варианта кладок ($t = 2,47$), для ритмичных кладок разница статистически не достоверна ($t = 1,36$).

Данные общей длительности насиживания, приведенные в табл. 3, показывают, что от снесения первого яйца до вылупления последнего птенца затрачивается от 20 до 27 суток. Для биологического центра колонии это значение больше, чем для периферии: 25,3 суток и 21,7 суток соответственно. Доказана статистически достоверная разница для аритмичного варианта кладок при $t = 6,39$.

Таблица 3

Длительность насиживания у озерной чайки (оз. Смолино, 2014 г.)

Часть колонии	Тип кладки	n	\bar{X} , сут.	$\pm\sigma$	V	min	max
Биологический центр	Ритмичные и аритмичные	14	25,3	0,84	3,31%	24	27
	Ритмичные	3	25	1	4%	24	26
	Аритмичные	11	25,4	0,82	3,22%	24	27
Периферия	Ритмичные и аритмичные	8	21,7	1,48	6,84%	20	24
	Ритмичные	2	22,5	2,12	9,42%	22	24
	Аритмичные	6	21,5	1,37	6,41%	20	24

При изучении характера связи между яйцекладкой, собственно насиживанием и насиживанием вычислялся коэффициент корреляции. Значения коэффициентов корреляции сильно варьируют. Высокие коэффициенты корреляции (более +0,5) описывают связь между длительностью собственно насиживания и длительностью насиживания. Отрицательные значения коэффициента корреляции (менее +0,5) свидетельствуют о том, что такие параметры, как длительность яйцекладки и длительность собственно насиживания, не связаны друг с другом.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

- у озерной чайки преобладает аритмичный вариант формирования кладок;
- длительность яйцекладки в аритмичных кладках больше, чем длительность яйцекладки в ритмичных;
- в биологическом центре колонии яйца насиживаются дольше, чем на периферии. Это характерно как для аритмичного, так и для ритмичного варианта кладок;
- выявлена связь между длительностью собственно насиживания и длительностью насиживания.

Литература

1. Болотников А. М. [и др.]. Экология раннего онтогенеза птиц. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 227 с.
2. Ламехов Ю. Г. Темп и длительность откладки яиц при размножении озерной чайки // Вестн. Челябин. гос. пед. ун-та. Сер. 4. Естественные науки. 2008. № 7. С. 264–271.
3. Ламехов Ю. Г. Пространственно-временная структура колоний птиц и биологические аспекты раннего онтогенеза: дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 2010. 337 с.
4. Шураков А. И. Величина разновозрастности эмбрионов птиц при трех типах насиживания в период откладки яиц // Экология. 1978. № 3. С. 47–52.

DURATION OF EGG LAYING, INCUBATION AND INCUBATION IN RHYTHMIC AND ARRHYTHMIC WORKS IN BLACK-HEADED GULLS

A. A. LOSHAKOVA

Chelyabinsk State Pedagogical University, Chelyabinsk

Summary. In this article the analysis of data pertaining to parameters of oviposition, duration of the actual incubation and incubation duration from black-headed gulls. The

material was collected on the lake Smolino in spring field season 2014. The differences in data collection for regular and irregular variations clutches.

АПРОБАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ У МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

С. Ю. ПЕТУХОВ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

E-mail: sergi_38@mail.ru

Одним из современных методов оценки состояния популяций и качества их среды обитания является определение величины флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных морфологических признаков. В ряде отечественных и зарубежных работ показана четкая зависимость возрастания уровня ФА у многих видов рыб при химическом и радиационном загрязнении водоемов, а также гидрологических условий во время раннего онтогенеза [1–3, 5].

Целью настоящей работы является апробирование методик исследования уровня флуктуирующей асимметрии для рыб из различных водоемов Байкальского региона. Объектом исследования выбран обыкновенный окунь, распространенный вид, населяющий разнообразные равнинные водоемы, различные по экологическим условиям. В основе работы лежат материалы ихтиологических сборов из оз. Байкал и Братского водохранилища. Оценка ФА проводилась согласно стандартным методикам [3, 4]. Всего было использовано четыре меристических признака: число чешуй в боковой линии, число тычинок на первой жаберной дуге, число лучей в грудном и брюшном плавниках.

Исследования показали, что доля ассиметричных рыб в оз. Байкал была меньше, чем в Братском водохранилище (63,6 и 72,7 % соответственно). В обеих выборках преобладали особи ассиметричные только по одному из исследованных признаков 39,4 и 45,1 % соответственно. Остальные рыбы имели одновременно два или три признака, отклоняющихся от симметрии, особей ассиметричных по четырем признакам отмечено не было. Анализ частот ассиметрии отдельных признаков показывает, что для рыб из Братского водохранилища наиболее высокие значения отмечались по числу чешуй в боковой линии (68,2 %), а для выборки из оз. Байкал – по числу тычинок на первой жаберной дуге (39,4). Средняя частота ассиметричного проявления на признак (или интегральный показатель ФА) составляет для выборки из оз. Байкал – 0,22; а для рыб из Братского водохранилища – 0,29. В соответствии с пятибалльной шкалой, характеризующей степень отклонения состояния организма от условной нормы, величина интегрального показателя стабильности развития в обоих случаях $> 0,30$ (1 балл), что характеризует условия обитания как «условно нормальные».

В дальнейшем полученные результаты будут дополнены новыми данными по фоновым видам рыб из других водоемов, также планируется разработка дополнительных морфологических критериев, что позволит использовать ФА в интегральной оценке последствий пролонгированного влияния загрязнения или неудовлетворительного качества среды обитания организмов в естественных и техногенно нарушенных водоемах Байкальского региона.

Литература

1. Баранов С. Г. Динамика флуктуирующей асимметрии при онтогенезе травянистых и древесных пород // Влияние физических, химических и экологических факторов на рост и развитие растений: Материалы IV Всеросс. науч. конфер. (г. Орехово-Зуево, 14 декабря 2007 года). М., 2007. С. 38–39.
2. Гилева Э. А., Нохрин Д. Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия // Экология. 2001. № 1. С. 44–49.
3. Захаров В. М., Жданова Н. П., Кирик Е. Ф., Шкиль Ф. Н. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // Онтогенез. Т. 32, № 6. С. 404–421.
4. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М., 2003.
5. Valentine D.V., Soule M.E., Samollov P. 1973. Asymmetry analysis in fishes: a possible statistical indicator of environmental stress // Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull. Vol. 71. P. 357–370.

TESTING AND PERSPECTIVES OF THE METHODS FOR INVESTIGATION OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF FISH SPECIES IN BAIKAL REGION S. YU. PETUKHOV

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk

Summary. The study shown that the proportion of asymmetric fish in the Baikal Lake was smaller than in the Bratsk Reservoir. In both samples asymmetric specimens only by one of the examined characteristics were dominated. The remaining fish had simultaneously two or three signs that were deviated from symmetry. Asymmetrical individuals by four signs were not detected.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИНАМИКА ТРЕМАТОДЫ *ESCHINOPARYPHIUM RECURVATUM* (ESCHINOSTOMATIDAE) В ПЕРВОМ И ВТОРОМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ХОЗЯЕВАХ-МОЛЛЮСКАХ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ЧАНЫ, ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. М. Растяженко, Н. И. Юрлова

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

E-mail: Rastyazhenko86@mail.ru

Для оценки роли какого-либо организма, в том числе и трематоды, в экосистемных процессах необходимо изучение сроков реализации жизненного цикла и количественное описание процессов, происходящих в образуемых ими паразитарных системах, образованных одним видом паразита и множеством видов хозяев.

В настоящей работе представлены результаты по сезонной динамике партенит и метациркий трематоды *Eschinoparyphium recurvatum*, ассоциированной с моллюсками рода *Lymnaea* и реализующей свой жизненный цикл в экосистеме эвтрофного озера Чаны, на юге Западной Сибири.

Моллюсков собирали вручную ежедекадно на двух контрольных участках: в мелководной зоне приустьевого участка реки Каргат и прибрежной зоне проточного озера Фадиха в июне – августе 2012–2013 гг. Оценка зараженности моллюсков партенитами *E. recurvatum* проводилась на основании прижизненного исследования моллюсков. Для выявления эмиссии церкарий каждого моллюска помещали в индивидуальную емкость и спустя 2–3 часа проверяли эмиссию

церкарий под бинокулярной лупой МБС-10. Для выявления заражения моллюсков метацеркариями *E. recurvatum* проводили компрессорное исследование.

В качестве первого промежуточного хозяина для *E. recurvatum* нами выявлен моллюск *L. tumida*, в качестве второго промежуточного хозяина – моллюски рода *Lymnaea*, в частности *L. tumida* и *L. stagnalis*, которые являются массовыми видами в районе исследования [1, 2].

В 2012 г. моллюски *L. tumida*, зараженные партенитами *E. recurvatum*, были встречены на двух участках: р. Каргат – в середине июня (26 %) и на оз. Фадиха в конце июня (16 %) и середине июля (8 %), тогда как в 2013 г. моллюски, зараженные партенитами, были встречены только в середине июня и только на оз. Фадиха с экстенсивностью инвазии (ЭИ) 5,5 %. Большая встречаемость партенит *E. recurvatum* на оз. Фадиха по сравнению с р. Каргат, очевидно, обуславливается высокой плотностью моллюсков на этом участке, которая в 5 раз больше, чем на р. Каргат, что увеличивает вероятность встречи зараженных особей в популяции моллюсков. Возможным объяснением снижения зараженности моллюсков партенитами в 2013 г. служит высокий процент гибели зараженных моллюсков в предшествующий год, чему способствовали высокие температуры и низкий уровень воды.

Метацеркарии *E. recurvatum* в 2012 г. выявлены у *L. stagnalis* с начала июля по середину августа и только на оз. Фадиха, в отличие от этого зараженные *L. tumida* встречались: во-первых, на двух контрольных участках; во-вторых, период обнаружения зараженных особей на оз. Фадиха сдвинут на 2 декады вперед (т. е. с середины июня по конец июля) по сравнению с таковым у *L. stagnalis*. На р. Каргат зараженные особи были обнаружены только в третьей декаде июня. Высокая встречаемость моллюсков, зараженных метацеркариями *E. recurvatum* на оз. Фадиха (8 декад), в отличие от р. Каргат (1 декада), обуславливается большей плотностью популяции и встречаемостью зараженных партенитами моллюсков на этом участке.

Максимальная интенсивность инвазии (ИИ) *L. stagnalis* зарегистрирована в первой декаде августа (370 экз.), а минимальная – в начале июля (45 экз.). Это объясняется тем, что наибольшее заражение моллюска церкариями происходило в период максимальной плотности популяции хозяина (50 экз/м²). Высокое значение ИИ у *L. tumida* было зафиксировано с конца июня по середину июля и колебалось в пределах 221–241 экз., минимальное значение – в середине июня (7 экз.). Объяснением сложившейся ситуации служит то, что максимальное заражение моллюсков происходило в период высоких температур воды (22,9–26,2 °С). В 2013 г. нами не выявлено моллюсков, зараженных метацеркариями *E. recurvatum*, что, вероятно, связано с низкой зараженностью моллюсков партенитами данного вида.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-04-02075).

Литература

1. Юрлова Н. И., Водяницкая С. Н. Многолетние изменения видового состава и численности легочных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) в озере Чаны (юг Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12. Вып. 2. С. 255–266.

2. Юрлова Н. И., Водяницкая С. Н., Сербина Е. А. Брюхоногие моллюски (GASTROPODA) Чановской системы озер (юг Западной Сибири) // Материалы Всерос. конф. «Беспозвоночные животные Южного Зауралья и сопредельных территорий». Курган, 1998. С. 356–358.

POPULATION DYNAMICS OF *ESCHINOPARYPHIUM RECURVATUM* (ECHINOSTOMATIDAE) IN THE FIRST AND SECOND INTERMEDIANT SNAIL-HOST IN BASIN OF CHANY LAKE, THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

N. M. RASTYAZHENKO, N. I. YURLOVA

Institute of Systematics and Ecology of Animals,

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

Summary. The results of study of parthenites and metacercaria of *E. recurvatum* from freshwater snails in Basin of Chany Lake are presented in this study. The relationship between trematodes infection and weather conditions and population density are determined.

ВИДОВОЙ СОСТАВ НАПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. УФЫ

К. Ю. ШВЕЦ, А. С. СИМАХИНА, О. С. ЦЕЛОУСОВА

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа

E-mail: kseniya.shvets@yandex.ru

Напочвенные беспозвоночные представляют собой различные виды дождевых червей, щелкунов и их личинок, пауков, имаго и личинок жуков (жужелиц, стафилинид, мертвоедов), мокриц, диплопод и т. д. Напочвенные беспозвоночные относятся к активно передвигающимся формам, обитающим в верхнем слое рыхлой лесной подстилки, на поверхности, в щелях и трещинах верхнего слоя почвы, под различными укрытиями. Напочвенные беспозвоночные играют важную роль в обеспечении устойчивости экосистем, отражают воздействие большого количества экологических факторов. Изменение видового состава и количества напочвенных беспозвоночных животных является одним из наиболее чувствительных биоиндикаторов природных условий и антропогенного воздействия на почвы и экосистемы в целом. При экологическом мониторинге загрязнений использование напочвенных беспозвоночных в качестве биологических индикаторов дает более ценную информацию, чем прямая оценка загрязнения приборами, так как биологические индикаторы реагируют сразу на весь комплекс загрязнений [1]. В настоящее время в Республике Башкортостан недостаточно изученными остаются видовой состав и численность напочвенных беспозвоночных урбанизированных территорий. В связи с этим целью исследования являлось изучение видового состава, численности и закономерностей распределения наземных беспозвоночных в различных биотопах окрестностей г. Уфы.

Материал и методы исследования. Материалом для исследования послужили наземные беспозвоночные, отловленные в окрестностях г. Уфы (июль – август 2012 г. и июнь – июль 2013 г.) (см. табл. ниже). Учетные площадки были заложены в шести биотопах: дубняк кленово-рябиновый разнотравный (окрестности села Дмитриевка), луг злаково-разнотравный (левый берег реки Уфа), урема иво-

во-кленовая (пойма реки Белая), луг разнотравный (окрестности села Благовар), ивняк осоковый (правый берег реки Белая); дубняк липово-вязовый (левый берег реки Уфа). Для сбора напочвенных беспозвоночных использовали ловушки Барбера – Гейлера с фиксирующим раствором (4 % формалин). Ловушки устанавливались в линию через 10 метров по равнобедренному треугольнику [4]. Забор напочвенных беспозвоночных производили через 8–10 дней в зависимости от биотопа. Определение видов беспозвоночных проводилось в камеральных условиях и монтированием в коллекцию [2, 3]. Относительную численность видов вычисляли соотношением количества видов к ловушко-суткам, а также индекс доминирования видов напочвенных беспозвоночных в процентах вычисляли с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2012.

Результаты. В результате анализа фауны беспозвоночных 6 биотопов окрестностей г. Уфы было собрано 372 экземпляра беспозвоночных животных за 347 ловушко-суток. Наибольшее количество видов беспозвоночных было собрано в 2013 г. при меньшем количестве ловушко-суток ($N = 24$). Данная численность беспозвоночных превышала число экземпляров беспозвоночных в 2012 г. ($N = 19$). Данные различия в численности беспозвоночных, вероятно, могут быть связаны с изменениями погодных условий. Наибольшее количество видов напочвенных беспозвоночных наблюдалось в трех биотопах: урема ивово-кленовая (14 видов), луг разнотравный (12 видов) и ивняк осоковый (9 видов) (см. табл. ниже).

В биотопе луг разнотравный как в 2012 г., так и в 2013 г. обнаруживались щитник двузубый (*Picromerus bidens*) ($n_{относ} = 0,03$; ИД 7,1 0 %), щитник зеленый (*Palomena prasina*) ($n_{относ} = 0,06$; ИД 14,2 %), клоп-солдатик (*Pyrhocoris apterus*) ($n_{относ} = 0,09$; ИД 21,4 %) и бронзовка золотистая (*Celonia aurata* L.) ($n_{относ} = 0,06$; ИД 14,2 % и $n_{относ} = 0,02$; ИД 1,8 % соответственно). Кроме того, в данном биотопе за 2013 г. были выявлены следующие виды, не обнаруженные в других биотопах: шелкун продольнополосый (*Athous vittatus* F.) ($n_{относ} = 0,3$; ИД 35,1 %), жужелица зернистая (*Carabus granulatus*) ($n_{относ} = 0,05$; ИД 1,3 %), клоп ягодный (*Dolycoris baccarum* L.) ($n_{относ} = 0,04$; ИД 3,7 %), слоник хвойный (*Hylobius pinastri* Gyll.) ($n_{относ} = 0,16$; ИД 16,6 %), усач черногрудый (*Gaurotes virginea* Lec.) ($n_{относ} = 0,21$; ИД 22,2 %), муравей лесной темно-бурый (*Formica fusca* L.) ($n_{относ} = 0,09$; ИД 2,1 %). Во всех биотопах наиболее распространенным являлся отряд Пауков (Araneae), составивший 49 % от общего числа всех отловленных беспозвоночных. Кроме того, при анализе относительной численности видов напочвенных беспозвоночных за июль – август 2012 г. и июнь – июль 2013 г. было выявлено значительное увеличение численности представителей отряда пауки (Araneae). Также увеличение численности наблюдалось у видов: птеростих черный (*Pterostichus niger*), черный садовый муравей (*Lasius niger*), червь дождевой (*Lumbricina*). Уменьшение численности отмечалось у вида Рыжий лесной муравей (*Formica rufa*), что объясняется более ранним отловом в 2013 г., а муравьи, как известно, достигают своего максимума численности к концу лета (июль – октябрь).

Видовой состав напочвенных беспозвоночных в различных биотопах г. Уфы

Вид	Дубняк клено- во-рябиновый разнотравный		Луг злако- во-разно- травный		Урема ивово- кленовая		Ивняк осоковый		Дубняк липово- вязовый	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	$n_{\text{относ}}$: ИД, %									
Рыжий лесной муравей (<i>Formica rufa</i>)	0,09; 18,7	0,05; 16,5	–	–	–	–	–	0,05; 3,3	–	–
Черный садовый муравей (<i>Lasius niger</i>)	–	–	–	–	0,3; 35,1	0,44; 44,4	–	–	0,2; 23,5	0,21; 39,5
Птеростих черный (<i>Pterostichus niger</i>)	0,16; 31,7	0,19; 36,4	0,02; 12,5	0,09; 13,4	–	0,56; 5,6	–	–	0,25; 42,8	–
Птеростих проворный (<i>Pterostichus strenuous</i>)	0,16; 31,7	0,16; 31,2	0,10; 50	0,10; 50	0,02; 1,8	0,35; 35,2	–	0,05; 3,3	–	–
Мокрицы (<i>Oniscidea</i>)	0,03; 6,26	0,04; 6,55	–	0,11; 53	0,03; 3,7	–	–	–	–	–
Пауки (<i>Araneae</i>)	0,06; 12,5	0,06; 12,5	0,07; 37,5	0,08; 38,5	0,2; 22,2	0,17; 21,	–	0,24; 16,7	0,5; 58,8	0,19; 48,8
Червь дождевой (<i>Lumbricina</i>)	–	–	–	–	0,03; 3,7	0,04; 3,7	0,06; 15,3	–	0,1; 0,9	0,06; 15,3
Жужелица зернистая (<i>Carabus granulatus</i>)	–	–	–	–	0,02; 1,8	–	–	–	0,04; 7,1	–

Примечание: $n_{\text{относ}}$ – относительная численность; ИД – индекс доминирования, в %.

Литература

1. Бабенко А. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы состояния территории // Материалы международной молодежной школы-семинара «Геохимия живого вещества». Томск, 2013. С. 40–42.
2. Плавильщиков Н. Н. Определитель насекомых. М.: Топикал, 1994. 544 с.
3. Сейфулина Р. Р. Пауки средней полосы России. Атлас-определитель. М: Фитон+, 2011. 608 с.
4. Barber H. S. Traps for Inhabiting // Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. 1931. Vol. 46. P. 259–266.

SOIL INVERTEBRATE ANIMALS SPECIES IN DIFFERENT HABITANS NEIGHBORHOODS UFA

K. Yu. SHVETS, A. S. SIMAKHINA, O. S. TSELOUSOVA

Bashkir State Medical University, Ufa

Summary. Were studied taxonomic composition and quantitative characteristics (relative abundance and dominance index) soil invertebrates in different habitats forest, meadow, riparian Ufa Republic of Bashkortostan for the periods July-August 2012 and June-July 2013.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ КРАСНОЙ ПОЛЕВКИ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В. О. Таджидинов

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: atrin1989@gmail.com

Ханты-Мансийский автономный округ занимает лидирующие позиции по количеству добываемой нефти среди регионов России. В связи с этим нефтяная промышленность является ведущей отраслью хозяйства региона, что не может не сказываться на состоянии окружающей среды. Основным видом отрицательного воздействия на природные комплексы во время эксплуатации месторождений является химическое загрязнение окружающей среды нефтью. По чрезвычайным техногенным ситуациям, связанным с выбросами нефти, Ханты-Мансийский автономный округ лидирует не только в России, но и в мире [4].

Большой вклад в изучение влияния нефтяных разливов на сообщества мелких млекопитающих внес С. Н. Гашев [1]. В своих исследованиях он изучал пространственную структуру популяций доминирующих видов на среднезагрязненных территориях. В наших представлениях более информативны данные, полученные на сильнозагрязненных территориях, так как позволяют оценить изменение структуры населения во всем спектре загрязнения. Цель настоящей работы – изучение пространственной структуры доминирующего вида на сильнозагрязненных территориях.

Материалы и методы. Исследования проводились на территории Правдинского нефтяного месторождения в 2012–2014 гг. Исследовался участок смешанного леса, прилегающего к магистральному нефтепроводу. Разлив нефти произошел в 2011 г., почва и лесная подстилка сильно загрязнены нефтью. Растительный покров на большей части нефтяного пятна отсутствует, деревья и кустарники с большим количеством сухих листьев и желтой хвои. Исследованная территория была разделена на 4 зоны по степени удаленности от центра нефтяного пятна: I – участок, находящийся на территории нефтяного пятна, растительность представлена редкими островками; II – участок, прилегающий к границе поверхностного пятна, островков растительности значительно больше; III – участок, расположенный вне поверхностного нефтяного пятна, следы нефти обнаруживаются на глубине 5–10 см; IV – участок, не загрязненный нефтью. Выделение участков производилось по степени загрязнения нефтью грунта и лесной подстилки согласно классификации Чижова – Долингера [3].

Модельным объектом была выбрана красная полевка (*Myodes rutilus* Pallas, 1779) как доминирующий вид на исследованной территории. Для оценки структуры населения красной полевки проводили безвозвратный отлов зверьков линиями давилок Геро по 50 штук в течение 5 сут. Параллельно проводилось меченье зверьков с повторным отловом, отлов осуществлялся ловчими канавками длиной 5 м с двумя цилиндрами. Продолжительность работы канавок составляла 5 сут [1]. Всего было отработано 9800 ловушко-суток, отловлено 414 особей красных полевков. Для характеристики пространственной структуры использовались индексы общего обилия, заселенности территорий и агрегированности населения [2]. Оценка плотности оседлого населения проводилась по методу Шципанова Н. А. [5].

Результаты. Был проведен подсчет основных показателей, характеризующих пространственное распределение красных полевков и их обилие на исследуемых участках. Для индекса обилия, отражающего относительную численность на всем исследованном участке, наблюдалось уменьшение показателя при приближении к центру нефтяного пятна. Так, показатель индекса обилия имеет следующее распределение в векторе уменьшения степени загрязнения: I – 1,22; II – 3,31; III – 5,75; IV – 6,61. Для описания размещения животных использовался индекс заселенности территорий, отражающий совокупную емкость местообитания для данного вида и показывающий долю обследованных территорий, занятых животными. Анализ данных показал, что индекс заселенности уменьшается при увеличении степени нефтяного загрязнения (I – 3,2; II – 6; III – 8,4; IV – 12,8). Для оценки агрегированности животных на территории использовался индекс Уитфорда. Индекс агрегированности животных имел следующие значения на изученных участках: I – 0,38; II – 0,55; III – 0,68; IV – 0,51.

Описание структуры населения мелких млекопитающих исследованных территорий проводилось посредством определения показателя численности оседлых (О) и величины миграции нетерриториальных (М) особей. Согласно полученным данным, на I участке не были выявлены оседлые особи, а показатель величины миграции был равен 2. На остальных территориях оба показателя увеличивались при уменьшении степени загрязнения. Так, показатель количества оседлых особей имел значения: II – 9,5; III – 14,5; IV – 19. А показатель величины потока нетерриториальных особей равен: II – 3,5; III – 6,5; IV – 7. Данные, полученные методом меченья зверьков с повторным выловом, подтвердили данные, полученные методом безвозвратного отлова.

Таким образом, нефтяное загрязнение местообитаний приводит к изменению пространственной структуры и численности населения красной полевки. В зоне сильного загрязнения среды нефтью наблюдается полное отсутствие оседлого населения, а по мере уменьшения степени загрязнения среды наблюдается увеличение количества оседлого населения. На ненарушенных территориях высокий показатель общего обилия относительно нарушенных участков. Показатель обилия возрастает по мере уменьшения степени загрязнения. Подобное наблюдается и для значения показателя заселенности территорий. Все это говорит об отсутствии благоприятных условий на нарушенных территориях для населения красной полевки. Показатель агрегированности населения ненарушенных территорий имеет значение ниже такового для нарушенных участков, за исключением I участка. Столь низкий показатель агрегированности на сильнозагрязненном участке объясняется полным отсутствием оседлого населения и почти полным отсутствием благоприятных мест обитания.

Литература

1. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: ТюмГУ, 2000. 220 с.
2. Карасева Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416с.
3. Чижов Б. Е., Долингер В. А. Классификация нефтезагрязненных земель таежной зоны Западной Сибири с целью ее рекультивации // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири: сб. науч. тр. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. Вып. 6. С 172–192.

4. Чижев Б. Е., Долингер В. А., Захаров А. И. Особенности нефтяного загрязнения территории Ханты-Мансийского автономного округа // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2008. Вып. 8. С 15–21.

5. Щипанов Н. А. Оценка плотности населения оседлых и величины потока нетерриториальных мелких млекопитающих при учетах с безвозвратным изъятием // Зоол. журн. 1990. Т. 69, № 5. С. 113–124.

SPATIAL STRUCTURE OF THE POPULATION OF THE NORTHERN RED-BACKE VOLES IN THE PETROPOLLUTED TERRITORIES

V. O. TADZHIDINOV

Northern Trans-Ural SAU, Tyumen

Summary. Spatial structure of the population of the northern red-backe vole is investigated. Researches were carried out in the territory of the Pravdinsky oilfield. 9800 masher-days were worked out, 414 specimens of the northern red-backe voles were captured. The dependence of structure of the population of the northern red-backe vole on pollution level was revealed. A settled individual of the northern red-backe vole was not found in the territory with high extent of oil pollution.

ЧАСТЬ 5. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ПЛАСТИЧНОСТЬ МАУТНЕРОВСКИХ НЕЙРОНОВ В ХОДЕ ОБРАТИМОЙ МОНОКУЛЯРНОЙ ДЕПРИВАЦИИ ЗОЛОТЫХ РЫБОК

А. Г. АЛИЛОВА

Пушчинский государственный естественно-научный институт

E-mail: hells2012@yandex.ru

В медицинской практике широко известны случаи амблиопии – частичной или полной потери зрения, не связанной с какими-либо аномалиями самого глаза. В частности, врожденная катаракта или же зрительная депривация (то есть лишение зрительного опыта) у детей приводят к пагубным последствиям, никогда не наблюдаемым у взрослых.

В моделях амблиопии на животных (кошки и обезьяны) было показано, что «отключение» зрения с одной стороны тела не приводит к каким-либо отклонениям в физиологии ганглиозных клеток сетчатки и первичных приемников зрительной информации (наружное коленчатое тело), однако наблюдаются серьезные дефекты на гистологическом уровне в наружном коленчатом теле и в зрительной коре [1]. В поисках модели для биомедицинского изучения данного феномена мы остановились на классическом объекте нейробиологии – маутнеровских нейронах (МН) золотой рыбки. Парные маутнеровские нейроны рыб, наиболее изученные нейроны головного мозга позвоночных, образуют прямые и опосредованные связи со многими сенсорными системами, в том числе с органами зрения, слуха, боковой линии, вестибулярного аппарата [2]. В функциональном отношении МН являются своеобразным интегрирующим сенсорным центром, способным инициировать через мотонейроны жизненно важное поведение рыбок. Показано, что за активацией правого или левого нейрона следует поворот золотой рыбки в сторону, противоположную расположению в мозге активированного нейрона.

В основе метода временной монокулярной депривации лежит обездвиживание рыбки на полный рабочий день путем введения миорелаксанта тубокурарина, а также установки для промывания жабр, центральным элементом которого является перистальтический насос. Кожа вокруг глаза тщательно подготавливается и заклеивается специальными клеевыми составами, обеспечивающими стойкое и неинвазивное для глаза удержание непрозрачной маски в течение одной-двух недель. Показано, что в ходе монокулярной депривации у рыбок развивается стойкое предпочтение поворотов в сторону закрытого глаза – рыбки-«амбидекстры» становились «правшами» или «левшами» в зависимости от стороны депривации.

Используя трехмерную компьютерную реконструкцию МН, были обнаружены специфические изменения размеров вентральных дендритов, которые принимают зрительную афферентацию из тектума. Наблюдалась структурная асимметрия указанных частей нейронов, то есть вентральный дендрит того нейрона, который был лишен зрительных раздражителей, стойко уменьшался относительно своего зеркального аналога. После отклеивания маски в ходе двухнедельного реабилитационного периода наблюдалось неполное восстановление функции

временно «деафферентированного» МН с сохранением приобретенной моторной асимметрии рыбки [3].

Эксперименты по временной монокулярной депривации золотых рыбок и последующей реабилитации зрения могут послужить основой для создания полноценного модельного объекта для исследования амблиопии. Данные, полученные при использовании метода временной монокулярной депривации, в практическом отношении могут быть интересны с точки зрения интерпретации нейрональных последствий посттравматических нарушений сенсорно-двигательного аппарата и разработки медицинских приемов коррекции этих нарушений у человека.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№12-04-00699-а).

Литература

1. Григорьева Е. Е., Штанчаев Р. Ш., Михайлова Г. З., Тирас Н. Р., Мошков Д. А. Изменения моторной асимметрии золотых рыбок и структуры их маутнеровских нейронов, обусловленные односторонней зрительной депривацией // *Нейрофизиология*. 2010. Т. 42, № 3. С. 225–237.

2. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М.: Мир, 1990. 239 с.

3. Nakajima Y., Kohno K. Fine structure of the Mauthner cell: synaptic topography and comparative study // *Neurobiology of the Mauthner cell* / ed. by D. Faber and H. Korn. N-Y.: Raven Press, 1978. P. 133–166.

PLASTICITY MAUTHNER NEURONS DURING REVERSIBLE MONOCULAR DEPRIVATION GOLDFISH

G. A. ALILOVA

Pushchino State Institute of Natural Sciences, Pushchino

Summary. In studies of the neurobiological effects of reversible visual deprivation (amblyopia) for the first time successfully applied the method of temporary monocular deprivation goldfish - the unilateral termination of the afferent input of visual information on mauthner neurons. Temporary monocular deprivation changes the motor behavior of fish, leading, in most cases, to the development of preferences turns (asymmetry) in the direction of the closed eye. Ventral dendrite dominant (contralateral to the side of deprivation) МН 5-10 days after the operation becomes less ipsilateral dendrite, which corresponds to the hypothesis of the reciprocal influence of the ventral dendrite on the functional activity of the neuron.

ВЛИЯНИЕ БЕТА-ЭНДОРФИНА НА СЕКРЕЦИЮ IL-1 β , TNF- α И IL-10 ПЕРИТОНЕАЛЬНЫМИ МАКРОФАГАМИ МЫШИ

Т. А. БАЕВА¹, В. О. НЕБОГАТИКОВ², Е. И. ШУТОВА³

¹ *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь*

² *Институт технической химии УрО РАН, Пермь*

³ *Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*
E-mail: simonjkarperm80@mail.ru

Актуальность. Цитокины представляют собой универсальную систему регуляции функций клеток как врожденного, так и адаптивного иммунитета. В регуляции цитокиновой секреции принимает активное участие эндогенная опиоидная система, включающая в себя большое разнообразие рецепторов и лигандов. Большое внимание привлекает к себе регуляция опиоидной системой продукции

цитокинов, играющих ключевую роль в процессах запуска, формирования и определения доминирующего типа иммунного ответа (Th1\Th2).

Цель работы – исследовать влияние β -эндорфина на продукцию про- и противовоспалительных факторов IL-1 β , TNF- α и IL-10 перитонеальными макрофагами мыши в системе *in vivo*.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на белых беспородных мышах средней массой 25–33 г. Животные содержались в условиях лабораторного вивария на пищевом режиме *ad libitum*.

Бета-эндорфин (Skytek laboratories, США) вводили однократно внутривентриально в объеме 150 мкл. Все животные были разбиты на 5 групп: 1-я – контрольная (физиологический раствор), 2-я – β -эндорфин в концентрации 0, 0005 мкг/кг, 3-я – β -эндорфин в концентрации 0, 01 мкг/кг, 4-я – β -эндорфин в концентрации 1 мкг/кг, 5-я – β -эндорфин в концентрации 100 мкг/кг. Спустя 1 час после введения препаратов мышей выводили из эксперимента путем декапитации под эфирным наркозом. Макрофаги выделяли из брюшной полости и культивировали в пластиковых круглодонных 96-луночных планшетах во влажной атмосфере с 5% CO₂ при 37 °С в течение 24 ч. Каждая культура содержала 5·10⁵ клеток в 0,2 мл полной культуральной среды, которую готовили *ex tempore* на основе среды RPMI 1640 (Gibco Live Technology, США). В качестве стимулятора цитокиновой секреции использовали опсонизированный зимозан в концентрации 150 мкг/мл, который вносили непосредственно в культуры.

Концентрацию цитокинов определяли в супернатантах 48-часовых культур методом твердофазного иммуоферментного анализа с помощью наборов Bender Medsystems (Австрия).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа и апостериорного LSD-критерия Фишера. Данные в таблице представлены в виде средней и ее стандартной ошибки (M \pm m).

Влияние бета-эндорфина (БЭ) на секрецию цитокинов перитонеальными макрофагами мыши *in vivo*

Группы	Спонтанная секреция			Зимозан 150 мкг/мл		
	IL-1 β (n = 9)	TNF- α (n = 7)	IL-10 (n = 6)	IL-1 β (n = 9)	TNF- α (n = 6)	IL-10 (n = 6)
Контроль	93,55 \pm 14,43	211,90 \pm 37,53	223,50 \pm 21,19	141,11 \pm 12,41	503,04 \pm 72,52	407,51 \pm 36,43
БЭ 0,0005 мкг/кг	40,05 \pm 8,13***	153,48 \pm 23,22	151,91 \pm 28,16	123,05 \pm 35,05	549,93 \pm 92,86	312,52 \pm 105,87
БЭ 0,01 мкг/кг	32,34 \pm 6,76***	149,02 \pm 22,29	103,93 \pm 20,89**	78,77 \pm 22,88	393,26 \pm 110,83	240,75 \pm 95,46
БЭ 1 мкг/кг	67,59 \pm 10,64	258,31 \pm 81,10	131,66 \pm 28,26*	183,72 \pm 40,51	601,12 \pm 127,62	153,26 \pm 10,56
БЭ 100 мкг/кг	43,03 \pm 3,50***	277,75 \pm 30,97	171,59 \pm 28,55	116,89 \pm 45,69	716,31 \pm 142,45	208,36 \pm 71,73

* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$; n – количество животных в группах.

Результаты. Установлено, что β -эндорфин дозозависимо угнетал спонтанную продукцию IL-1 β и IL-10 перитонеальными макрофагами мыши, не оказывая статистически значимого влияния на зимозан-стимулированную секрецию данных цитокинов.

Предварительное введение экспериментальным животным β -эндорфина не приводило к значимому изменению уровней TNF- α как в стимулированных, так и в нестимулированных культурах (см. табл. выше). Ранее нами было показано стимулирующее влияние бета-эндорфина на количество В-лимфоцитов в селезенке мышей, а также продукцию спленоцитами мыши IL-4, цитокина, играющего важную роль в формировании гуморальной формы иммунного ответа или Th2 поляризации [1]. Угнетение секреции IL-1 β , который является провоспалительным цитокином и поляризует иммунный ответ в Th1 сторону, также подчеркивает важное значение бета-эндорфина для развития и поддержания гуморального иммунного ответа.

Работа поддержана грантом программы Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология».

Литература

1. Гейн С. В., Баева Т. А., Небогатиков В. О., Тендрякова С. П. Влияние бета-эндорфина на антителогенез, пролиферацию и секрецию T χ 1/T χ 2-цитокинов in vivo // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2011. Т. 152, № 11. С. 526–529.

INFLUENCE OF BETA-ENDORPHIN ON IL-1 β , TNF- α AND IL-10 SECRETION BY PERITONEAL MURINE MACROPHAGES

T. A. BAEVA¹, V. O. NEBOGATIKOV², E. I. SHUTOVA³

¹Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

²Institute of Technical Chemistry, Perm

³Perm State National Research University, Perm

Summary. It was presented beta-endorphin was reduced spontaneous IL-1 β and IL-10 secretion by the peritoneal murine macrophages, but had no effect on the levels of TNF α in the cell cultures. The opsonized zymosan addition in the culture abrogated the effects of beta-endorphin.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЛОЗАП НА ПОКАЗАТЕЛИ ОСНОВНОГО ОБМЕНА КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

М. В. ЧЕРНОРУЦКИЙ

Тверская государственная медицинская академия Минздрава РФ

E-mail: michail1911@mail.ru

Метаболический синдром (МС) – комплекс метаболических, гормональных и клинических нарушений, в основе которых лежит инсулинорезистентность и компенсаторная гиперинсулинемия. Для лечения артериальной гипертензии, сопровождающей МС, широко используют антагонисты рецепторов ангиотензина II. Биологическая роль недавно обнаруженных митохондриальных рецепторов ангиотензина пока мало понятна. Поэтому целью исследования была оценка влияния препарата Лозап (антагониста рецепторов ангиотензина II) на показатели обмена углеводов и липидов в условиях МС.

В эксперименте использовали беспородных белых самок крыс. МС моделировали путем обогащения стандартного рациона сахарозой и жирами. Животных с установленным МС делили на две группы: 1) без медикаментозного лечения; 2) лечение препаратом Лозап (ежедневно 30 мг/кг, per os). Через 8 недель крыс выводили из эксперимента с соблюдением действующих биоэтических норм. Стандартными методами в крови и печени определяли содержание глюкозы, гликогена и липидов.

У животных первой опытной группы отмечались признаки абдоминального ожирения, увеличение печени за счет усиленного накопления в ней гликогена и триглицеридов. В этих условиях избыточное содержание в печени холестерина и фосфолипидов может быть связано с увеличением суммарной площади клеточных мембран в разрастающемся органе. Под действием препарата Лозап снижался уровень глюкозы в крови, что сопровождалось дополнительным отложением гликогена в печени. Кроме того происходило уменьшение количества фосфолипидов в печени с возрастанием их концентрации в крови, что приводило к понижению индекса атерогенности. Вероятно, благодаря лекарственной терапии происходит некоторая коррекция нарушенной чувствительности клеток к инсулину.

EFFECT OF PREPARATION LOZAP ON BASAL METABOLIC CHARACTERISTICS OF RATS WITH EXPERIMENTAL METABOLIC SYNDROME

M. V. CHERNORUTSKIY

Tver State Medical Academy, Tver

We studied the effect of the preparation Lozap (angiotensin receptor antagonist) on the content of carbohydrates and lipids in the blood and liver of female rats with experimental metabolic syndrome. Under the action of the drug, atherogenic index and glucose level were decreased in the blood that was accompanied by increased deposition of glycogen and decreased content of phospholipids in the liver.

ВЛИЯНИЕ НОКАУТА ПО ФАКТОРУ НЕКРОЗА ОПУХОЛИ НА ПОВЕДЕНИЕ И МЕТАБОЛИЗМ БИОГЕННЫХ АМИНОВ МОЗГА

Д. В. ФУРСЕНКО, Н. В. ХОПКИН

Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск

E-mail: dvfursenko@outlook.com

Фактор некроза опухоли (ФНО) – это важный регуляторный цитокин, который обладает как гомеостатической, так и патофизиологической функцией в центральной нервной системе (ЦНС). Чрезмерная экспрессия данного цитокина в мозге характерна для таких нейродегенеративных заболеваний, связанных с хроническим воспалением, как болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера и множественный склероз. Кроме того, было показано, что в нормальных физиологических условиях ФНО участвует в развитии ЦНС, синаптической передаче и нейрогенезе во взрослом организме [2].

Мыши с нокаутом по гену ФНО являются перспективной моделью для изучения механизмов действия данного цитокина в ЦНС, для исследования роли ФНО в нейропатологии, а также его участия в когнитивных функциях.

В мире существует несколько линий с нокаутом по ФНО. В SPF-виварии Института цитологии и генетики СО РАН содержится нокаутная линия мышей 661, полученная от Недоспасова С. А. из Пущинского вивария. Когнитивные способности этой линии мышей до сих пор не были изучены. В данной работе мы исследовали поведение мышей линии 661 с нокаутом по гену ФНО в сравнении с диким типом (C57Bl6) в тестах «открытое поле», «приподнятый крестообразный лабиринт», «новый объект» и «водный лабиринт Морриса».

Не было обнаружено различий в тестах «открытое поле» и «приподнятый крестообразный лабиринт» по тревожности ($p > 0,05$, $p > 0,05$), и в тесте «открытое поле» по двигательной ($p > 0,05$) и исследовательской активности ($p > 0,05$). В настоящее время существуют противоположные данные о проявлении тревожности другими линиями с нокаутом по ФНО [1, 3].

В тесте «новый объект» мыши линии 661 исследовали (обнюхивали) объект меньше времени по сравнению с мышами дикого типа ($F_{1,17} = 6,48$, $p < 0,05$), хотя число подходов к объекту у них не отличалось ($p > 0,05$).

В тесте «водный лабиринт Морриса», описывающем способность к обучению, не было найдено различий по пройденному пути ($p > 0,05$) и латентному времени достижения платформы ($p > 0,05$) между линиями 661 и C57Bl6, но было показано достоверное влияние дня обучения на оба показателя ($F_{3,39} = 18,44$, $p < 0,001$; $F_{3,39} = 18,44$, $p < 0,001$). На пятый день во время ретеста (контрольный тест без платформы) мыши 661 линии проводили достоверно меньше времени в секторе, в котором ранее находилась платформа, по сравнению с мышами дикого типа ($F_{1,19} = 8,89$, $p < 0,01$). Таким образом, не было найдено различий по способности линий к обучению. В то же время нами было показано, что нокаут по ФНО повлиял на способность мышей к воспроизведению выученного результата. Подобные результаты были получены при исследовании другой нокаутной линии по ФНО в тесте Барнес [1].

Также методом высокоэффективной жидкостной хроматографии были измерены уровни биогенных аминов (серотонин, дофамин) и их метаболитов (гомованилиновая кислота, 3,4-дигидроксифенилуксусная кислота, 5-гидроксииндолуксусная кислота (5-ГИУК)). Нами было показано, что мыши линии 661 характеризуются более высокими уровнями 5-ГИУК в среднем мозге ($F_{1,17} = 9,94$, $p < 0,01$), гиппокампе ($F_{1,17} = 4,8$, $p < 0,05$) и обонятельных луковицах ($F_{1,17} = 4,6$, $p < 0,05$) по сравнению с диким типом. Ранее у другой нокаутной линии по ФНО тоже было показано увеличение 5-ГИУК в гиппокампе, но не в среднем мозге [3].

Таким образом, мыши линии 661 с нокаутом по ФНО характеризуются изменением когнитивных способностей, возможно связанных с изменениями в метаболизме серотонина. Различия в поведении данной нокаутной линии по сравнению с литературными данными можно объяснить различными способами получения нокаутов и различиями в проведении эксперимента. Но тем не менее линия 661 представляет существенный интерес для дальнейших исследований.

Литература

1. Camara M. Lou [et al.]. TNF-alpha and its receptors modulate complex behaviours and neurotrophins in transgenic mice // *Psychoneuroendocrinology*. 2013. Vol. 38. P. 3102–3114.

2. Montgomery S. L., Bowers W. J. Tumor necrosis factor-alpha and the roles it plays in homeostatic and degenerative processes within the central nervous system // J. Neuroimmune Pharmacol. 2012. Vol. 7. P. 42–59.

3. Yamada K., Iida R., Miyamoto Y., Saito K., Sekikawa K. Neurobehavioral alterations in mice with a targeted deletion of the tumor necrosis factor- α gene: implications for emotional behavior // J. Neuroimmunol. 2000. Vol. 111. P. 131–138.

EFFECT OF TUMOR NECROSIS FACTOR DEFICIENCY ON BEHAVIOR AND METABOLISM OF BIOGENIC AMINES IN BRAIN

D.V. FURSENKO, N.V. KHOTSKIN

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk

Summary. In this study, we investigated the effect of knockout of tumor necrosis factor (TNF) gene on behavior and metabolism of biogenic amines in the brain. It was shown that knockout mice spend less time in Morris water maze in the sector where the platform was previously during probe trial. In the “novel object test” knockout mice sniff “object” less time than wild type mice. Furthermore, it was shown that the levels of 5-HIAA in the midbrain, the hippocampus and olfactory bulb significantly higher in knockout mice than in wild type mice.

ВЛИЯНИЕ ЭКСПРЕССИИ АДАПТЕРНОГО БЕЛКА NEDD9 НА АГРЕССИВНОСТЬ КЛЕТОК ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО РАКА ЯИЧНИКОВ МЫШИ

Р. Т. ГАББАСОВ^{1,2}, Л. БИКЛ², Ш. О’БРАЙН²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

²Fox Chase Cancer Center, Филадельфия, США

E-mail: rashid.gabbasov@fcc.edu

NEDD9 (N_eural precursor cell E_xpressed, D_evelopmentally D_ownregulated 9) – адапторный белок, принимающий участие в работе фокальных адгезий и обеспечении клеточного движения. Изменение уровня экспрессии данного белка ассоциировано с целым рядом злокачественных новообразований, однако о роли NEDD9 в развитии эпителиального рака яичников (ЭРЯ) известно очень мало. ЭРЯ, или карцинома яичников, – наиболее опасное онкологическое заболевание женской половой системы, занимающее пятое место среди причин онкологической смертности российских женщин [1]. Как правило, карцинома яичников развивается бессимптомно, и на момент диагностики пациент имеет множественные метастазы в перитонеальной полости, что сильно усложняет лечение. В настоящем исследовании нашей целью было *in vitro* изучить влияние экспрессии NEDD9 на некоторые свойства клеток ЭРЯ, имеющие фундаментальное значение для процессов развития опухоли и ее метастазирования: скорость пролиферации, способность к адгезии и миграции, а также инвазивность.

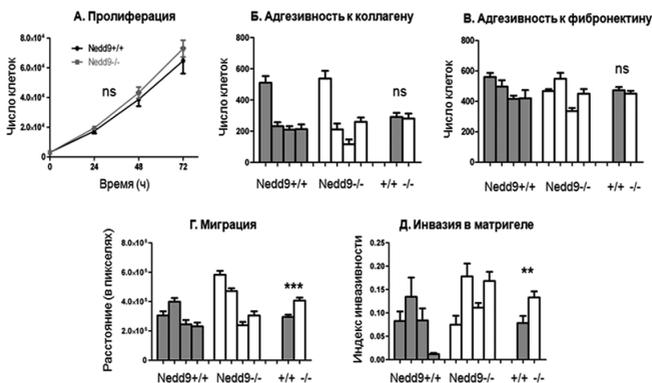
Были использованы клетки ЭРЯ мыши линии дикого типа по гену *Nedd9* (*Nedd9*^{+/+}, n = 4) и нокаутные по гену *Nedd9* (*Nedd9*^{-/-}, n = 4). Клетки были ранее выделены из трансгенных мышей линии *MISIIR-Tag* с соответствующим генотипом по *Nedd9*. Мыши *MISIIR-Tag* спонтанно развивают билатеральные опухоли яичников; гистологически эти опухоли представляют собой эпителиальный рак яичников [2].

Неограниченное клеточное деление – одно из свойств злокачественного перерождения ткани. Мы исследовали пролиферацию клеточных линий ЭРЯ с генотипами *Nedd9^{+/+}* или *Nedd9^{-/-}*, однако не выявили значимых различий между группами (см. рис., А).

Nedd9 принимает участие в работе фокальных адгезий (ФА). ФА непосредственно участвуют в клеточной адгезии к субстрату, поэтому нами была проанализирована способность *Nedd9^{+/+}* и *Nedd9^{-/-}* клеток прикрепляться к фибронектину и коллагену I типа. Отсутствие экспрессии *Nedd9* не привело к статистически значимым изменениям адгезивности клеток (см. рис., Б и В).

ФА – динамичные структуры, от быстроты их сборки и диссоциации зависит скорость передвижения клетки по субстрату. В то же время повышенная способность клеток к миграции свидетельствует об агрессивности исходной опухоли. Мы исследовали зависимость скорости миграции клеток ЭРЯ от экспрессии *Nedd9*. Для этого клетки растили до полной конfluence, после чего моделировали «рану» – проводили по клеточному монослою тонкой пластиковой пипеткой, в результате чего образовывалась свободная от клеток полоска. Для отслеживания миграции клетки фотографировали сразу после повреждения монослоя и спустя 12 часов, после миграции клеток на свободное пространство. В результате было показано, что генотип *Nedd9^{-/-}* ассоциируется с более быстрым перемещением клеток по сравнению с *Nedd9^{+/+}* генотипом (см. рис., Г).

Инвазивность является важным отличительным свойством злокачественного новообразования. Влияние экспрессии *Nedd9* на инвазивность клеток ЭРЯ была исследована при помощи системы xCELLigence (Roche, Швейцария) – модифицированных камер Бойдена, покрытых слоем матригеля. В отсутствие экспрессии *Nedd9* клетки инвазировали в матригеле более эффективно (см. рис., Д).



На гистограммах Б–Д показаны данные для индивидуальных клеточных линий (слева, отмечены *Nedd9^{+/+}* и *Nedd9^{-/-}*) и средние обоим групп (справа, отмечены *+/+* и *-/-* для *Nedd9^{+/+}* и *Nedd9^{-/-}* соответственно). Для удобства на графике А приведены только средние: ** – $p < 0,001$, *** – $p < 0,0001$, ns – $p > 0,05$. Использовались следующие клеточные линии MOVCAR (слева направо на гистограммах): *Nedd9^{+/+}* 6111, 7577, 8248, 8250 и *Nedd9^{-/-}* 136, 143, 145, 168

Таким образом, нами проведено *in vitro* исследование влияния экспрессии белка Nedd9 на агрессивность клеток ЭРЯ мыши. Показано, что в отсутствие экспрессии Nedd9 повышается способность клеток перемещаться по субстрату и инвазировать в системе, моделирующей внеклеточный матрикс. При этом отсутствие экспрессии Nedd9 не влияло на адгезивность и пролиферацию клеток. Полученные данные дают некоторое представление о роли NEDD9 в развитии карциномы яичника.

Работа выполнена на базе онкологического института Fox Chase Cancer Center (FCCC), США, в лаборатории и под руководством Д. Конолли (D. C. Connolly, PhD) в сотрудничестве с Э. Големис (E. Golemis, PhD, FCCC), С. Суо (S. Seo, PhD, University of Tokyo, Japan), С. Литвин (S. Litwin, PhD, FCCC) и И. Г. Серебряйским (I. Serebriiskii, PhD, FCCC). Научный руководитель Р. Габбасова в Казанском федеральном университете – Э. В. Бабынин, к. б. н.

Литература

1. Комлева Е. О. [и др.] Диагностическая значимость СА125 как маркера рака яичников // Клинико-лабораторный консилуим. 2009. №1. С. 75–79.
2. Connolly D. C. [et al.]. Female mice chimeric for expression of the simian virus 40 TAG under control of the MISIR promoter develop epithelial ovarian cancer // Cancer Research. 2003. Vol. 63. P. 1389–1397.

THE INFLUENCE OF A SCAFFOLDING PROTEIN NEDD9 EXPRESSION ON AGGRESSIVENESS OF MURINE EPITHELIAL OVARIAN CANCER CELLS

R. T. GABBASOV^{1,2}, L. E. BICKEL², S. W. O'BRIEN²

¹ Kazan Federal University, Kazan

² Fox Chase Cancer Center, Philadelphia, USA

Summary. NEDD9 plays roles in focal adhesion signaling and cell motility. Aberrant expression of the protein is shown in progression of several different solid tumors. However, the role of NEDD9 in epithelial ovarian cancer (EOC) is poorly understood. Here, we studied how Nedd9 expression influences pro-tumorigenic and pro-metastatic features of murine EOC cells *in vitro*. Absence of Nedd9 expression increased cell motility and invasion of the cells, having no effect on their proliferation and adhesion. Our results implicate the roles of NEDD9 in EOC.

ЦИКЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОРМЛЕНИЯ И ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС В ЯДРАХ ГЕПАТОЦИТОВ КРЫС МОЛОДОГО И СТАРОГО ВОЗРАСТА

М. С. Гирич, Н. И. Кургузова, Ю. В. Никитченко, А. И. Божков

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,

НИИ биологии, Харьков, Украина

E-mail: girichms@gmail.com

В настоящее время калорийное ограничение (КО), снижение ежедневного поступления энергии с пищей на 15–40 %, является единственным общепризнанным негенетическим путем увеличения средней и максимальной продолжительности жизни, а также мощнейшим средством профилактики и терапии множества возраст-зависимых и хронических заболеваний [2]. Недавно было показано, что другой тип ограничения питания, т. н. циклический режим кормления (ЦРК), при

котором животные подвергаются нескольким циклам периодического голодания (кормления через день) и откорма *ad libitum*, приводит к эффектам, сходным с КО [1]. Как полагают, одной из основных причин сокращения продолжительности жизни и развития возраст-зависимых патологий является нарушение работы генетического аппарата клетки, главным образом, в результате смещения прооксидантно-антиоксидантного баланса клетки. В связи с этим целью данного исследования было изучение влияния ЦРК на состояние показателей свободнорадикального окисления и эффективность ферментативной антиоксидантной системы ядер гепатоцитов крыс 3- и 19-месячного возраста (молодые и старые животные соответственно). В качестве показателя уровня оксидативного стресса было использовано содержание ТБК-активных веществ.

Исходный уровень ТБК-активных продуктов не отличался между контрольными молодыми и старыми крысами. После первого периодического голодания в течение 10 дней увеличение по этому показателю наблюдалось только в случае молодых животных (38 %). По завершении восстановления массы тела (20 дней откорма *ad libitum*) наблюдалось резкое увеличение уровня ТБК-активных веществ у животных обоих возрастов, наиболее ярко выраженное у молодых крыс – повышение на 168 % относительно контрольной группы, тогда как у старых оно составляло 78 %. Повторное периодическое голодание приводило к значительному снижению содержания ТБК-активных продуктов у молодых крыс и составляло 113 % выше уровня контроля. У старых животных не наблюдалось достоверного различия в этом показателе по сравнению с крысами после первого откорма. Второе восстановление веса приводило к значительному различию в этом показателе между молодыми и старыми животными. У молодых особей этот показатель незначительно уменьшался по сравнению с крысами после второго периодического голодания, в то время как у старых он снижался до уровня контроля. Стоит отметить, что характер изменения в содержании ТБК-активных веществ на протяжении ЦРК для молодых и старых животных был сходным (коэффициент корреляции Спирмена $Rho = 0,9$, $P < 0,05$), но окислительный стресс в случае старых крыс был выражен слабее.

В ряде экспериментальных исследований было показано, что одной из характерных особенностей диет, продлевающих жизнь, является повышение устойчивости к окислительному стрессу [3]. Одним из общепринятых объяснений данного явления является то, что окислительный стресс, возникающий вследствие диетического ограничения, активирует специфические сигнальные пути, приводящие к усилению защитных механизмов (т. н. гормезисный эффект) и к прямому или опосредованному влиянию на продолжительность жизни и развитие возраст-зависимых заболеваний [4]. Наблюдаемое нами ослабление окислительного стресса во время второго цикла периодического голодания/восстановления веса, особенно ярко выраженное в случае старых животных, согласуется с изложенной выше концепцией. Таким образом, полученные данные могут рассматриваться как дополнительные аргументы в пользу наличия взаимосвязи между благоприятными эффектами ЦРК и повышением устойчивости к окислительному стрессу.

Литература

1. Божков А. И., Кургузова Н. И., Криворучко Т. В. Циклический режим кормления – новая модель экспериментальной геронтологии // Успехи геронтологии. 2014. № 2. С. 328–335.
2. Masoro E. J. Overview of caloric restriction and ageing // Mech Ageing Dev. 2005. Vol. 9. P. 913–922.
3. Qiu X., Brown K., Hirschey M. D. [et al.]. Calorie restriction reduces oxidative stress by SIRT3-mediated SOD2 activation // Cell Metab. 2010. Vol. 6. P. 662–667.
4. Ristow M., Schmeisser S. Extending life span by increasing oxidative stress // Free Radical Biology and Medicine. 2011. Vol. 2. P. 327–336.

CYCLIC FEEDING REGIMEN AND OXIDATIVE STRESS IN HEPATOCYTE NUCLEI OF YOUNG AND OLD RATS

M. S. GIRYCH, N. I. KURGUZOVA, YU. V. NIKITCHENKO, A. I. BOZHKOV

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Summary. The effect of cyclic feeding regimen on the dynamics of oxidative stress in hepatocyte nuclei of 3- and 19-month rats has been investigated. The intensity of pro-oxidative processes was evaluated by measuring of TBARs content. The most pronounced oxidative stress was found to occur in young animals only after first cycle of periodic starvation/body weight recovery. The decrease in the intensity of oxidative processes observed in the course of the second cycle of dietary restriction was interpreted as arising from adaptive mechanisms.

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕРПОВИДНЫХ ЭНОЦИТОИДОВ *GROMPHADORHINA PORTENTOSA*

Е. А. ГРЕБЦОВА

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: shtirlitz009@mail.ru

Форменные элементы гемолимфы *Gromphadorhina portentosa* соответствуют классификациям, представленным в гематологических исследованиях других насекомых [1]. Однако необычной особенностью клеточного состава гемолимфы мадагаскарского таракана является то, что она содержит многочисленные крупные, ограниченные мембраной безъядерные цитоплазматические структуры в форме полумесяца. Каждая такая структура связана с одной более мелкой клеткой, но степень их ассоциации варьирует среди пар. Серповидное тело в этих парах не содержит нуклеиновой кислоты, однако отличается высокой концентрацией полисахаридов, что показала ШИК-реакция. В своей работе Риттер, классифицируя серии пар, предлагает механизм, напоминающий фагоцитоз, в котором цитоплазматическое тело приобретает статус клетки, поглощая ядро. Данный тип форменных элементов получил название «серповидные эноцитоиды». В единственном исследовании этих гемоцитов основным аргументом, свидетельствующим против явления экструзии ядра, является отсутствие разрыва мембраны серповидной структуры. Разнообразие ассоциированных пар предполагает упорядоченную последовательность, напоминающую фагоцитоз [2]. Дальнейшая судьба сформированного комплекса не известна. Поскольку Риттер изучал фиксированные препараты и наблюдал парные комплексы на разной стадии сближения, невозможно точно установить порядок изменений и выстроить последовательность реакций.

Цель исследования – установить последовательность изменений в ходе трансформации серповидных энцитоилов *G. portentosa*.

Материалы и методы. Отбор гемолимфы у насекомых осуществляли из поперечного разреза лапки. Полученную гемолимфу помещали в чашку Петри с физиологическим раствором для тараканов. Наблюдение проводили в течение часа. Изучали прижизненные особенности клеток, их морфометрические показатели с помощью оптического инвертированного микроскопа Nikon Digital Eclipse Ti-E.

Результаты и обсуждение. В большинстве случаев ассоциированные тела размещаются рядом в такой манере, что безъядерный член пары частично охватывает небольшую ядросодержащую структуру широкими выпячиваниями цитоплазмы, напоминающими лобоподии. Таким образом, безъядерное образование принимает форму полумесяца. Небольшая клетка, в свою очередь, имеет ядро и длинные филоподии, с помощью которых осуществляет передвижение.

В других парах либо псевдоподиальные расширения еще не сформировались, либо объект имел слегка вогнутую форму. Ввиду высокого содержания полисахаридов в серповидном образовании, Риттером было высказано предположение, что они используются в качестве дополнительного «энергетического источника» [2]. Однако доказательств функциональной интеграции между структурами-участниками нет.

Использование инвертированного микроскопа и программного приложения NIS-Elements позволило в режиме реального времени определять линейные размеры клеток. Диаметр серповидного образования варьировал в пределах от 15 до 23 μm . Размер ядросодержащей структуры не превышал 14 μm . Функция записи видео дала возможность регистрировать биологические процессы, протекающие с медленной скоростью.

Нами было отмечено отделение округлого образования с филоподиями от серповидного тела, после чего происходило замыкание концов оставшегося плотно-го элемента. За время наблюдения полностью распалась лишь часть комплексов, в некоторых парах степень связи не изменялась. Однако после инкубации в течение суток не было обнаружено ни одной ассоциированной пары.

Литература

1. Гребцова Е.А. Исследование подвижности гемоцитов *Gromphadorhina portentosa* // *Universum: Химия и биология: электрон. науч. журн.* 2014. № 4 (5). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/1198>
2. Ritter H. Blood of a cockroach: unusual cellular behavior. // *Science*. 1964. Vol. 147. P. 518–519.

FEATURES OF THE CRESCENT-CELL TRANSFORMATION IN *GROMPHADORHINA PORTENTOSA*

E. A. GREBTSOVA

Belgorod State University, Belgorod

Summary. In hemolymph of *Gromphadorhina portentosa* small cells occurs which are frequently paired with a larger anucleate cytoplasmic body. The larger body in such pairs is free of nucleic acid, but contains polysaccharides. At one extreme of a series of these associations, the cell is completely distinct from the cytoplasmic body. At the other extreme the nucleus of the cell is within and apparently a part of the larger body. A graded series of pairs suggests a mechanism resembling nuclear extrusion.

РОЛЬ ГЕНОТИПА В ЭФФЕКТАХ ХРОНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ 5-HT_{1A} РЕЦЕПТОРОВ СЕЛЕКТИВНЫМ АГОНИСТОМ 8-OH-DPAT

Т. В. ИЛЬЧИБАЕВА, А. С. ЦЫВКО

Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск

E-mail: rbicehok@mail.ru

Недавно мы показали влияние хронической активации 5-HT_{1A} рецепторов на поведение и экспрессию ключевых генов серотониновой (5-HT) системы мозга у мышей с генетической предрасположенностью к катаlepsии, но вклад генотипа в эти эффекты до сих пор не был ясен. В данном исследовании мы сравнили эффект хронической активации 5-HT_{1A} рецепторов на их функциональную активность, экспрессию ключевых генов 5-HT системы и поведение мышей двух линий – генетически предрасположенной к катаlepsии линии CBA и устойчивой к катаlepsии линии C57Bl/6.

8-OH-DPAT (1 мг/кг вб., 14 дней) вызвал существенное снижение гипотермического ответа на острое введение препарата 8-OH-DPAT у мышей обеих линий, свидетельствуя о десенситизации 5-HT_{1A} рецепторов.

8-OH-DPAT не оказал эффекта на поведение мышей CBA в тесте открытого поля, в то же время значительно увеличилась общая длина пройденного пути, время, проведенное в центре арены, и число вертикальных стоек у мышей C57Bl/6, что показывает усиление двигательной и исследовательской активности у мышей линии C57Bl/6.

Хроническая активация снижает экспрессию гена 5-HT_{1A} рецептора, а также экспрессию гена, кодирующего ключевой фермент биосинтеза 5-HT, триптофан гидроксилазы-2 в среднем мозге и экспрессию гена, кодирующего 5-HT_{2A} рецептор во фронтальной коре у мышей CBA, но не у C57Bl/6.

Полученные данные предоставляют новое доказательство ген-рецепторного взаимодействия в 5-HT системе мозга, что может лежать в основе потери фармакологической эффективности агонистов 5-HT_{1A} рецептора. Кроме того, отсутствие поведенческого ответа и компенсаторные изменения в ключевых генах 5-HT системы мозга у мышей CBA предполагают, что катаlepsитический генотип является более устойчивым к эффектам препаратов, чем некатаlepsитический генотип линии C57Bl/6.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№ 14-04-31433).

THE ROLE OF GENOTYPE IN THE EFFECTS OF CHRONIC 5-HT_{1A} RECEPTOR ACTIVATION WITH THE SELECTIVE AGONIST 8-OH-DPAT

T. V. ILCHIBAeva, A. S. TSYVko

Institute of Cytology and Genetics, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

Summary. The data obtained provide a new evidence on the receptor-gene cross-talk in the brain 5-HT system that may underlie the loss of pharmacological effectiveness of 5-HT_{1A} receptor agonists.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Н. В. Карпов, А. Б. Загайнова

Тюменский государственный университет

E-mail: nikola-karpov@mail.ru

Формирование функции внимания – это основа развития познавательной деятельности ребенка. Ведь социально младший школьный возраст характеризуется началом систематического школьного обучения и изменением ведущей деятельности ребенка, предъявляющей новые требования к уровню произвольной организации психических процессов.

Анализ характера альфа-ритма у детей младшего школьного возраста свидетельствовал о преобладании в структуре ЭЭГ обследуемых регулярных модулированных или (чуть реже) сформированных, но дезорганизованных колебаний частотой 8–10 Гц. Хорошо известно, что становление некоторых аспектов альфа-активности тесно связано с развитием и эффективным обеспечением функции внимания [2]. По нашим данным, доля вариантов альфа-ритма, демонстрирующих относительную функциональную зрелость мозговых структур, наиболее велика среди детей с высоким и средним уровнем сформированности функции внимания. Напротив, полиритмия и снижение частоты альфа-ритма чаще регистрировались у детей с низким уровнем сформированности функции, при этом наибольшей среди детей с подобными вариантами альфа-ритма была доля детей 7-летнего возраста. Это важно учесть, так как переход от полиритмии к альфа-ритму к 7 годам – один из критериев т. н. «школьной зрелости» [1].

В связи с изменением частоты корковой ритмики в онтогенезе представляло интерес исследовать особенности ее параметров у детей с разным уровнем развития произвольного внимания. Таким образом были выявлены признаки, свидетельствующие о прогрессивных изменениях коркового ритмогенеза у детей 10-летнего возраста.

Более высокие показатели ведущей частоты демонстрировали в основном дети из старшей возрастной группы. У менее «внимательных» детей ведущие частоты альфа-диапазона были представлены более разнообразно.

В рамках исследования уровня глубинных влияний нами установлено, что случаи отсутствия признаков изменений электрической активности глубинного генеза регистрировались чаще у детей с высоким уровнем развития функции внимания. Встречаемость вариантов с генерализованными билатерально-синхронными изменениями электрической активности глубинного генеза в виде отдельных острых волн тета-диапазона, с группами регулярных колебаний тета-диапазона или с группами острых волн при отсутствии изменений со стороны глубинных структур оказалась наибольшей у детей 7–8-летнего возраста. Вероятно, наблюдаемое нами увеличение частоты встречаемости таких вариантов у детей 9–10-летнего возраста с низким уровнем внимания – один из признаков «недообеспеченности» функции [3].

По нашим данным, проявления фронтальной тета-волновой активности уменьшается и урежается с возрастом, оставаясь, однако, одним из самых ярких

признаков, характеризующих особенности ЭЭГ-профиля у детей с низким уровнем функции произвольного внимания.

Результаты специальных исследований [4] рассматривают наличие таких изменений, как ЭЭГ-признак морфофункциональной незрелости фронто-таламической системы. Дефицит избирательной модуляции корковой активности у детей с функциональной незрелостью фронто-таламической системы (ФТС) представляется тем нейрофизиологическим фактором, который приводит к несформированности произвольного внимания, произвольной регуляции деятельности и трудностям обучения [3].

Так, структурный анализ ЭЭГ позволил обнаружить у обследованных детей с низким уровнем развития внимания признаки несформированности механизмов коркового ритмогенеза (в 16,7% случаев), функциональной незрелости ФТС (в 29,2% случаев), дефицита неспецифической активации (в 8,3% случаев).

Корреляционный анализ данных с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена выявил слабую положительную связь между признаками функциональной незрелости регуляторных структур и показателями объема внимания.

Анализ пространственного распределения роста функции когерентности (КОГ) у детей 7 лет показал, что в фоновой записи левого полушария более «внимательных» детей наблюдается усиление синхронизации альфа-колебаний в переднеассоциативной области (F) в сочетании с соматосенсорной областью (C). Достоверный рост КОГ в парах отведений F–C и F–Ta и наряду с этим снижение средних значений функции когерентности в паре отведений P–Ta были выявлены у детей с высоким уровнем развития внимания.

Изменения в левом полушарии локальны: отмечается рост КОГ в лобно-центральной и лобно-передневисочной зонах. Активность этих зон в нейрофизиологии связывается с моторной деятельностью [6]. Можно предположить, что повышенное внимание требует от детей двигательного ответа в связи с незавершенным развитием определенных нервных центров.

Данные свидетельствуют о том, что у детей 8 лет с высоким уровнем внимания в правом полушарии в основном формируются функциональные объединения каудальных областей. К некоторым межполушарным особенностям можно отнести снижение взаимодействия между центральной и передневисочной областью.

Полученные результаты согласуются с современными представлениями о гетерохронном созревании левого и правого полушарий в онтогенезе [5].

У детей 9–10 лет с высоким уровнем внимания было выявлено билатеральное вовлечение затылочных и левополушарное – задневисочных и парietальных отделов коры. Подобные изменения, по-видимому, могут указывать на активизацию механизмов поддержания зрительного внимания, так как теменные зоны коры являются ключевой структурой в системе экзогенного зрительного внимания [7]. Доминирование процессов, обеспечивающих внимание к внешним, текущим сигналам (в данном случае зрительным), у детей данного возраста с высоким уровнем развития внимания может быть связано с необходимостью «вхождения» в рабочее состояние и «отстройки» от посторонних отвлекающих моментов.

Литература

1. Алиева Т. А. Возрастные изменения электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов у детей // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2010. Т. 23, № 3. С. 3–14.
2. Базанова О. М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы // Успехи физиологических наук. 2009. Т. 40, № 3. С. 32–53.
3. Мачинская Р. И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 1. С. 26–36.
4. Мачинская Р. И., Курганский А. В. Фронтальные билатерально-синхронные тета-волны и когерентность фоновой ЭЭГ у детей 7–8 и 9–10 лет с трудностями обучения // Физиология человека. 2013. Т. 39, № 1. С. 71–82.
5. Микадзе Ю. В. Нейропсихология детского возраста. СПб.: Питер, 2013. 285 с.
6. Шульговский В. В. Основы нейрофизиологии. М.: Аспект-Пресс, 2000. 277 с.
7. Posner M. I. Cognitive neuroscience of attention. New York: The Guilford Press, 2012. 514 p.

NEUROPHYSIOLOGICAL FEATURES OF THE ORGANIZATION OF VOLUNTARY ATTENTION FUNCTION IN YOUNG SCHOOL CHILDREN

N. V. KARPOV, A. B. ZAGAYNOVA

Tyumen state university, Tyumen

Summary. The EEG features of the function development of voluntary attention in young school children were explored. Structural analysis was done. Wakefulness EEG in children with a relatively low level of attention more often contains patterns that are typical for a non-optimal state of regulatory structures. A relation between the volume of attention and functional immaturity of regulatory structures was detected. The functional interaction of cortical areas in the wakefulness state was studied.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК КОСТНОМОЗГОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ОПЕРИРОВАННОЙ ПОЧКЕ ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МАКРОФАГОВ

И. А. КАЗАКОВА

Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург

Институт медицинских клеточных технологий ГУЗ СО, Екатеринбург

E-mail: brykina_irina@mail.ru

В публикациях последних лет встречается информация о способности макрофагов действовать на CD117/SCF рецептор-лигандную ось, стимулируя образование растворимой формы лиганда из трансмембранной [2]. При этом активация рецептора приводит к запуску пролиферации CD117+ клеток, а в случае с гемопоэтическими стволовыми клетками еще и к их дифференцировке и миграции. Данные факты наталкивают на мысль о том, что макрофаги могут контролировать регенеративные процессы в регенерирующих тканях, действуя на миграцию CD117+ клеток костномозгового происхождения к месту повреждения.

В связи с чем целью данной работы было изучить влияние макрофагов на состояние CD117+ стволовых клеток костномозгового происхождения при повреждении почек.

Материалы и методы. Для исследования были сформированы следующие группы: интактные мыши (И), мыши с частичной левосторонней нефрэктомией (ЧНЭ), а также животные, которым за 1 час до операции по активации регенерации внутрибрюшинно вводился ингибитор макрофагов – каррагинан (ЧНЭ+К). Через сутки после воздействия животных выводили из эксперимента, производили забор оперированной почки, дезагрегацию органа при помощи специального прибора BD Medimachine и фильтров с размером пор 50–70 мкм. Цитофлюориметрию осуществляли на проточном цитофлюориметре FC500 (Beckman Coulter). В качестве стволовых клеток рассматривались клетки, имевшие морфологию малого лимфоцита, слабо экспрессировавшие маркер CD45 и являющиеся CD117+. Доля стволовых клеток высчитывалась от общего количества CD45-позитивных клеток. Статистический анализ проводили с использованием критерия Манна – Уитни. Статистически достоверными различия считали при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Клетки-предшественники костномозгового происхождения обнаружены в почках интактных животных, что подтверждает их способность выходить из костного мозга и с током крови мигрировать к различным органам. При частичной нефрэктомии в оперированном органе наблюдается резкое увеличение количества CD45^{low}CD117+ стволовых клеток. Введение ингибитора макрофагов каррагинана сопровождается еще большим ростом содержания клеток-предшественников в оперированной почке (см. табл.).

Изменение содержания CD45^{low}CD117+ стволовых клеток в почках через 1 сутки после воздействия

	И	ЧНЭ (оперированная почка)	ЧНЭ+К (оперированная почка)
Количество CD45 ^{low} CD117+стволовых клеток, на 1000 лейкоцитов	25,8±5,7	146,5±39*	447,5±46*.#

* – достоверно от интактных, # – достоверно от ЧНЭ

В ранее опубликованной нами статье [1] приводятся данные, согласно которым аналогично на введение ингибитора макрофагов реагируют и резидентные CD117+ клетки почек (канальцевые эпителиоциты), кроме того наблюдается замедление регенеративных процессов в органе. Таким образом, можно предположить, что ингибирование функционального состояния макрофагов, приводящее к подавлению регенерации в оперированной почке, способствует компенсаторной активации не только резидентных камбиальных клеток почек, но и CD117+ костномозговых клеток-предшественников, чем и объясняется их усиленная миграция в поврежденный орган.

Литература

1. Брыкина И. А. Особенности реакций c-kit+ клеток различной локализации в условиях репаративной регенерации почек // Цитология. 2011. Т. 53. № 9. С. 726–727.
2. Ren X., Hu B. Stem cell factor and its receptor, c-kit, are important for hepatocyte proliferation in wild-type and tumor necrosis factor receptor-1 knockout mice after 70 % hepatectomy // Surgery. 2008. Vol. 143, № 6. P. 790–802.

STUDY OF QUANTITY OF BONE MARROW-DERIVED STEM CELLS IN THE OPERATED KIDNEY AT INHIBITION OF MACROPHAGES

I. A. KAZAKOVA

*Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg; Institute of Medical Cell Technologies, Yekaterinburg*

Summary. Inhibition of macrophages leads to an increase in CD45^{low}CD117⁺ stem cells in the operated kidney.

РАЗЛИЧНЫЕ СТРАТЕГИИ ИНГИБИРОВАНИЯ РЕНИН-АНГИОТЕНЗИНОВОЙ СИСТЕМЫ У КРЫС НИСАГ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНДУЦИРОВАННОЙ СТРЕССОМ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ

Л. О. КЛИМОВ

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск
E-mail: maple1708@mail.ru*

Применение блокаторов ренин-ангиотензиновой системы (РАС) является одним из наиболее распространенных способов контроля повышенного артериального давления у пациентов с соответствующей патологией. Основные антигипертензивные препараты, которые доступны на сегодняшний день, ингибируют действие РАС и могут быть разделены на две группы: ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента (АПФ) и блокаторы рецепторов ангиотензина 2 первого типа (*Agtr1*). Оба типа препаратов нарушают прохождение ангиотензинового каскада и, таким образом, уменьшают количество секретируемого надпочечниками альдостерона, опосредующего сужение сосудов почек и реабсорбцию натрия. В последнее время стал доступен новый ингибитор РАС алискирен, действующий на более ранней стадии. Алискирен ингибирует ренин, тем самым подавляет первый шаг метаболизма ангиотензиногена, предшественника всех ангиотензиновых пептидов.

Мы сравнили воздействие всех трех видов препаратов (ингибитора ренина алискирена, торговое название «Расилез»; ингибитора АПФ лизиноприла, торговое название «Диротон»; блокатора *Agtr1* лозартана, торговое название «Козаар») на гипертензивных крыс НИСАГ [1] в двух возрастных группах, тем самым имитируя использование различных типов антигипертензивных препаратов пациентами разного возраста. Мы обнаружили, что разные типы антигипертензивных препаратов оказывают принципиально разное воздействие на регуляцию АД у экспериментальных животных.

Результаты. Все 3 типа препаратов оказали сопоставимый антигипертензивный эффект на 4-месячных крыс НИСАГ по сравнению с животными, получавшими плацебо (снижение АД на 15–20 мм. рт. ст.). Уровень АД крыс НИСАГ, получавших плацебо, достоверно не отличался от того уровня АД у крыс НИСАГ до приема каких-либо препаратов (рис. 2).

Что касается 4-месячных нормотензивных крыс WAG, то применение плацебо и ингибитора АПФ (лизиноприла) не только не сохраняло АД на уровне интактных животных, а напротив, приводило к значительному росту АД. Применение других двух типов препаратов (алискирена и лозартана) давало достоверный антигипертензивный эффект и у этих нормотензивных животных.

У молодых крыс НИСАГ (1 месяц) достоверный эффект снижения АД относительно контрольных животных, получавших плацебо, удалось достигнуть, применяя ингибитор АПФ и блокатор *Agtr1*. Применение ингибитора ренина не только не вызвало снижения АД у экспериментальных животных данной линии, а напротив, провоцировало достоверное повышение АД относительно интактных животных (рис. 1).

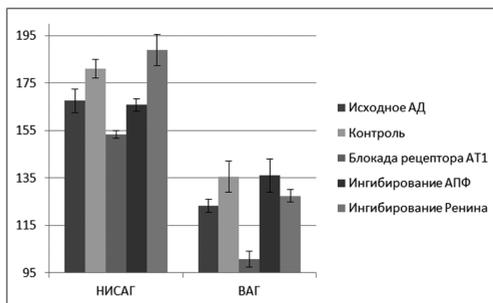


Рис. 1. Молодые крысы

Молодые нормотензивные крысы WAG отреагировали снижением давления только на применение блокатора *Agtr1*. Применение других препаратов достоверно не изменяло АД у крыс, их получавших, относительно тех, что получали плацебо. Так же как и применение плацебо достоверно не меняло АД у экспериментальных крыс относительно значений зафиксированных у интактных животных.

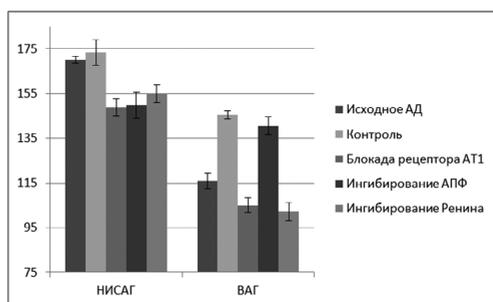


Рис. 2. Взрослые крысы

Выводы. Наши результаты показывают, что, несмотря на сходный механизм предполагаемого действия (нарушение прохождения ангиотензинового каскада) исследованных антигипертензивных препаратов, только блокатор *Agtr1* лозартан оказывает антигипертензивный эффект на гипертензивных крыс НИСАГ в обоих случаях. Применение алискирена и лизиноприла эффективно на данной модели не во всех случаях.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№ 13-04-01492 А).

Литература

1. Markel A. L., Maslova L. N., Shishkina G. T., Bulygina V. V., Machanova N. A., Jacobson G. S. Developmental influences on blood pressure regulation in ISIAH rats // Development of the hypertensive phenotype: basic and clinical studies. Handbook of hypertension. Vol. 19 / R. McCarty, D. A. Blizard, R. L. Chevalier (Eds). Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV., 1999. P. 493–526.

DIFFERENT STRATEGIES OF RAS INHIBITION IN ISIAH RATS WITH STRESS-INDUCED ARTERIAL HYPERTENSION.

L. O. KLIMOV

*Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk*

Summary. Application of blockers of the renin-angiotensin system (RAS) is one of the most common ways to control the high SBP in patients with the appropriate pathology. Basic antihypertensive drugs that are available inhibit the action of the RAS and may be divided into two groups, angiotensin converting enzyme (ACE) blockers and angiotensin receptor type 1 inhibitors. Now available a new inhibitor aliskiren, acts at an earlier step. Aliskiren blocks renin, thereby inhibits the first step of the metabolism of angiotensinogen (Agt), the precursor of all angiotensin peptides. We compared the effect of all three types of drugs in hypertensive ISIAH rats in two age groups, thus simulating the use of various types of antihypertensive drugs by patients of different ages.

This work was supported by grant № 13-04-01492A from RFBR.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОСУРФАКТАНТА *RHODOCOCCLUS RUBER* ИЭГМ 231 НА СЕКРЕТОРНУЮ И ПРОЛИФЕРАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ СПЛЕНОЦИТОВ И ПЕРИТОНИАЛЬНЫХ МАКРОФАГОВ *IN VIVO*

О. А. КОЧИНА, Т. А. БАЕВА, С. В. ГЕЙН, М. С. КЮКИНА,
И. Б. ИВШИНА, В. А. ЧЕРЕШНЕВ

*Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь
E-mail: gein@jegm.ru*

Актуальность исследования. Гликолипидные биосурфактанты – биологические активные вещества, которые синтезируются микроорганизмами. Они являются индукторами клеточной дифференцировки, антимикробными, противовоспалительными и иммуномодулирующими агентами [2]. Гликолипидные биосурфактантные комплексы (ГЛБ) состоят из моно- и дисахаров, соединенных с α -разветвленными β -гидроксильными жирными (миколовыми) кислотами. Предположительно именно миколовые кислоты определяют иммуногенность этих соединений [3]. Благодаря наличию такого спектра свойств, а также ряду преимуществ над синтетическими аналогами, биосурфактанты являются перспективными соединениями для применения в биомедицине и фармакологии. Однако большинство биосурфактантов представляют риск для человека и животных из-за высокой токсичности соединений и патогенности штаммов продуцентов (*Mycobacterium tuberculosis*, *Corynebacterium diphtheriae* и др.) [4]. В связи с этим актуальным является поиск непатогенных продуцентов гликолипидных биосурфактантов, обладающих иммуномодулирующей активностью. В ИЭГМ УрО РАН был выделен нетоксичный гликолипидный биосурфактантный комплекс *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231 и изучена его способность стимулировать иммунный ответ в системе *in vitro*[1].

Цель – исследование влияния биосурфактанта *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231 на спонтанную и стимулированную пролиферацию и продукцию IL-1 β , IL-2,

IL-4, IFN- γ спленоцитами мыши *in vivo*, а также продукцию про- и противовоспалительных цитокинов перитонеальными макрофагами мыши *in vivo* при внутрибрюшинном введении препарата.

Материалы и методы. Экспериментальная работа была проведена на самцах белых нелинейных мышей. Животные содержались в условиях лабораторного вивария, на двухразовом питании натуральным кормом и при неограниченном доступе к воде. Животным внутрибрюшинно вводили гликолипидный биосурфактантный комплекс в трех концентрациях 25, 50, 100 мг/кг. Контрольной группе вводился физиологический раствор. Декапитация проводилась через час после введения препарата. Выведение из эксперимента осуществлялось по правилам принятым Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей (Страсбург, 1986 г.).

Для оценки пролиферативной активности спонтанных и стимулированных Кон А (20 мкг/мл) спленоцитов клетки культивировали в 96-луночных планшетах в полной питательной среде. Концентрация клеток в культуре составляла 5×10^5 клеток/лунку. Активность пролиферации оценивали через 72 часа по интенсивности встраивания ^3H -метилтимидина. Результаты оценивались при помощи жидкостного сцинтилляционного счетчика. Для анализа спонтанной и стимулированной цитокиновой секреции спленоциты (25×10^5 клеток/лунку) культивировали в течение 24 часов (IL-2, IL-1 β) и 48 часов (IL-4, INF- γ) в 24-луночных планшетах. Супернатанты собирали в пробирки «Эппендорфф» и замораживали при температуре 20 °С. Определение концентрации цитокинов проводили с использованием иммуноферментных тест-систем R&D Systems, США.

Для анализа продукции IL-1 β , IL-10 и TNF- α перитонеальные макрофаги ($0,5 \times 10^6$ клеток/лунку) инкубировали в течение 24 часов. Затем снимали надосадок и замораживали для хранения. Оценку секреции цитокинов осуществляли с использованием иммуноферментных наборов.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием двухфакторного дисперсионного анализа и LSD-критерия Фишера.

Результаты и обсуждение. Установлено, что препарат в концентрациях 50 и 100 мг/кг статистически значимо угнетает пролиферацию в стимулированных культурах спленоцитов. В спонтанных культурах спленоцитов наблюдается тенденция к стимуляции пролиферативных процессов, но статистически значимого влияния ГЛБ зафиксировано не было. В результате проведенных исследований показано, что в культурах спленоцитов нет статистически значимого эффекта ГЛБ на продукцию IL-1 β и IL-2, но при этом достоверно стимулируется продукция IL-4 и INF- γ в стимулированных культурах в концентрациях 100 и 25 мг/кг соответственно. Анализ уровня цитокинов в спонтанных культурах перитонеальных макрофагов показал, что препарат статически значимо не модулирует их секрецию, однако оказывает достоверное угнетающее влияние на продукцию IL-10 и TNF- α в зимозан-стимулированных культурах.

Заключение. Таким образом, представленные в работе данные свидетельствуют о целесообразности и перспективности дальнейшего исследования иммуномодулирующей активности и механизмов действия исследуемого гликолипидного биосурфактантного комплекса на иммунную систему.

Влияние биосурфактанта *Rhodococcus ruber* ИЭГМ
на секреторную активность перитонеальных макрофагов мыши

Экспериментальное воздействие		IL-1 β (пг/мл)	IL-10 (пг/мл)	TNF- α (пг/мл)
Контроль	Спонтанная	46,3 \pm 4,31	159,72 \pm 23,33	135,45 \pm 23,6
	Зимозан 150 мкг/мл	128,74 \pm 10,5	305,68 \pm 19,16	1787,39 \pm 332,97
ГЛБ 25 мг/кг	Спонтанная	61,11 \pm 11,04	164,85 \pm 32,08	64,35 \pm 5,14
	Зимозан 150 мкг/мл	107,23 \pm 15,88	159,05 \pm 19,1***	792,1 \pm 158,93***
ГЛБ 50 мг/кг	Спонтанная	72,98 \pm 11,45	196,87 \pm 42,85	71,23 \pm 9,79
	Зимозан 150 мкг/мл	111,19 \pm 20,73	151,57 \pm 28,09***	976,24 \pm 228,24**
ГЛБ 100 мг/кг	Спонтанная	64,13 \pm 15,17	103,83 \pm 16,81	63,72 \pm 14,93
	Зимозан 150 мкг/мл	86,10 \pm 15,95	80,29 \pm 11,6***	769,31 \pm 260,13***

* – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ по сравнению с контролем

Литература

1. Куюкина М. С., Ившина И. Б., Гейн С. В. и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2007. Т. 144, № 9. С. 301–305.
2. Banat I. M., Franzetti A., Gandolfi I., Bestetti G., Martinotti M. G., Fracchia L. et al. // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2010. Vol. 87. P. 427–444.
3. Lee W.-B., Kang J.-S., Yan J.-J. // PLoS Pathog. 2012. Vol. 8. № 4.
4. Ryll R., Kumazawa Y., Yano I. // Microbiol. Immunol. 2001. Vol. 45. P.801–811.

**INVESTIGATION OF RHODOCOCCLUS RUBER IEGM 231
BIOSURFACTANT ON THE SECRETORY AND PROLIFERATIVE
ACTIVITY OF SPLENOCYTES AND PERITONEAL MACROPHAGES
IN VIVO.**

**O. A. KOCHINA, T. A. BAEVA, S. V. GEIN, M. S. KUYUKINA,
I. B. IVSHINA, V. A. CHERESHNEV**

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. Biosurfactants are surface active compounds which are produced by microorganisms. They show antitumor, antibacterial and antiviral activity, so they can be used in medicine. But most of them are toxic for animals and human, that is why they are limited in application. Biosurfactant *Rhodococcus ruber* IEGM 231 is safe and extend immunomodulatory effects.

ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННОЙ СОЛЕННОСТИ НА ПАЛЕАРКТИЧЕСКИЙ ВИД АМФИПОД *GAMMARUS LACUSTRIS* SARS

Е. С. КОНДРАТЬЕВА, К. П. ВЕРЕЩАГИНА, Е. М. ШАПОВА, И. В. ВОЙЦЕХОВСКАЯ,
Д. В. АКСЕНОВ-ГРИБАНОВ, М. А. ТИМОФЕЕВ

Иркутский государственный университет

E-mail: lizzarium@gmail.com

Целью настоящего исследования было изучение изменения активности ферментов антиоксидантной системы при воздействии повышенной солености на палеарктический вид амфипод *Gammarus lacustris* Sars.

Влияние солености среды обитания на изменение активности ферментов антиоксидантной системы амфипод *G. lacustris* оценивали экспонированием в растворах хлорида натрия с концентрацией 15 г/л. Выбор концентрации 15 г/л был обусловлен тем, что в оз. Шира (Республика Хакасия) *G. lacustris* свободно обитает и размножается при данной концентрации соли.

В исследовании было проведено три вида экспериментов: первый – экспозиция амфипод при солености 15 г/л и температуре акклимации 6°C, второй – экспозиция амфипод при температуре 25°C. Третий – экспонирование амфипод в условиях совместного влияния солености 15 г/л и температуры 25°C. Длительность экспериментов составляла 6 часов, в ходе которых производили фиксацию живых амфипод в жидком азоте через 1 час, 3 часа и 6 часов. Организмов контрольной группы для всех экспериментов содержали в условиях аналогично предварительной акклимации. Фиксацию контрольных образцов производили непосредственно перед началом эксперимента.

Изменение активности ферментов антиоксидантной системы (пероксидазы, глутатион S–трансферазы, каталазы) определяли спектрофотометрическими методами, согласно методикам Н. Aebi (1984), Drotar et al. (1985), Habig (1974) и Bradford (1976) с модификациями (Timofeyev et al., (2009)) на спектрофотометре Cary 50 (Varian, США).

В работе показано, что изменение солености среды обитания оказывает влияние на активность ферментов антиоксидантной системы. Так, у представителей *G. lacustris* отмечено увеличение активности фермента глутатион S–трансферазы при воздействии увеличения солености среды до 15 г/л. Изменение активности других ферментов, исследованных в работе, – пероксидазы и каталазы не наблюдали в течение всего эксперимента.

Изменения активности всех рассматриваемых ферментов антиоксидантной системы при повышенной температуре среды (25 °C) не наблюдали в течение проведенного шестичасового эксперимента. Объяснить это можно тем, что *G. lacustris* является устойчивым к температуре видом, обитающим в широком диапазоне температур, и данная температура является обычной температурой обитания данного вида в естественной среде. Таким образом, при данной температуре у *G. lacustris* не происходит сбоев в метаболизме активных форм кислорода. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих работ, связанных с исследованием влияния изменения температуры среды на амфипод [1].

В условиях совместного воздействия повышения солености до 15 г/л и температуры среды до 25 °С показано, что происходит увеличение активности глутатион S-трансферазы. Следует отметить, что активность фермента повысилась после первого часа экспозиции, после чего наблюдали снижение до контрольных значений в течение оставшегося времени эксперимента.

Стрессовые факторы, как биотические, так и абиотические, в данном исследовании температурный и соленостный стресс, могут неблагоприятно воздействовать на гомеостаз клетки и детерминировать образование активных форм кислорода, что вызывает перекисное окисление липидов. Глутатион S-трансфераза играет ключевую роль среди ферментов глутатионзависимой антиоксидантной системы, которая включает ряд ферментов, способных прямо или косвенно метаболизировать токсичные продукты перекисного окисления при воздействии солености.

Можно предположить, что данные условия не являются критическими для амфипод в связи с тем, что глутатион S-трансфераза способна утилизировать продукты перекисного окисления липидов в клетках на первых этапах стрессового воздействия, что далее помогает организму нормально функционировать.

Литература

1. Тимофеев М.А. Экологические и физиологические аспекты адаптации к абиотическим факторам среды эндемичных байкальских и палеарктических амфипод: Биол. исслед.: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2010. 384 с.

CHANGES IN ACTIVITY OF ANTIOXIDANT ENZYMES UNDER INCREASED SALINITY IN PALEARCTIC AMPHIPODS *GAMMARUS LACUSTRIS* SARS

E. S. KONDRATEVA, K. P. VERESHCHAGINA, E. M. SHCHAPOVA,
I. V. VOYTSEKHOVSKAYA, D. V. AXENOV-GRIBANOV, M. A. TIMOFEEV
Irkutsk State University, Irkutsk

Summary. The aim of the present study was to evaluate activity of antioxidant enzymes (peroxidase, catalase, glutathione S-transferase) in Palearctic amphipod species *Gammarus lacustris* Sars under increased salinity. Activity of peroxidase and catalase was stable under combined influence of increased salinity and temperature. Opposite to this, activity of glutathione S-transferase decreased in the same conditions. Probably, here we demonstrated possible participation of antioxidant enzymes in adaptation mechanisms to environmental changes in widespread amphipods *G. lacustris*.

ЭФФЕКТЫ СОЦИАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ В АДОЛЕСЦЕНТНОМ ПЕРИОДЕ: ПОВЕДЕНИЕ И СТРЕСС-ОТВЕТ У СЕРЫХ КРЫС, СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПО ОБОРОНИТЕЛЬНЫМ РЕАКЦИЯМ НА ЧЕЛОВЕКА

Р. В. КОЖЕМЯКИНА, Р. Г. ГУЛЕВИЧ, С. Г. ШИХЕВИЧ, М. Ю. КОНОШЕНКО,
И. Н. ОСЬКИНА †, И. З. ПЛЮСНИНА †

Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск
E-mail: korimma@gmail.com

В формировании поведения и стресс-ответа важную роль играют окружающие условия не только на самых ранних этапах онтогенеза, но и в последующем

adolescentном периоде развития [2, 4, 6]. В этот период развиваются половая, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система (ГГНС), происходит дальнейшее развитие лимбического отдела и коры мозга, а также постепенное созревание социального, когнитивного и исследовательского поведения [7, 9]. В подростковый период организм наиболее чувствителен к разным стрессорным воздействиям, в частности к изменениям социальных условий, которые состоят прежде всего из взаимодействий матери и детенышей, а в дальнейшем – детенышей друг с другом [3, 4]. Нарушения таких взаимодействий в подростковый период могут оказывать стрессорное влияние [10] и вызывать у взрослых повышение тревожности [3], проявление нецелесообразной (немотивированной) агрессивности, а также разнонаправленные изменения в активности ГГНС [10]. В настоящей работе исследовалось влияние нарушения социальных условий в подростковый период на тревожно-подобное и агрессивное поведение, стрессорную реактивность у серых крыс, селекционируемых на отсутствие (ручные) и усиление (агрессивные) агрессивности по отношению к человеку, неселекционируемой группы крыс. Ранее были показаны существенные различия в поведении и нейрогормональных системах у ручных и агрессивных крыс [1, 5, 8]. Экспериментальные социальные условия состояли из комплекса таких нарушений, как ранняя отсадка от матери (на 19 день жизни), ежедневная замена соседей по клетке (с 20 по 25 дни жизни) и дальнейшее содержание самцов парами до 2-месячного возраста. Изучение поведения в 2-месячном возрасте было проведено с использованием теста открытого поля и социального взаимодействия. Исследовательская активность и реакция страха (или тревожности) в тесте открытого поля не изменились под действием социальных нарушений в подростковый период ни в одной из исследуемых групп крыс. Вместе с тем у неселекционированных и агрессивных самцов социальные нарушения приводили к ослаблению агрессивного поведения в тесте социального взаимодействия. При этом у неселекционированных крыс снижался уровень тестостерона, а у агрессивных – кортикостерон сразу после рестрикционного стресса. В то время как у ручных самцов поведение и уровень тестостерона в крови не изменялись под влиянием социальных нарушений, но снижался уровень кортикостерона – базальный и через 3 часа после рестрикционного стресса. Из полученных результатов следует, что отбор по реакции на человека в двух конкретных направлениях модифицирует реакцию самцов крыс на социальные нарушения в подростковый период. В связи с этим селекционируемые линии крыс можно рассматривать в качестве модели для исследования различных нейроэндокринных механизмов проявления признаков агрессии, а также особенностей взаимодействия гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГНС) и гипоталамо-гипофизарно-гонадной систем (ГГГС) при стрессе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 12-04-00494-а).

Литература

1. Albert F. W., Schepina O., Winter C., Rompler H., Teupser D., Palme R., Ceglarek U., Kratzsch J., Sohr R., Trut L. N., Thierry J., Morgenstern R., Plyusnina I. Z., Schonenberg T., Paabo S. Phenotypic differences in behavior, physiology and neurochemistry between rats selected for tameness and for defensive aggression towards human // *Hormone Behav.* 2008. Vol. 53 (3). P. 413–421.

2. Doremus-Fitzwater T. L., Varlinskaya E. I., Spear L. P. Social and non-social anxiety in adolescent and adult rats after repeated restraint // *Physiology and behavior*. 2009. Vol. 97. P. 484–494.
3. McCormick C. M., Smith C., Mathews I. Z. Effect of chronic social stress in adolescence on anxiety and neuroendocrine response to mild stress in male and female rats // *Behavioural Brain Research*. 2008. Vol. 187. P. 228–238.
4. McCormick C. M., Mathews I. Z., Thomas C., Waters P. Investigation of HPA function and enduring consequences of stressors in adolescence in animal models // *Brain and Cognition*. 2010. Vol. 72. P. 73–85.
5. Plyusnina I. Z., Solov'eva M. Y., Oskina I. N. Effect of domestication on aggression in gray rats. // *Behavior genetics*. 2011. Vol. 41 (4). P. 583–592.
6. Sacher N., Kaiser S., Hennessy M. B. Behavioural profiles are shaped by social experience: when, how and why // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2013. Vol. 368. P. 1471–2970.
7. Sisk C. L., Foster D. L. The neural basis of puberty and adolescence // *Nature Neuroscience*. 2004. Vol. 7. P. 1040–1047.
8. Naumenko E. V., Popova N. K., Nikulina E. M., Dygalo N. N., Shishkina G. T., Borodin P. M., Markel A. L. Behavior, adrenocortical activity, and brain monoamines in Norway rats selected for reduced aggressiveness towards man // *Pharmacology biochemistry and behavior*. 1989. Vol. 33. P. 85–91.
9. Veenema A. H. Early life stress, the development of aggression and neuroendocrine and neurobiological correlates: what can we learn from animal models? // *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2009. Vol. 30. P. 497–518.
10. Veenema A. H., Neumann I. D. Maternal separation enhances offensive play-fighting, basal corticosterone and hypothalamic vasopressin mRNA expression in juvenile male rats // *Psychoneuroendocrinology*. 2009. Vol. 34. P. 463–467.

**EFFECTS OF SOCIAL EXPERIENCE IN ADOLESCENCE:
BEHAVIOR AND STRESS-RESPONSE IN NORWAY RATS SELECTED
FOR ATTITUDE TO HUMANS**

**R.V. KOZHEMYAKINA, R. G. GULEVICH, S. G. SHIKHEVICH,
M. YU. KONOSHENKO, I. N. OSKINA†, I. Z. PLYUSNINA†**
The Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk

Summary. The influence of social experience in adolescence (early separation from the mother and change partner in cage and keeping in twos in cage) on anxiety behavior, social behavior and stress-response investigated in tame, aggressive and unselected male rats. Aggressive behavior in experimental unselected and aggressive rats reduced in comparison with control animals. The testosterone level reduced after restriction stress in experimental unselected rats and corticosterone level reduced in experimental aggressive rats in comparison with control animals.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ
НА СТРУКТУРУ ГЕМОЦИТОВ МОКРИЦЫ *PORCELLIO SCABER***

К. Д. КУРНОВА

Белгородский государственный научно-исследовательский университет
E-mail: 579674@bsu.edu.ru

Клетки гемолимфы ракообразных принимают участие в иммунных реакциях, коагуляции гемолимфы, синтезе дыхательных пигментов, фагоцитозе и инкапсуляции чужеродных тел, регенерации тканей и поддержании постоянства внутренней среды [2]. Гомеостаз играет важную роль для нормальной жизнедеятельности

организма животного. В настоящее время нет единого мнения относительно типологии клеток, содержащихся в гемолимфе ракообразных. В связи с этим изучение морфологии форменных элементов гемолимфы ракообразных, а также их реакции на изменение осмотического давления является актуальным.

В ходе исследования были изучены гемоциты мокрицы *Porcellio scaber*. Гемоциты инкубировали в физиологическом, гипотоническом и гипертоническом растворах для наземных ракообразных [1]. Изучали прижизненные морфологические особенности клеток при помощи оптического инвертированного микроскопа Nikon Digital Eclipse Ti-E. Линейные параметры клеток измеряли при помощи программы VideoTest5.0.

В гемолимфе мокриц *Porcellio scaber* было выделено три типа клеток, имеющих различия по линейным размерам, количеству содержащихся гранул и интенсивности образования филоподий.

Тип 1. Округлые клетки, не образующие филоподий. Содержат большое количество гранул.

Тип 2. Округлые клетки, содержащие незначительное количество гранул в цитоплазме, либо с полным их отсутствием. Филоподии не образуют.

Тип 3. Аморфные гемоциты, активно образующие филоподии. Содержат гранулы.

В циркулирующей гемолифе наибольшее количество составили гемоциты типа 1 (53,1 %). Гемоциты типа 2 составляют 29,1 % и типа 3 – 17,8 % от общего числа клеток гемолимфы.

Линейные размеры гемоцитов *Porcellio scaber* при изменении осмотического давления

Тип гемоцитов	Параметры	Гипотонический раствор	Физиологический раствор	Гипертонический раствор
Тип 1	Размер клетки по длинной оси, мкм	9,6±1,4	9,5±1,1	9,3±0,9
	Размер клетки по короткой оси, мкм	8,6±0,8	8,1±0,7	7,1±0,9
Тип 2	Размер клетки по длинной оси, мкм	9,0±1,7	7,1±0,9	6,4±1,0
	Размер клетки по короткой оси, мкм	8,1±1,5	5,3±0,5	5,3±0,5
Тип 3	Размер клетки по длинной оси, мкм	9,9±2,4	8,0±1,1	8,5±1,3
	Размер клетки по короткой оси, мкм	7,0±1,0	5,9±0,8	5,9±0,8

При изучении влияния изменения осмотического давления на линейные размеры гемоцитов различных типов было установлено, что максимальные изменения линейных размеров происходят у клеток типа 2, которые значительно увеличиваются в условиях гипотонии, а также в достаточно выраженной степени уменьшаются при попадании в гипертоническую среду (см. табл. выше). Изменения размеров гемоцитов типа 1 являются незначительными как в гипотонической, так и в гипертонической среде. Гемоциты типа 3, попадая в гипотонические

условия, распластываются и образуют филоподии активнее, чем в нормальных условиях. В гипертонической среде также наблюдается активность образования филоподий.

Изменение осмотического давления влияет на линейные размеры всех типов клеток, особенно выражено данное воздействие на гемоциты типа 2, а также на интенсивность образования филоподий у клеток типа 3.

Литература

1. Присный А. А. Практикум по физиологии беспозвоночных животных: учеб. пособие. Белгород: ИД «Белгород»: НИУ «БелГУ», 2013. 116 с.
2. Spicer J. I., Taylor A. C. Oxygen-binding by haemocyanins from an ecological series of amphipod crustaceans // *Marine Biology*. 1994. Vol. 120, № 2. P. 231–237.

INFLUENCE OF CHANGE OF OSMOTIC PRESSURE ON STRUCTURE HEMOCYTES OF *PORCELLIO SCABER*

K. D. KURNOSOVA

Belgorod National Research University, Belgorod

Summary. Studying of the structure and clarification of functions hemocytes crustacean is very actual. During research of a haemolymph of *Porcellio scaber* was allocated 3 types of cells with differences in linear dimensions, the number of contained granules and intense formation of filopodia. It was studied the effect of varying the osmotic pressure on the linear dimensions of the different types of hemocytes.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АНТИЭРИТРОЦИТАРНЫХ АНТИТЕЛ В КРОВИ ДОНОРОВ Г. СУРГУТА

С. А. ЛЕОНТЬЕВА

Тюменский государственный университет, Институт биологии

E-mail: saveljushkina@rambler.ru

Во многих контингентах населения независимо от расовых и национальных различий встречаются люди, в крови которых присутствуют иммунные антиэритроцитарные антитела. Аллоиммунизация антигенами клеточных и плазменных элементов крови – естественный непрерывный популяционный процесс, присущий виду *Homo sapiens*. Этот процесс регулируется тремя основными параметрами: частотой антигенов, их иммуногенностью и частотой респондеров в популяции.

Антиэритроцитарные антитела, выявляемые у людей, имеют разную природу. Причинами их появления могут служить: беременность; гемотрансфузия; контакт с группоспецифическими субстанциями растительного, животного и бактериального происхождения; мутации генов; аллоиммунизация спермантитенами; трансплацентарный перенос антителопродуцирующих клеток от матери к плоду. Антитела, не связанные с беременностью или переливанием крови, относят к «naturaly occurance» – естественно встречающимся или спонтанным, однако это определение не вносит ясности в понимание механизма их происхождения [1].

Естественные антитела анти-А, анти-В принадлежат к иммуноглобулинам класса М. Выработанные в процессе иммунизации А или В антигенов анти-А, анти-В антитела являются иммунными и принадлежат к иммуноглобулинам клас-

са G. Они вырабатываются в результате полигенного воздействия группоспецифических субстанций А и В на организм человека. Выявление иммунных анти-А, анти-В антител проводят при подозрении на гемолитическую болезнь новорожденных или при исследовании причин посттрансфузионного осложнения.

Антитела к антигенам эритроцитов системы Резус являются иммунными антителами и появляются в организме в результате трансфузий эритроцитов доноров, содержащих антигены, отсутствующие у реципиентов, а также при иммунизации матери эритроцитами плода. Чаще всего антитела к антигенам эритроцитов системы Резус являются иммуноглобулинами класса G. Частота встречаемости аллоантител к антигенам системы Резус различна и определяется иммуногенностью антигенов и частотой их встречаемости в популяции. Чаще всего в крови доноров и реципиентов выявляются анти-D антитела, реже встречаются анти-E антитела. Иммуногенность антигенов системы Резус представлена следующим образом: $D > c > E > C > e$.

Антитела ко всем антигенам эритроцитов системы Келл являются клинически значимыми, вызывают ПГО и ГБН. Большинство образцов антител (95–98 %) принадлежат к иммуноглобулинам G субкласса Ig G1. Однако встречаются и анти-K антитела, которые выработались у индивидов без наличия в анамнезе гемотрансфузий или гемолитической болезни новорожденных. В этом случае антитела принадлежат к иммуноглобулинам класса M. Появление их в крови связывают с широким распространением в природе микроорганизмов, в клеточной стенке которых содержатся структуры, близкие по химическому строению с антигеном K человека.

Кровь доноров исследуется на наличие антител к антигенам эритроцитов независимо от резус-принадлежности. В случае выявления антител цельная кровь или плазма донора не должны использоваться для переливания. Титр и специфичность выявленных антител исследуют при каждой кроводаче. У доноров, не имеющих в сыворотке антител к антигенам эритроцитов, повторные исследования проводят один раз в год [2].

Целью нашей работы явилось выявление иммунных антител групповых антигенных систем эритроцита в крови доноров г. Сургута в зависимости от половой и групповой принадлежности.

Материалы и методы. Нами было обследовано 1324 аллоиммунизированных донора, проживающих в г. Сургут, 0(I), A(II), B(III), AB(IV) групп крови, с различными резус-факторами. Все обследованные разделились по половой принадлежности. Работа была выполнена на базе городской станции переливания крови г. Сургута.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных исследований большинство из аллоиммунизированных доноров имели антитела анти-D – 410 (30,97 %); антитела неизвестного происхождения – 335 (25,3 %); анти-C^w – 33 (2,5 %); анти-E – 21 (1,6 %); анти-DC – 14 (1,05 %); анти-K – 14 (1,05 %); анти-C и анти-c – 8 (0,6 %); анти-DCE – 6 (0,45 %). Антитела к антигену D встречались чаще, чем к остальным антигенам.

Среди анти-D иммунизированных доноров 50 % (205) составляли женщины, 50 % (205) – мужчины.

Среди женщин наибольший показатель выявления антител наблюдался у резус-отрицательных доноров А(II) группы крови – 69 случаев. Наименьший показатель – у резус-положительных женщин АВ(IV) группы крови. Среди мужчин высокий показатель антител наблюдался у резус-отрицательных доноров А(II) группы крови – 65 случаев. Наименьший показатель – у резус-положительных мужчин 0(I) и АВ(IV) групп крови, по 2 случая. Большинство же случаев (200) образования антител приходилось на долю резус-отрицательных женщин.

Наиболее подвержены антителобразованию неизвестного происхождения, вызывающих агглютинацию эритроцитов, мужчины, на их долю приходится 200 случаев из 335. Среди женщин высокий показатель антител наблюдался у резус-положительных женщин АВ(IV) группы крови, 127 случаев. У мужчин антитела были выявлены в 54 случаях у А(II) группы крови с положительным резус-фактором.

Антитела анти-С^w в большинстве случаев выявлялись у мужчин, 23 случая из 33. У резус-отрицательных мужчин и женщин анти-С^w не выявлялись. У резус-положительных женщин и мужчин наибольший показатель выявлялся у А(II) группы крови, 5 и 12 случаев соответственно.

Наибольший показатель антител анти-Е наблюдался у женщин резус-положительной В(III) группы крови, 6 случаев из 12 приходящихся на их долю.

Антитела анти-DC в большинстве случаев были выявлены у резус-отрицательных женщин 0(I) группы крови.

Антитела к К антигену были обнаружены в 14 случаях, из которых наибольшее количество антителобразования наблюдалось у резус-положительных женщин, 4 случая.

В большинстве случаев антитела анти-С выявлялись у резус-положительных женщин 0(I) группы крови. Образование антител анти-DCE у мужчин не наблюдалось, среди женщин наибольшее количество было выявлено у А(II) группы крови с отрицательным резус-фактором. У первой группы крови, а также у резус-положительных женщин образование данных антител не выявлено.

Иммунные антитела анти-А и анти-В были обнаружены в сыворотках 0(I) группы крови как у Rh⁺, так и у Rh⁻ доноров. Самый высокий средний геометрический титр анти-А наблюдался у резус-отрицательных женщин и составил 1:10,6, анти-В составил 1:8 и наблюдался у резус-положительных женщин. У мужчин самый высокий средний геометрический титр анти-А и анти-В не превышал 1:8 и выявлялся у резус-отрицательных доноров.

У доноров А(II), В(III), АВ(IV) антитела анти-А и анти-В не выявлялись за исключением единичных случаев.

Обследованная популяция доноров г. Сургута из числа новопоселенцев отличается антигенной полиморфностью, с достоверными признаками полового диморфизма, групповой и резусной принадлежности.

Литература

1. Донсков С. И. Морозов В. А. Группы крови человека. Руководство по иммуносерологии. М., 2011. 1016 с.
2. Минеева Н. В. Группы крови человека. Руководство по иммуногематологии. СПб., 2004. 188 с.

OCCURRENCE ANTIRED CELLS ANTIBODY IN BLOOD OF DONORS THE CITY OF SURGUT

S. A. LEONTIEVA

Tyumen State University, Institute of Biology, Tyumen

Summary. Review of occurrence antired cells antibody in blood of donors the city of Surgut in depending on a blood group and sex.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ СИСТЕМ ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ДЫХАНИИ С ДОБАВОЧНЫМ ИНСПИРАТОРНО-ЭКСПИРАТОРНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Д. Е. Людоговская

Тверской государственной университет

E-mail: dawa1988@mail.ru

Функции дыхания и кровообращения в составе кардиореспираторного аппарата взаимосвязаны. Литературные сведения о влиянии дыхательных колебаний внутригрудного давления на сердечную деятельность малочисленны и нередко противоречивы.

В связи с этим целью работы явилось изучение влияния дыхательных колебаний внутригрудного давления на параметры кровообращения при дыхании с добавочным инспираторно-экспираторным сопротивлением.

Десять мужчин 18–25 лет, привычных к экспериментальной обстановке, в положении стоя после регистрации исходных параметров дыхания и кровообращения на протяжении 3 мин дышали через отверстие диаметром 3 мм, что обеспечивало колебания внутриротового (условно внутригрудного) давления от -110 ± 10 мм вод. ст. на вдохе до $+50 \pm 10$ мм вод. ст. на выдохе. Исследования были проведены на базе лаборатории физиологии дыхания ГОУ ВПО «Тверской государственный университет». Для регистрации временных, объемных, скоростных параметров дыхания использовался разработанный на кафедре анатомии и физиологии человека и животных Тверского государственного университета оригинальный (защищенный патентом) компьютерный трехканальный безмасочный пневмограф с соответствующим программным обеспечением, позволяющий регистрировать, расшифровывать и анализировать временные, объемные и их производные характеристики дыхания человека, не нарушая его естественного паттерна, а также определять торакальные и абдоминальные составляющие объемных (в мл) и скоростных параметров дыхательного цикла.

Корреляционный анализ исходных параметров дыхания и кровообращения выявил следующее: чем глубже и с большей скоростью выполняется вдох, чем больше торакальные составляющие объема и скорости вдоха, тем больше отрицательное внутригрудное давление, тем больше систолическое и диастолическое давление в плечевой артерии, тем больше периферическое сопротивление току крови из грудной клетки, меньше скорость изгнания крови из левого желудочка, меньше систолический объем (рис. 1). При этом вследствие компенсаторного увеличения частоты дыхания минутный объем кровообращения не менялся и от фаз дыхания не зависел.

Дыхание с сопротивлением сопровождалось уменьшением скорости вдоха и выдоха, увеличением дыхательного объема, уменьшением частоты и минутного объема дыхания, увеличением периферического сопротивления, артериального, прежде всего диастолического давления, уменьшением частоты сердечных сокращений, систолического выброса и минутного объема кровообращения.

Некоторые выявленные при спонтанном дыхании корреляционные связи между параметрами дыхания и кровообращения нарушались. При этом отмечались исходно отсутствовавшие: прямые зависимости систолического и диастолического давления от скорости абдоминальной составляющей вдоха, периферического сопротивления – от скорости торакальной составляющей вдоха (рис. 2).

После переключения испытуемых на свободное дыхание все параметры и исходные корреляционные связи между ними в основном возвращались к исходным (рис. 1).

Таким образом, при дыхании с нагруженным вдохом и выдохом собственные механизмы регуляции сердечной деятельности оказываются «неспособными» компенсировать уменьшение систолического объема за счет частоты сердечных

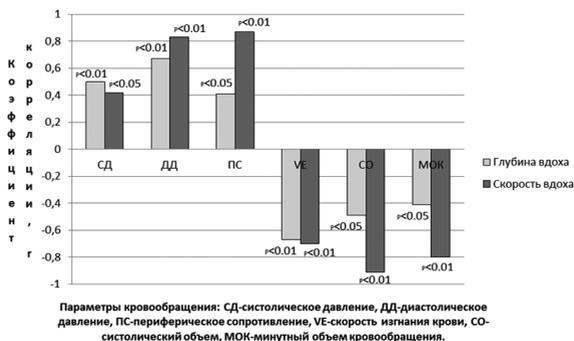


Рис. 1. Корреляционная связь между параметрами кровообращения и глубиной и скоростью вдоха в исходном состоянии

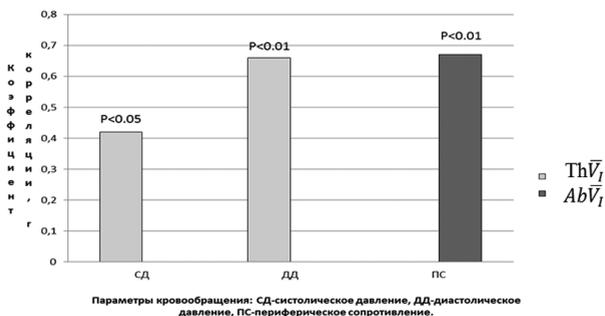


Рис. 2. Корреляционная связь между параметрами кровообращения и скоростью торакальной и абдоминальной составляющих вдоха при дыхании с сопротивлением

сокращений и сохранить необходимый в этих условиях объем кровообращения. Обсуждаются механизмы.

FUNCTIONAL RELATIONSHIP OF RESPIRATORY AND CIRCULATORY SYSTEMS AT BREATHING WITH ADDITIONAL INSPIRATORY-EXPIRATORY RESISTANCE

D. E. LYUDOGOVSKAYA
Tver State University, Tver

Summary. Conducted a study of time and volume parameters of circulation and respiration during breathing with additional inspiratory-expiratory resistance. There is evidence of a relationship between these parameters at baseline and their changes in the conditions of breathing resistance.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦА НА СОСТОЯНИЕ ЦНС У ДЕТЕЙ, ПОТРЕБЛЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО КАЧЕСТВА

Д. Л. МАЗУНИНА, М. А. ЗЕМЛЯНОВА

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения,
Пермь*

E-mail: mix.darja2011@yandex.ru

На сегодняшний день в Российской Федерации остается острой проблема снабжения населения качественной питьевой водой. Ежегодно в питьевой воде источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения промышленно развитых регионов страны регистрируется повышенное содержание металлов, в том числе марганца. Марганец входит в список основных загрязняющих веществ, рекомендованных для систематического контроля качества воды решением Европарламента и Совета ЕС (№ 2455/2001/ЕС) [1]. Источниками поступления данного металлоэлемента в воду открытых водоемов являются сбросы предприятий металлургического, химического и горнодобывающего профиля [2]. Хроническое воздействие марганца может инициировать развитие негативных эффектов со стороны жизненно важных органов и систем, в первую очередь ЦНС [3]. Это может обуславливать рост заболеваемости болезнями нервной системы среди детского населения как наиболее чувствительного контингента.

Целью исследования являлось выявление особенностей воздействия марганца на состояние ЦНС у детей, потребляющих питьевую воду неудовлетворительного качества.

Материалы и методы. В ходе выполнения работы углубленным обследованием охвачено 147 человек в возрасте 4–7 лет, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием металлов, в том числе марганца (на примере п. Юго-Камский Пермского края) – группа наблюдения. В качестве группы сравнения выбраны 57 человек аналогичного возраста, потребляющих питьевую воду удовлетворительного качества (на примере с. Сива Пермского края) – группа сравнения. Обследование детей выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации этических принципов Всемирной медицинской ассоциации (1975 г. с дополнениями 1983, 1989 гг.).

Оценка содержания марганца в питьевой воде источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения на исследуемых территориях проведена по данным мониторинговых наблюдений ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» за 2011–2013 гг. и натуральных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в 2012–2013 гг.

Химико-аналитические исследования включали определение марганца в крови детей методом атомной абсорбции в соответствии с МУК 4.1.2106–06 с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра Perkin-Elmer 3110 (США). Оценку концентрации марганца в крови детей группы наблюдения осуществляли на основании сравнительного анализа с референтным уровнем [4] и с показателями у детей группы сравнения.

Объем диагностических лабораторных исследований включал показатели, определяемые стандартными унифицированными методами, позволяющими оценить состояние процессов возбуждения и торможения в ЦНС (содержание специфических нейромедиаторов: глутамата, γ -аминомасляной кислоты (γ -АМК) в сыворотке крови). В качестве критериев оценки отклонений лабораторных показателей использовали возрастные физиологические уровни и уровни изучаемых показателей детей группы сравнения.

Причинно-следственные связи между концентрацией марганца в крови и отклонением лабораторных показателей, качественно и количественно характеризующих изменения в организме, описывали с использованием модели логистической регрессии. Оценку статистической достоверности различий количественных признаков осуществляли по критерию Стьюдента ($p \leq 0,05$). Адекватность модели оценивали с помощью критерия Фишера ($F \geq 3,96$) и коэффициента детерминации (R^2).

Результаты и их обсуждение. Анализ данных мониторинговых и натуральных исследований показал, что качество питьевой воды на территории исследования характеризуется систематическим превышением гигиенических нормативов по содержанию марганца в среднем до 3,3 ПДК (максимум до 8 ПДК) в 65 % от общего количества исследованных проб.

При этом в крови детей группы наблюдения идентифицированы повышенные в среднем в 1,3 раза (максимальное превышение – до 4,4 раза) ($p = 0,01$) концентрации марганца ($0,014 \pm 0,001$ мг/дм³) относительно референтного уровня и показателя в группе сравнения ($0,011 \pm 0,001$ мг/дм³). Частота регистрации проб крови с повышенным содержанием марганца относительно референтного уровня составила 54 % от общего числа обследованных проб.

Исследование показателей процессов возбуждения-торможения в ЦНС свидетельствует о дисбалансе нейромедиаторов у детей группы наблюдения. Среднее значение возбуждающей аминокислоты – глутамата у детей группы наблюдения составило $148,87 \pm 16,77$ мкмоль/дм³, что в 1,5 раза превысило аналогичный показатель у детей группы сравнения ($p = 0,00$). Зарегистрировано 56,3 % проб у детей группы наблюдения с повышенным содержанием данного показателя, что в 4,2 раза выше относительно аналогичного показателя у детей группы сравнения ($p = 0,00$). Установлена достоверная зависимость вероятности повышения уровня глутамата в сыворотке крови и повышенного содержания марганца в крови

($R^2 = 0,64$, $F = 145,06$, $p = 0,00$). Среднее значение тормозного нейромедиатора – γ -АМК у детей группы наблюдения составила $0,05 \pm 0,01$ мкмоль/дм³, что в 2 раза ниже относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p = 0,00$). При этом частота встречаемости сниженного уровня исследуемого показателя в сыворотке крови детей группы наблюдения составила 89,5 %, что в 4,8 раза превысило аналогичный показатель у детей группы сравнения ($p = 0,00$). Установлена достоверная причинно-следственная связь между вероятностью снижения уровня γ -АМК в сыворотке крови от повышенного уровня марганца в крови ($R^2 = 0,80$, $F = 287,55$, $p = 0,00$).

Заключение. Проведенные исследования позволили установить, что у детей, потребляющих питьевую воду неудовлетворительного качества до 8,1 ПДК, регистрируется повышенная концентрация марганца в крови до 4,4 раза референтного уровня и показателя в группе сравнения. При этом выявлен дисбаланс процессов возбуждения и торможения ЦНС, выраженный отклонением специфических нейромедиаторов – повышением уровня глутамата и снижением γ -АМК в сыворотке крови у детей. Доказаны причинно-следственные связи между отклонениями исследуемых лабораторных показателей и повышенным уровнем марганца в крови. Данные показатели могут быть рекомендованы для раннего выявления нарушений со стороны ЦНС у детей, потребляющих питьевую воду неудовлетворительного качества по содержанию марганца, для разработки необходимых мер профилактики.

Литература

1. Бурлибаев М. Ж., Неронова Т. И., Саидов И. И., Мирхашимов И. Х., Кайдарова Р. К., Калинин И. Ю., Садвокасова С. К. Перспективы гармонизации стандартов и норм качества вод в странах Центральной Азии и Водной рамочной директивы Европейского союза. Алматы: OST-XXI век, 2010. 240 с.
2. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы V–VIII групп периодической системы и их неорганические соединения: справ.-энц. изд. / под ред. В. А. Филова и др. СПб.: НПО «Профессионал», 2007. 452 с.
3. Онищенко Г. Г., Зайцева Н. В., Землянова М. А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов. Пермь: Книжный формат, 2011. 532 с.
4. Тиц Н. У. Клиническое руководство по лабораторным тестам / пер. с англ. под ред. В. В. Меньшикова. М.: ЮНИМЕД-пресс, 2003. 960 с.

FEATURES OF THE EFFECTS OF MANGANESE CNS IN CHILDREN CONSUMED DRINKING WATER UNSATISFACTORY QUALITY

D. L. MAZUNINA, M. A. ZEMLYANOVA

Perm State National Research University, Perm

FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Perm

Summary. According to the research found that children who consume drinking water with high content of manganese at 3.3 MAC (maximum of 8 MPC), the concentration of manganese in the blood up to 4.4 times higher than the reference level, which is dangerous for the development of adverse effects from side of the critical organs and systems, especially the CNS. Proved the dependence of the probability of deviation indicators characterizing the state of excitation and inhibition in the central nervous system (glutamate, GABA), with high content of manganese in the blood.

ОЦЕНКА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ МАТОЧНОГО МОЛОЧКА И УБИХИНОНА-10 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АРИТМИИ У КРЫС

И. Д. Морозов

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород
E-mail: morozovilya2008@rambler.ru*

Среди проблем современной кардиологии одной из важнейших является проблема предупреждения и терапии аритмий сердца. Установлено, что аритмии сердца развиваются не только вследствие поражения сердца, но и вследствие экстракардиальной патологии как органического, так и функционального характера [1]. Целью работы было исследование антиаритмического действия маточного молочка пчел и убихинона-10 при моделировании адреналиновой и кальциевой аритмии у крыс. Исследование проводилось на 54 лабораторных крысах обоих полов массой 150–200 г. Животные были поделены на 9 групп по 6 крыс в каждой. У животных, кроме интактных, моделировали аритмии введением в подвздошную вену 10% раствора адреналина гидрохлорида в количестве 0,15 мл, либо 10% водного раствора хлорида кальция в концентрации 2 мл/кг. Перед моделированием аритмии в опытных группах проводили скормливание пчелиного маточного молочка (ММ) в дозе 100 мг/кг, убихинона-10 – 15 мг/кг и их комбинации, в течение 10 дней. Контролем служили крысы, у которых проводилось моделирование соответствующей аритмии, не получавшие препараты. Регистрацию аритмии проводили по ЭКГ у наркотизированных хлоралгидратом (50 мг/кг) крыс с помощью игольчатых электродов [2]. Анализировали показатели стрессовой реакции организма – электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ) и активность прооксидантной системы, оцениваемую по концентрации малонового диальдегида (МДА).

В эксперименте было показано, что сразу после введения хлорида кальция у крыс возникали желудочковые аритмии. Аритмии продолжались 30–40 с, после чего восстанавливался нормальный ритм сердца. Внутривенное введение адреналина вызывало у животных через 10–15 с появление желудочковых экстрасистол, которые продолжались до 5 мин.

Указанные нарушения работы сердца сопровождались значительными ухудшениями функциональных свойств эритроцитов крыс. Так, адреналиновая аритмия вызывала снижение ЭФПЭ на 13,2 %, а кальциевая – на 16,5 %. Содержание МДА соответственно увеличилось на 67,7 % при адреналиновой модели и на 62,0 % при кальциевой аритмии. Препараты маточного молочка и убихинона-10, применяемые с профилактической целью, уменьшали длительность аритмии в обеих моделях. Введение маточного молочка, убихинона-10 и их смеси обеспечило нормализацию показателей ЭФПЭ и МДА в крови животных, перенесших аритмию, сопоставимо с показателями интактной группы (табл. 1, 2).

Наибольшие изменения показателей крови были отмечены в группе с совместным применением маточного молочка и убихинона-10. Результаты можно объяснить синергизмом компонентов ММ и Q-10, которые могут оказывать опосредованное влияние на миокард в условиях аритмии.

Таблица 1

Показатели ЭФПЭ (мкм*см/с*в) крови крыс

Аритмия	Группы животных				
	интактные	контроль	ММ	Q-10	ММ+ Q-10
Адреналиновая	1,21±0,03	1,05±0,02*	1,20±0,03×	1,23±0,04×	1,28±0,03×
Хлорид-кальциевая		1,01±0,03*	1,19±0,02×	1,19±0,02×	1,12±0,03×

Таблица 2

Содержание МДА (нмоль/мл эритроцитов) в крови крыс

Аритмия	Группы животных				
	интактные	контроль	ММ	Q-10	ММ+ Q-10
Адреналиновая	1,79±0,12	3,00±0,09*	2,28±0,15*×	2,59±0,22*×	2,16±0,22
Хлорид-кальциевая		2,90±0,13*	2,27±0,29×	2,16±0,12×	2,02±0,26×

*p < 0,05 по отношению к интактной группе

×p < 0,05 по отношению к контрольной группе

Литература

1. Лаздунский М., Рено Дж.Ф. Физиология и патофизиология сердца / под ред. Н. Спелракиса; пер. с англ. М.: Медицина, 1988. Т. 1. С. 593–610.
2. Мороз В. М., Липницкий Т. Н. [и др.]. Поиск новых методов лечения аритмии сердца: экспериментальное исследование эффективности денситонеров мембран // Рос. кардиол. журн. 2003. №2(40). С. 72–76.

EVALUATION OF PREVENTIVE ROYAL JELLY AND UBIQUINONE-10 IN MODELING ARRHYTHMIAS IN RATS

I. D. MOROZOV

Nizhny Novgorod State University name N. I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod

Summary. The results are presented of the study of ECG, the electrophoretic mobility of erythrocytes and malondialdehyde in rat blood on the background of prophylactic administration of royal jelly and ubiquinone-10 in arrhythmia simulation in rats. The mechanisms of antiarrhythmic action of the substances studied are discussed.

ВЛИЯНИЕ ПОСТГЕМОРАГИЧЕСКОЙ АНЕМИИ НА СОСТОЯНИЕ МАКРОФАГОВ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ

Е. А. МУХЛЫНИНА

Институт иммунологии и физиологии УрО РАН
Уральский федеральный университет, Екатеринбург
E-mail: elena.mukhlynina@yandex.ru

Значение соединительной ткани в физиологических реакциях организма привлекает в последние десятилетия все большее внимание исследователей. Активно обсуждаются вопросы участия ее компонентов в регуляции компенсаторно-приспособительных процессов [1, 3, 5].

Макрофаги являются важным звеном клеточного состава соединительной ткани, которое наряду с фибробластами и тучными клетками определяет выполнение всего спектра функциональной активности.

При этом вопрос об универсальности реакции и широте вовлечения в нее соединительной ткани остается практически не исследованным. Кроме того, вне

поля зрения исследователей остается проблема органной специфичности ответа на воздействия, практически не находят отражения вопросы связи состояния соединительной ткани органа и его функциональной активности.

Кровопотеря является одним из наиболее частых экстремальных факторов, воздействию которых подвергается организм в процессе своей жизнедеятельности.

Таким образом, цель исследования – дать характеристику реакций макрофагов соединительной ткани различных органов у крыс в ответ на постгеморрагическую анемию.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на белых беспородных крысах-самцах массой 300 г. Постгеморрагическую анемию вызывали острым кровопусканием у крыс из хвостовой вены в размере 2 % от массы тела животного. Для исследования через 6 часов и 2 суток у животных брали тимус, надпочечники, желудок, кишечник и кожу с брюшной стороны тела. Материал фиксировали в фиксаторе Буэна с последующей стандартной гистологической проводкой и заливкой в парафин. В дальнейшем изготавливали гистологические срезы толщиной 3–5 мкм. Типирование макрофагов проводили иммуногистохимически непрямым пероксидазным методом по стандартным протоколам при помощи антител Mouse Anti-Rat Monocytes/Macrophages [CD68] Monoclonal antibody, clone ED1 (Millipore, USA). Оценку морфофункционального состояния макрофагов осуществляли с использованием программы анализа изображений «Видеотест Морфология 5.2». Для оценки значимости различий между группами использовали критерий Манна – Уитни. При проверке статистических гипотез использован 5 % уровень значимости.

Результаты и их обсуждение. Реакция макрофагального компонента соединительной ткани на кровопотерю заключается в перераспределении клеток СФМ в организме. На раннем сроке после кровопотери наблюдается резкий рост числа гистиоцитов в коже. Повышенное содержание CD68+ клеток в коже сохраняется и через 2 суток. При этом в тимусе, кишечнике и желудке на позднем сроке после кровопотери содержание макрофагов снижено относительно контроля.

Ранее было показано, что активация миграции клеток макрофагального ряда с повышением их плотности в коже характерна также для других экстремальных воздействий (острое асептическое воспаление, иммобилизационный стресс) [2, 4]. По-видимому, повышение концентрации макрофагов в коже, органе, непосредственно контактирующем с окружающей средой и подверженном высокому риску повреждения и проникновения инфекции, при различных воздействиях также можно рассматривать в качестве элемента общего адаптационного синдрома, направленного на повышение неспецифических защитных свойств соединительной ткани.

Литература

1. Арташян О. С., Юшков Б. Г., Мухлынина Е. А. Изучение функциональной активности тучных клеток при иммобилизационном стрессе // Цитология. 2006. Т. 48, № 8. С. 665–668.
2. Быкова М. Ю., Мухлынина Е. А. Реакция соединительной ткани различных локализаций на действие иммобилизационного стресса // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2010. Т. 32, № 4. С. 56–58.

3. Данилова И. Г. Влияние системы фагоцитирующих мононуклеаров на регенерацию тканей с разной восстановительной способностью (экспериментальное исследование): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.13. Екатеринбург, 2006. 50 с.

4. Мухлынина Е. А., Юшков Б. Г. Реакция соединительной ткани различных органов крыс на острое локальное воспаление // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. Т. 14, №2. С. 32–39.

5. Улитко М. В. Роль моноцитов-макрофагов в адаптивных реакциях кроветворной ткани при действии на организм экстремальных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13. Екатеринбург, 2008. 25 с.

THE EFFECT OF POSTHEMORRHAGIC ANEMIA ON CONNECTIVE TISSUE MACROPHAGES OF THE DIFFERENT ORGANS

E. A. MUKHLYNINA

Institute of Immunology and Physiology of RAS, Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. The connective tissue macrophages after acute hemorrhage are redistributed in the body with the increase of their content in skin and the decrease of macrophage level in other organs (thymus, intestine, stomach). Apparently, increasing macrophage concentration in skin, which is contiguous with the environment and has high risk of injury and infection penetration, can be considered as part of the general adaptation syndrome, aimed at improving the nonspecific protective properties of connective tissue.

РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ НЕЙРОННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МЕДИАЛЬНОЙ СЕПТАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ГИППОКАМПАЛЬНОГО ТЕТА-РИТМА

И. Е. МЫСИН

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пуцино

E-mail: imysin@mail.ru

Тета-ритм – это высокоамплитудные осцилляции локального полевого потенциала с частотой 4–12 Гц, наиболее выраженные в гиппокампе. Тета-ритм является электрофизиологическим коррелятом процессов внимания и памяти. В настоящее время наиболее распространено мнение, что тета-ритм возникает в гиппокампе при ритмическом входе со стороны медиальной септальной области (МСО). Однако нейрональные механизмы пейсмейкерной функции МСО изучены слабо. Основной синхронизирующий выход создается проекционными ГАМКергическими нейронами МСО, которые представляют собой две субпопуляции и разряжаются во время противоположных фаз тета-ритма в гиппокампе. В МСО также показано наличие холинергических, глутаматергических и непроекционных ГАМКергических нейронов. Между популяциями септальных нейронов имеются взаимодействия, за счет которых формируется синхронный ритмический выход в гиппокамп. Однако механизмы этих межпопуляционных взаимодействий неизвестны. Целью данного исследования было разработать модель взаимодействий между всеми нейронными популяциями МСО, которые лежат в основе формирования синхронного септального тета-сигнала. На основе литературных данных можно утверждать, что модель должна удовлетворять следующим критериям: (1) большинство нейронов должны быть быстро-разряжающимися;

(2) сдвиг фаз между популяциями проекционных ГАМКергических клеток должен соответствовать примерно 150° ; (3) силы двусторонних связей между двумя субпопуляциями проекционных ГАМКергических нейронов должны быть неодинаковыми. В данной работе мы предложили модель нейронной сети, удовлетворяющей указанным требованиям. Мы показали, что пейсмекерную функцию может выполнять система из глутаматергических и непроекционных ГАМКергических нейронов при отсутствии у них эндогенных ритмических свойств. Мы предполагаем, что связи в данной системе организованы по принципу торможения по обратной связи. Хорошо известно, что в подобных системах самопроизвольно возникают синхронные ритмические залповые разряды. На основе литературных данных мы предполагаем также, что эта система может вовлекать в ритмический залповый режим одну из двух популяций проекционных ГАМКергических нейронов, которая, в свою очередь, может вовлекать в ритмический режим другую. В модельных экспериментах мы показали, что в широком диапазоне параметров в нашей модели наблюдается устойчивый противофазный режим между популяциями проекционных ГАМКергических нейронов, при этом сдвиг фаз между активностью этих популяций равен наблюдаемому в эксперименте.

ROLE OF DIFFERENT NEURONAL POPULATIONS OF THE MEDIAL SEPTAL AREA IN THE FORMATION OF THE HIPPOCAMPAL THETA RHYTHM

I. E. MYSIN

Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS, Pushchino

Summary. We have proposed the model of neural network of medial septal area. This nucleus acts as pacemaker of hippocampal theta rhythm and plays key role in the cognitive functions of hippocampus such as attention and memory. We have supposed that synchronous burst mode of discharges can be formed by feed-back inhibition in subnetwork of glutamatergic and GABAergic neurons. We have shown that such system can involve projection to the hippocampus GABAergic neurons in burst rhythmic mode, which parameters are similar with experimental.

ВЛИЯНИЕ ЭСТРИОЛА НА УРОВЕНЬ НКТ-КЛЕТОК ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ

И. В. НЕКРАСОВА

*Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь
E-mail: nirina5@mail.ru*

Рассеянный склероз (РС) является аутоиммунным заболеванием, при котором организм воспринимает собственный белок миелина как чужеродный, в результате чего происходит разрушение нервных волокон. Известно, что при беременности наблюдается улучшение течения данного заболевания. Процесс гестации сопровождается существенными изменениями гормонального статуса женщины. Одним из гормонов, присутствующих в организме лишь во время беременности, является эстриол (E_3). Показано, что данный эстроген способен модулировать функции не только репродуктивных тканей, но также иммунокомпетентных клеток. НКТ-клетки представляют собой интересную субпопуляцию Т-лимфоцитов и принимают участие в патогенезе РС.

Целью данной работы явилось исследование участия E_3 в регуляции экспрессии функциональных маркеров NKT клеток при РС в сравнении со здоровыми донорами.

Материалы и методы исследования. В работе использовались сепарированные мононуклеары периферической крови (МПК) здоровых доноров и женщин с РС в стадии ремиссии, не подвергавшихся какой-либо терапии. МПК инкубировали в течение 72 часов в присутствии E_3 , который вносили в пробы в концентрациях, соответствующих уровням данного гормона в I и III триместры беременности – 2 и 20 нг/мл. NKT-клетки оценивали с помощью проточной цитометрии как процент $CD3^+$ -лимфоцитов, экспрессирующих инвариантную цепь T-клеточного рецептора Valpha24-Jalpha18 и CD161. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием парного и непарного t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования. Установлено, что изначально уровень NKT-клеток был выше у больных РС в сравнении со здоровыми донорами. Под влиянием E_3 в низкой концентрации их процент снижался как у здоровых доноров, так и у пациентов с РС. Таким образом, нами показано, что улучшение течения РС при беременности, по-видимому, может происходить в том числе и под влиянием E_3 , что необходимо учитывать при назначении гормональной иммуномодулирующей терапии данного заболевания.

THE INFLUENCE OF ESTRIOL ON NKT CELLS LEVEL AT MULTIPLE SCLEROSIS

I. V. NEKRASOVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. The influence of pregnancy hormone estriol (E_3) on the natural killer T (NKT) cells percentage was studied in multiple sclerosis patients (MSP) and healthy donors (HD). It was shown that NKT level was initially higher in MSP in comparison with HD. E_3 reduced the percentage of the cells in MSP and HD. So, amelioration of MS symptoms at pregnancy may be due to E_3 influence.

ВЛИЯНИЕ ИНАКТИВАЦИИ ТУЧНЫХ КЛЕТОК НА РЕПАРАТИВНУЮ РЕГЕНЕРАЦИЮ КОЖИ

Н. Ю. НЕЗГОВОРОВА, О. С. АРТАШЯН

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: nadyapestova@yandex.ru

В повседневной жизни кожа человека подвержена различным повреждениям. Это связано с ее прямым контактом с окружающей средой. В коже хорошо развиты процессы репаративной регенерации, в основе которых лежат механизмы миграции и митотического деления эпидермальных клеток и клеток дермы. Проблемой восстановления поврежденных органов занимаются уже давно, однако в последнее время особое внимание привлекает проблема, связанная с участием иммунной системы в регуляции процессов регенерации. Изучение механизмов заживления с целью управления этим процессом является одной из важнейших проблем теоретической и клинической медицины.

Целью данной работы явилось изучение процессов репаративной регенерации кожи в условиях инактивации тучных клеток (ТК).

Материалы и методы. Исследование проводились на 50 беспородных самцах крыс массой 200–400 г половозрелого возраста. В качестве инактиватора ТК применялся препарат кетотифен (активное вещество – кетотифена fumarate, фармакогепатическая группа – противоаллергическое средство, стабилизатор мембран тучных клеток) в виде сиропа перорально. Дозу рассчитывали исходя из инструкции в перерасчете на массу крысы, учитывая скорость метаболизма крыс. Доза препарата составила 0,1 мг. Для эксперимента были выделены следующие группы: 1) интактные животные; 2) контрольная группа – животные, получавшие препарат 2 раза в день (утром и вечером), забой проводился через 1, 7 и 30 суток; 3) экспериментальная группа. В экспериментальной группе было выделено две подгруппы: в одной животным производился прокол кожи в области семенника, а в другой – прокол кожи в области семенника на фоне приема препарата. Забой животных в каждой подгруппе проводился через 1, 7 и 30 суток.

Для исследования брали кожу в области семенника, подвергнушую повреждению, и кожу со спины – в качестве контроля, для того чтобы выяснить, системный ли характер носит реакция со стороны популяции тучных клеток.

На препаратах измеряли плотность ТК на 1 мм², синтетическую активность и индекс дегрануляции ТК. Для оценки регенерации измеряли следующие показатели: 1) толщину эпидермиса (мкм), 2) толщину дермы (мкм), 3) толщину подкожной жировой клетчатки (мкм), 4) количество кровеносных сосудов (N/мм²), 5) количество сальных желез и волосяных фолликулов (N/мм²), 6) количество фибробластов (N/мм²), 7) количество коллагеновых волокон (на 1 мм²).

Статистическую обработку данных проводили с использованием непараметрических методов статистики (Statistica 6.1). Сравнение групп выполняли с использованием критерия Манна – Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. В результате эксперимента с повреждением кожи в области семенника были выявлены изменения морфофункционального состояния популяции мастоцитов как в участке, который подвергся проколу (далее по тексту – опытная ткань), так и в неповрежденном участке кожи с области спины (далее по тексту – контрольная ткань).

ТК проявляют раннюю реакцию на повреждение кожи: на 1-е сутки их *плотность* возрастает до $1522,82 \pm 13,65$ на 1 мм², а на 7-е ($925,16 \pm 19,76$ на 1 мм²) и 30-е ($1039,78 \pm 8,78$ на 1 мм²) сутки возвращается к интактному уровню ($1031,59 \pm 15,46$ на 1 мм²). *Синтетическая активность* мастоцитов в опытном участке кожи при повреждении повышается на 7-е ($2,32 \pm 0,03$ %) и 30-е ($2,35 \pm 0,02$ %) сутки, на фоне приема кетотифена только к 30-м суткам ($2,61 \pm 0,17$ %). В контрольном участке кожи при повреждении на всех сроках происходит увеличение синтетической активности ($2,67 \pm 0,08$ %; $2,66 \pm 0,07$ %; $2,61 \pm 0,06$ %). *Индекс дегрануляции* (ИД) при повреждении кожи в опытном участке значительно повышается на всех сроках ($87,00 \pm 0,58$ %; $88,93 \pm 4,19$ %; $86,25 \pm 5,97$ %), в контрольном участке ИД не изменяется относительно интактного уровня.

Изменения функциональной активности мастоцитов ведут за собой ряд структурных изменений морфометрических показателей. После прокола у крыс, не получавших кетотифен, наблюдается утолщение *эпидермиса* уже по истечении

1-х суток ($66,98 \pm 3,22$ мкм) и на более длительных сроках ($76,70 \pm 7,24$ мкм; $68,12 \pm 2,60$ мкм). При повреждении кожи на фоне приема кетотифена на 7-е и 30-е сутки происходит уменьшение толщины эпидермиса ($54,05 \pm 2,75$ мкм; $46,72 \pm 4,78$ мкм) относительно животных с повреждением кожи, не принимавших кетотифен. Такие изменения могут свидетельствовать о влиянии мастоцитов (напрямую или опосредованно) на толщину эпидермиса в ходе регенераторного процесса.

Толщина дермальных участков кожи изменяется по-разному, и соответственно нельзя однозначно говорить о некоем однонаправленном влиянии ТК на дерму в процессе регенерации.

Существенных однонаправленных изменений в *толщине подкожной жировой клетчатки* в опытном и контрольном участках кожи не выявлено.

При повреждении кожи происходит увеличение *числа кровеносных сосудов*, наиболее выраженное на 1-е ($564,92 \pm 7,68$ на мм²) и 7-е ($599,30 \pm 33,50$ на мм²) сутки после операции. При повреждении на фоне приема кетотифена на 1-е сутки наблюдается выраженный эффект препарата, который проявляется в меньшем количестве кровеносных сосудов в данной группе ($442,11 \pm 13,45$ на мм²) по отношению к группе животных с проколом; на 7-е и 30-е сутки количество сосудов в этих группах выравнивается.

При повреждении кожи происходит значительное уменьшение *числа волосяных фолликулов и сальных желез*, что может объясняться процессом рубцевания. Однако при повреждении кожи на фоне приема кетотифена на 1-е и 7-е сутки число сальных желез больше ($70,77 \pm 2,27$ на мм²; $125,72 \pm 31,78$ на мм²), чем без приема препарата ($43,25 \pm 4,54$ на мм²; $29,49 \pm 1,13$ на мм²). Это может объясняться тем, что при инaktivированных мастоцитах замедляется процесс рубцевания поврежденной кожи.

Динамика изменения *количества фибробластов и коллагеновых волокон* в дерме опытной кожи схожа: при повреждении наблюдается увеличение их количества, при повреждении на фоне кетотифена их количество меньше интактного уровня. Изменения в контрольной коже указывают на системный характер действия ТК.

Таким образом, при повреждении кожи происходят изменения морфометрических параметров: увеличение толщины эпидермиса, увеличение количества кровеносных сосудов, фибробластов, количества коллагеновых волокон, происходит уменьшение количества сальных желез.

Инактивация тучных клеток препаратом кетотифен тормозит процессы, характерные для нормального протекания репаративной регенерации кожи: не происходит достоверного увеличения толщины эпидермиса, количества кровеносных сосудов, фибробластов и коллагеновых волокон.

Локальное травмирование кожи влечет за собой схожие, но менее выраженные изменения в других неповрежденных участках кожи, что указывает на системный характер действия тучно-клеточной популяции.

THE EFFECT OF INACTIVATION OF MAST CELLS ON REPARATIVE REGENERATION OF THE SKIN

N. YU. NEZGOVOROVA, O. S. ARTASHYAN

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. *The effect of inactivation of mast cells on reparative regeneration of the skin was investigated. The mast cells membrane's stabilization with Ketotifen retards reparative reactions. Mast cells act systematically.*

РОЛЬ ФАКТОРА XIIIa СВЕРТЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КРОВИ В КОНТРАКЦИИ КРОВЯНОГО СГУСТКА

А. Д. ПЕШКОВА, А. П. ЛОЖКИН

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

E-mail: alinapeshkova@list.ru

Контракция кровяного сгустка является конечным этапом свертывания крови, в результате которого происходит самопроизвольное сжатие сгустка под действием сократительных белков тромбоцитов. Контракция может зависеть как от функционального состояния тромбоцитов, так и от активности плазменных факторов свертывания крови, например фактора XIIIa, который обладает транглутаминовой активностью и катализирует ковалентную сшивку фибрина. Цель данной работы – определить зависимость динамики контракции кровяного сгустка от активности фактора XIIIa.

Кровь у здоровых доноров брали путем венопункции и стабилизировали 3,2%-ным цитратом натрия в соотношении 9:1 по объему. Образование сгустка крови и его контракцию индуцировали добавлением хлорида кальция и тромбина. Динамику контракции оценивали с помощью прибора для оптической регистрации динамики сгустка крови «Регистратор тромбодинамики» («Гемакор», Москва). Прибор фиксировал двумерные изображения сгустка (12×7 мм) каждые 15 с в течение 20 мин. Компьютерная обработка и анализ осуществлялись с применением программы, которая определяет площадь сгустка в каждом изображении и представляет его как долю от площади исходного (несжатого) сгустка (% контракции сгустка) в каждой временной точке. Результат представляется в виде кинетической кривой, которая характеризуется следующими параметрами: лаг-период (мин), средняя скорость контракции (размер сгустка/время), конечная степень контракции (%), время достижения $\frac{1}{4}$ от начального размера сгустка и время достижения $\frac{1}{2}$ от конечной степени контракции (мин), а также площадь под кинетической кривой. Всего исследовано 34 образца крови.

Анализ зависимости ретракции кровяного сгустка от концентрации ионов Ca^{2+} в диапазоне от 0 до 10 мМ показал, что рекальцификация не оказывает видимого влияния на образование сгустка под действием тромбина. Тем не менее сгустки без добавления Ca^{2+} были менее стабильны и характеризовались более частым «выпадением» эритроцитов из сгустка в процессе ретракции, которое наблюдалось в 32% случаев. Феномен экструзии эритроцитов из сгустка в процессе сжатия явился неожиданной находкой и описан в литературе совсем недавно [1]. Вполне вероятно, что стабилизирующий эффект Ca^{2+} обусловлен активностью фактора XIIIa, образование которого из неактивного фактора XIII зависит от

присутствия Ca²⁺. Чтобы проверить это предположение, активность фактора XIIIa регулировалась добавлением его ингибиторов, таких как цистамин [2] и йодацетамид [3]. Нами обнаружено, что цистамин в концентрациях от 0,5 мМ до 2 мМ не влияет на образование сгустка, но достоверно снижает степень его контракции. Йодацетамид оказывал аналогичное влияние на динамику ретракции кровяного сгустка, что проявилось в виде существенного снижения средней скорости и степени контракции сгустка, а также достоверного увеличения времени, за которое сгусток сжимается до ¼ от исходного размера и площади под кривой. Полученные результаты указывают на важность активности фактора XIIIa для протекания полноценной ретракции сгустка в цельной крови.

Работа выполнена в рамках государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

1. Aleman M. M., Bymes J. R., Wang J. G. [et al.]. Factor XIII activity mediates red blood cell retention in venous thrombi // *J. Clin. Invest.* 2014. № 124(8). P. 3590–3600.
2. Kim H. J., Lee H. J., Park M. K. Involvement of Transglutaminase-2 in α -MSH-Induced Melanogenesis in SK-MEL-2 Human Melanoma Cells // *Biomol. Ther. (Seoul)*. 2014. № 22(3). P. 207–212.
3. Sabo T. M., Brasher P. B., Maurer M. C. Perturbations in factor XIII resulting from activation and inhibition examined by solution based methods and detected by MALDI-TOF MS // *Biochemistry*. 2007. № 46(35). P. 10089–10101.

A ROLE OF THE BLOOD COAGULATION FACTOR XIIIa IN CLOT CONTRACTION

A. D. PESHKOVA, A. P. LOZHKIN

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Summary. The importance of Factor XIIIa for contraction of a blood clot was studied. Our data show that inhibition of the factor XIIIa transglutaminase activity by two different types of inhibitors (iodoacetamide and cystamine) dramatically impedes clot contraction dynamics without affecting the blood clot formation. These findings indicate that the enzymatic activity of factor XIIIa is essential for clot contraction in whole blood.

ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ОТ СЕЗОНА ОТЛОВА У ПРЕАККЛИМИРОВАННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS*

С. О. ПРОКОСОВ, А. Н. ГУРКОВ, Ю. А. ЛУБЯГА, Д. В. АКСЕНОВ-ГРИБАНОВ

Иркутский государственный университет

E-mail: sergeyprokosov@gmail.com

Глобальные климатические изменения и антропогенное загрязнение окружающей среды создают условия, в которых экосистемы многих водоемов мира могут оказаться в опасности. Данной опасности в первую очередь подвержены уникальные древние водоемы, такие как древние озера, экосистемы которых долгое время эволюционировали в стабильных условиях и, по-видимому, не адаптированы к относительно быстрым изменениям условий среды [5]. В то же время

древние озера представляют особую ценность как крупный источник биологического разнообразия и важный экономический ресурс, что обуславливает необходимость изучения адаптивных возможностей их обитателей.

Наиболее древним пресноводным водоемом с уникальным даже на фоне других древних озер биоразнообразием является озеро Байкал, содержащее около 20 % запасов пресной воды на планете. Самой многочисленной таксономической группой Байкала являются амфиподы, включающие около 350 видов и подвидов, что составляет более 10 % от всего видового разнообразия фауны Байкала [3]. Амфиподы обитают на всех глубинах озера и являются одним из ключевых компонентов его экосистемы.

Одним из необходимых элементов комплексного исследования адаптивных возможностей байкальских организмов является изучение сезонных особенностей функционирования неспецифических механизмов стресс-реакций как в естественных условиях среды обитания, так и после этапа акклимации изучаемых видов к одной и той же температуре, спектру питания и освещению в течение всего года. Данное сравнение необходимо для уточнения того, в какой мере и насколько быстро сезонные отличия в неспецифических стресс-реакциях могут быть нивелированы в лабораторных условиях, что необходимо для дальнейшего проведения множества экофизиологических исследований и для создания комплексной технологии мониторинга состояния экосистемы озера Байкал.

Система антиоксидантной защиты является одним из универсальных неспецифических механизмов, задействуемых при самых разнообразных стрессовых реакциях [2]. Показано, например, что ферменты антиоксидантной системы (АОС) активируются при температурном и токсическом стрессовых воздействиях и принимают участие в адаптации организма к изменившимся условиям среды [1]. Таким образом, целью данного исследования являлось ежемесячное определение активности ферментов АОС у одного из наиболее массовых видов амфипод литорали озера Байкал — *Eulimnogammarus cyaneus* после этапа предварительной акклимации отловленных животных к лабораторным условиям [4].

Сбор амфипод проводили ежемесячно в течение 8 месяцев (с июля по февраль) на глубинах до 0,5 м в прибрежной зоне озера Байкал в районе поселка Листвянка. После отлова животных содержали не менее 3 суток в аэрируемых аквариумах при температуре 6 °С для акклимации к лабораторным условиям. В качестве корма использовали коммерческий препарат Tetra-Min. Определение пола не проводили, чтобы избежать повреждения амфипод. После акклимации животных фиксировали в жидком азоте и измеряли активность каталазы, пероксидазы и глутатион-S-трансферазы [5].

Выявлено, что активности пероксидазы и глутатион-S-трансферазы у преаклимированных амфипод не изменяются в период от июля и до февраля. Дисперсионный анализ месячной динамики активности каталазы у акклимированных к лабораторным условиям особей вида *E. cyaneus* показал, что различия между выборками близки к статистически значимым. По всей видимости, выявленная тенденция к повышению активности каталазы в зимние месяцы связана с повышением растворимости кислорода в воде при понижении температуры, а также, возможно, с началом периода развития водорослей, дополнительно насыщающих

байкальскую воду кислородом. Факт увеличения активности именно каталазы при необходимости борьбы с активными формами кислорода уже был зафиксирован для термочувствительных байкальских видов, к которым относится *E. suaneus*.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «ИГУ».

Литература

1. Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньшикова Е. Б. Окислительный стресс. Биохимический и патофизиологический аспекты. М.: Наука: Интерпериодика, 2001. 340 с.
2. Казимирко В. К., Мальцев В. И., Бутылин В. Ю. Свободно-радикальное окисление и антиоксидантная терапия. Киев: Морион, 2004. 160 с.
3. Тахтеев В. В. Боклопавы озера Байкал, их систематика, филогения, эволюция, распределение и экология: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2001. 48 с.
4. Тахтеев В. В. Очерки о боклопавых озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция). Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 355 с.
5. Тимофеев М. А. Экологические и физиологические аспекты адаптации к абиотическим факторам среды эндемичных байкальских и палеарктических амфипод: дис. ... д-ра биол. наук.: 03.02.08. Иркутск, 2010. 384 с.

SEASONAL INFLUENCE ON ACTIVITY OF ANTIOXIDANT ENZYMES IN BAIKAL AMPHIPODS *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS* AFTER ACCLIMATION

S. O. PROKOSOV, A. N. GURKOV, YU. A. LUBYAGA, D. V. AKSENOV-GRIBANOV
Irkutsk State University, Irkutsk

Summary. Activities of peroxidase and glutation-S-transferase were not changing during the period from July to February. Difference in catalase activity between summer and winter months was very close to the statistically significant. Probably, the tendency to increase catalase activity in the winter period is connected to higher oxygen content in Baikal water.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ХИМЕРНЫХ МОЛЕКУЛ $IFN\alpha_{2b}$ -Fc

Д. С. СЕРГЕЕВА, А. В. ПЕТРОВ

Государственный НИИ особо чистых биопрепаратов, Санкт-Петербург
E-mail: daria.sergeeva.bio@gmail.com

Интерфероны (IFN) – группа цитокинов, способных проявлять противовирусную, иммуномодулирующую и антипролиферативную активности. Одна из форм интерферонов – $IFN\alpha_{2b}$ – широко применяется для лечения гепатита В и С.

Большинство цитокинов, включая интерферон α , имеют относительно короткое время циркуляции в организме, что требует частого введения препарата в высоких дозах. Чтобы преодолеть данные недостатки, разрабатываются модифицированные формы интерферона, имеющие более длительный период полувыведения. Одним из способов создания пролонгированной формы интерферона является его присоединение к Fc-фрагменту иммуноглобулина G.

Целью данной работы является получение химерных молекул $IFN\alpha_{2b}$, связанных с Fc-фрагментом IgG_4 через пептидный линкер, и изучение их биологических свойств.

Четыре варианта молекул $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc с различной длиной линкера были получены с помощью overlap-PCR и клонированы в экспрессионный вектор pCER4, который впоследствии был использован для трансфекции клеток линии НЕК-293. После очистки белков при помощи аффинной хроматографии проводился анализ биологической активности химерных молекул по подавлению цитопатического эффекта вируса везикулярного стоматита на линии клеток L41. Для выявления связи между биологической активностью химерных молекул и длиной пептидного линкера было проведено компьютерное моделирование их трехмерной структуры и подвижности. Также была оценена фармакокинетика молекул при их внутривенном введении мышам.

При сравнении четырех форм $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc было выяснено, что химерные молекулы $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc обладают различной противовирусной активностью в зависимости от длины линкера. Наибольшей относительной противовирусной активностью (20,9 %) обладала молекула, содержащая линкер из восьми аминокислот. Наименьшую активность имела молекула с линкером из пяти аминокислот (3,4 %). Результаты компьютерного моделирования позволили дать возможное объяснение сниженной противовирусной активности этой молекулы. Снижение активности может быть обусловлено стерическими препятствиями, возникающими при взаимодействии с рецептором интерферона- α . Также было показано, что химерные молекулы $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc имеют увеличенный период полувыведения (более 20 часов) по сравнению с немодифицированной формой интерферона- α .

EXPRESSION AND STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF CHIMERIC PROTEINS $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc

D. S. SERGEEVA, A. V. PETROV

Institute of Highly Pure Biopreparations, Saint-Petersburg

Summary. $\text{IFN}\alpha$ is commonly used for the treatment of hepatitis B and C infections. This treatment requires frequent dosing because of short half-life of interferon. To develop prolonged form of interferon- α , we linked $\text{IFN}\alpha_{2b}$ to the Fc-region of human IgG_4 through peptide linkers with different length. Properties of four chimeric proteins $\text{IFN}\alpha_{2b}$ -Fc were studied by antiviral assays, pharmacokinetic tests and computer modeling.

РОЛЬ ОПИАТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ДИНАМИКИ КИСЛОРОДНОГО ВЗРЫВА ПРИ СТРЕССЕ

И. Л. ШАРВЬЕВА

Институт экологии и генетики микроорганизмов, Пермь

E-mail: irin.sh@gmail.com

При воздействии стресса на организм среди прочих нейро-эндокринных изменений активируется система эндогенных опиоидных пептидов, обладающая выраженной стресс-лимитирующей функцией. В зависимости от продолжительности и вида стрессорного воздействия может значительно меняться выраженность и направление иммунных реакций. Ранее нами было показано участие блокады опиатных рецепторов в регуляции пролиферативной и секреторной активности спленоцитов в условиях ротационного и иммобилизационного стресса [1].

Цель работы – исследовать влияние блокады опиатных рецепторов на выраженность реакции хемиллюминисценции при ротационном и иммобилизационном стрессе.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 64 самцах белых мышей массой тела 20–22 г. Животных содержали в условиях лабораторного вивария, при естественном освещении, неограниченном доступе к воде и кормам. В работе использовались две модели стресса – иммобилизационный и ротационный.

Иммобилизация мышей проводилась в течение 6 часов (фиксация в положении на спине), ротация мышей производилась в течение 60 мин по 10 мин с перерывами по 5 мин при 78 об/мин. Антагонист опиатных рецепторов налоксона гидрохлорид в дозе 0,2 мг/кг (Narcan, США) вводили подкожно за 20 мин до стресса, а также через 3 ч после начала стресса у животных, подвергнутых иммобилизации.

Все животные были разбиты на следующие группы: 1-я – контрольная, 2-я – ротационный стресс, 3-я – иммобилизационный стресс; 4-я – ротационный стресс на фоне налоксона, 5-я – иммобилизационный на фоне налоксона; 6-я – однократное введение налоксона; 7-я – двукратное введение налоксона. Оценку кислородозависимой микробицидной активности перитонеальных макрофагов осуществляли с использованием реакции люминолзависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ). Реакцию проводили в 96-луночных плоскодонных планшетах, каждая лунка содержала 10^5 клеток в 100 мкл раствора Хенкса. В качестве индуктора ЛЗХЛ использовали опсонизированный зимозан в концентрациях 150 мкг/мл. В качестве маркера выраженности реакции ЛЗХЛ использовался люминол (10^{-5} М), свечение которого неизбирательно по отношению к различным кислородсодержащим радикалам. Регистрация результатов велась в течение часа с интервалом в 5 мин с помощью многофункционального спектрофотометра ТЕСАН (Австрия). Статистический анализ проводили с использованием непарного t-критерия Стьюдента.

Основные результаты. Установлено, что ротационный стресс стимулировал спонтанную реакцию ЛЗХЛ на 20, 25, 30, 35, 40, 50 и 60 минута эксперимента. Введение налоксона приводило к отмене стимулирующего эффекта ротационного стресса на продукцию активных форм кислорода (АФК). При активации клеток опсонизированным зимозаном стимулирующее действие ротации на микробицидную активность фиксировалось уже с 10 минуты начала исследования (достоверная стимуляция зафиксирована с 10 по 60 минуты наблюдения, см. табл.).

Под действием иммобилизационного стресса на фоне блокады опиатных рецепторов в спонтанных культурах статистически значимого изменения продукции АФК зафиксировано не было. В стимулированных зимозаном культурах под действием иммобилизации наблюдалась тенденция к угнетению микробицидной активности макрофагов, однако статистически не достоверная. Блокада опиатных рецепторов на фоне иммобилизации приводила к значимому угнетению реакции ЛЗХЛ начиная с 30 минуты исследования. Изолированное, как однократное, так и двукратное, введение налоксона на продукцию макрофагами активных форм кислорода влияния не оказывало.

В результате анализа эффектов представленных в работе моделей стресса на интенсивность реакции ЛЗХЛ обращает на себя внимание различная направленность влияния ротации и иммобилизации. Ротационный стресс стимулировал, а иммобилизационный угнетал данную реакцию. Согласно данным других авторов, изменения функциональной активности иммунокомпетентных клеток

зависят от интенсивности стрессорного воздействия и выбранной модели стресса [2]. Также сообщается, что в системе *in vivo* в физиологических концентрациях мет-энкефалин и β-эндорфин стимулировали хемилюминисценцию человеческих нейтрофилов [3]. Таким образом, можно сделать вывод о важной роли эндогенной опиоидной системы в регуляции микробицидной активности макрофагов при остром стрессе.

Влияние ротационного и иммобилизационного стресса на реакцию ЛЗХЛ макрофагов мыши в условиях блокады опиатных рецепторов

		Показатели люминолзависимой хемилюминисценции				
Группы животных	Минуты исследования					
		20 мин	30 мин	40 мин	50 мин	60 мин
1	спонт.	20,4±2,6	21,1±2,6	18,5±2,3	17,7±3,2	44,3±23,7
	зимозан	180,2±43,2	242,3±55,6	220,9±50,1	188,9±40,5	168,7±31,2
2	спонт.	38,3±8,9	40,8±7,9*	38,8±8,8*	33,4±5,6*	53,3±19,6
	зимозан	410,4±74,5*	453,2±66,1*	415,6±57*	326,6±44,6*	268,5±30*
3	спонт.	16,4±4,2	19,2±4,2	17,1±3,6	18,9±3,5	31,9±11,8
	зимозан	129±21,7	133,8±30	138,4±28,6	122,4±24,6	91,1±18,2*
4	спонт.	24,9±10,9	29±15,1	24,1±11,3	25,3±7,8	45,7±16,8
	зимозан	177,6±67,9	194,5±96,9	188,1±84,6	154,8±61,2	128,6±50,3
5	спонт.	12,8±2,5*	19±3,4*	16,7±1,7*	17,4±2,3*	47,1±24,2
	зимозан	124,5±22,9	95,7±20,4*	101,8±25,2*	86,6±22,3*	87,8±26,5
6	спонт.	21,1±5,3	23,1±5,7	22±4,4	23,7±3	31±8,5
	зимозан	302,7±124,3	307,5±120,5	262,5±91	194,8±67	175,2±58
7	спонт.	23,3±9,8	24±9,9	26,8±10,6	27,1±11,1	37,2±11,7
	зимозан	155,5±87,7	213,2±153,2	207,3±144,5	166,9±116,1	130,6±89,6

Примечание. Группы животных: 1 – контроль, 2 – ротационный стресс, 3 – иммобилизационный стресс, 4 – ротационный стресс + налаксон, 5 – иммобилизационный стресс + налаксон, 6 – однократное введение налоксона, 7 – двукратное введение налоксона; * $p < 0,05$ по сравнению с контролем.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 14-04-96002-р-а.

Литература

1. Гейн С. В., Шаравьева И. Л. Влияние ротационного и иммобилизационного стресса на продукцию IL-1Бета, IL-2, IL-4 и IFN-гамма спленоцитами в условиях блокады опиатных рецепторов *in vivo* // Доклады академии наук. 2014. Т. 454, № 4. С. 485–487.
2. Рыбакина Е. Г., Шанин С. Н., Фомичева Е. Е. [и др.]. Механизмы нейро-иммунных взаимодействий при стрессе и подходы к их коррекции // Фундометальные исследования. 2012. № 2. С. 120–123.
3. Pańsik J., Tchórzewski H, Baj Z [et al.]. Priming effect of met-enkephalin and beta-endorphin on chemiluminescence, chemotaxis and CD11b molecule expression on human neutrophils *in vitro* // Immunol. Lett. 1999 Vol. 67. P. 77–83.

THE ROLE OF OPIATE RECEPTORS IN REGULATION OXYGEN BURST UNDER STRESS

I. L. SHARAV³EVA

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Perm

Summary. It was demonstrated rotation stress increased the reactive oxygen species production by murine macrophages. The opioid receptors blockade abrogated this effect. Immobilization stress under conditions of opioid receptors blockade inhibited zimosan-induced chemiluminescence.

ВЛИЯНИЕ МАКРОФАГОВ НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТРУКТУРАХ ГЛАЗА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

С. Е. Смирных

Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: s.smirnyh@yandex.ru

Сахарный диабет (СД) и его осложнения – одна из ведущих проблем современного здравоохранения. Диабетическая ретинопатия, наиболее тяжелое осложнение СД, является основной причиной снижения зрения и слепоты среди лиц трудоспособного возраста, что создает серьезные социально-экономические проблемы. В связи с этим поиск новых средств лечения глазных осложнений сахарного диабета является одной из первостепенных задач современной медицины.

В работах последних лет [3, 5] установлено, что клетки иммунной системы, в том числе и клетки системы фагоцитирующих мононуклеаров (СФМ), выполняют различные неиммунологические функции, выделяя широкий спектр физиологически активных факторов, часть из которых (интерлейкины, фактор некроза опухолей и др.) воздействует на регенерацию тканей различных органов (печени, почек, пародонта, миокарда) [1, 3].

В глазном яблоке макрофаги выполняют функцию нейтропротекции и влияют на пролиферацию клеток предшественников сетчатки [4]. Кроме того, стромальные меланоциты сосудистой оболочки глаза обладают морфофункциональными свойствами резидентных макрофагов [2].

В связи с этим перспективным направлением является воздействие на функции макрофагов для коррекции диабетических изменений структур органа зрения.

Цель работы – исследование влияния активации СФМ на восстановление структур глаза при экспериментальном сахарном диабете.

Материалы и методы. Исследование проводилось на 30 беспородных крысах-самцах, которые были разделены на 3 группы по 10 животных в каждой: 1-я группа – интактные животные; 2-я группа – животные с декомпенсированным СД; 3-я группа – животные с декомпенсированным СД на фоне влияния иммунокорректора 3-аминофталгидразида, который регулирует функционально-метаболическую активность макрофагов.

Результаты исследования. При гистологическом исследовании глаз животных с декомпенсированным сахарным диабетом обнаружены умеренный интерстициальный отек стромы роговицы, полнокровие сосудов сосудистой и сетчатой оболочек с признаками капилляростаза и формированием сладж-комплексов. При

морфометрическом исследовании сетчатки обнаружено уменьшение толщины всей сетчатки и ее некоторых слоев (слой палочек и колбочек, общая толщина ганглиозного слоя и слоя нервных волокон) по сравнению с интактными животными ($p < 0,05$).

При гистологическом исследовании глазных яблок животных с СД на фоне иммунокоррекции заметных структурных изменений по сравнению с интактными животными не выявлено. Морфометрическое исследование сетчатки показало восстановление толщины сетчатки и ее слоев до уровня интактных животных, кроме слоя палочек и колбочек, у которого толщина остается меньше по сравнению с интактными животными ($p < 0,05$).

Выводы. Установлено, что при сахарном диабете происходит развитие дистрофических процессов в структурах глазного яблока, при этом наибольшее повреждение получают сосуды всех структур глазного яблока, а также пигментированные клетки сосудистой оболочки и сетчатки.

При модуляции активности СФМ при помощи иммунокорректора 3-аминофталгидразида происходит восстановление структур глазного яблока за счет выделения регуляторных факторов, оказывающих положительное влияние на процессы регенерации, в связи с чем препараты, оказывающие модулирующее воздействие на макрофагов, могут иметь перспективу для клинического применения при сахарном диабете.

Литература

1. Брыкина И. А. Новые аспекты иммунологической регуляции регенерации органов // Вестник Уральской медицинской науки. 2010. №2/1(29). С. 18.
2. Мусина Л. А. Ультраструктура макрофагов, выявляемых при имплантации аллогенного биоматериала Аллоплант // Морфология. 2006. Т. 129. № 1. С. 53–56.
3. Юшков Б. Г. Неиммунологические функции макрофагов. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 246 с.
4. London A. Neuroprotection and progenitor cell renewal in the injured adult murine retina requires healing monocyte-derived macrophages// The Journal of Experimental Medicine. 2011. Vol. 208(1). P. 23–39.
5. Mosser D. M. Exploring the full spectrum of macrophage activation // Nat. Rev. Immunol. 2008. Vol. 8. P. 958–969.

EFFECT OF MACROPHAGES ON REGENERATION OF THE EYE STRUCTURES IN EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS

S. E. SMIRNYH

Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

Summary. In animal model has been shown that in the diabetes damages of eye structures are developed and manifested in loss of integrity of the pigment cells and blood vessels of the retina and uvea (choroid, ciliary body, iris). At modulation of activity of macrophages with help of the immunocorrector there is a regeneration of the eye structures by release of regulatory factors having positive affect on regeneration processes.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ pH В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ РЫБ ИЗ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М. М. Соловьев^{1*}, Д. А. Костякова^{1,2}, Е. Н. Кашинская¹

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

²Новосибирский государственный педагогический университет

* E-mail: yarmak85@mail.ru

Эффективность реализации жизненной стратегии различных организмов, в том числе рыб, во многом зависит от адаптационных возможностей пищеварительной системы. Одна из основных форм адаптации этой системы – регуляция активности, спектра и специфичности пищеварительных ферментов [1]. Один из важных факторов, влияющих на активность пищеварительных ферментов, – значение pH в пищеварительном тракте. По имеющимся данным, для кишечника рыб диапазон значений pH составляет 5,4–9, для желудка 2–7 [7, 2]. Однако данных по физиологическим значениям pH в желудочно-кишечном тракте рыб недостаточно. В связи с этим цель работы – определить физиологические значения pH в желудочно-кишечном тракте различных видов рыб.

Работу проводили в районе озера Малые Чаны – устье реки Каргат (Новосибирская область) (54° 50' N; 77° 40' E) и озера Байкал (52° 00' N; 106° 11' E). Объектами исследования служили половозрелые особи различных видов рыб (см. табл. ниже). Вылов рыб проводили разноячеистыми ставными жаберными сетями (размер ячеи 20–50 мм) (оз. Чаны) и тралом с размером ячеи 40 мм (озеро Байкал). Сразу после извлечения из сетей рыбу в контейнерах с водой доставляли в лабораторию, где умерщвляли ударом по голове, после чего немедленно извлекали желудочно-кишечной тракт. У рыб разных видов в зависимости от строения пищеварительного тракта значения pH определяли в желудке, пилорических придатках и кишечнике, разделенном на три отдела (передний, средний и задний). В V-образном желудке сиговых рыб значения pH определяли в обоих отделах. В каждом отделе проводили по 2–3 измерения (у серебряного караса по 6). Измерения pH осуществляли при комнатной температуре в течение 5–10 минут после вскрытия. Определение значений pH проводили с помощью портативного pH-метра (Hanna instruments HI 8314) с диаметром микроэлектрода 3 мм (HI 1083 B). Результаты представлены в виде среднего и его ошибки. Достоверность различий между разными отделами определяли с помощью ANOVA с последующим *post hoc* сравнением ($p < 0,05$).

Проведенные исследования показали значительную вариабельность уровня pH на протяжении желудочно-кишечного тракта у различных видов рыб. В таблице (см. ниже) для желудков наряду со средними значениями представлены минимальные и максимальные показатели. Наибольший разброс в уровнях pH отмечен в желудке: от 1,54 у белого хариуса до 7,97 у байкальского омуля.

У рыб с пилорическими придатками уровень pH в них по сравнению с таковым желудка повышался. Далее в кишечнике этих рыб отмечены более высокие значения pH, однако различия по сравнению с аналогичными показателями в пилорических придатках не всегда достоверны. Для большинства видов рыб не отмечено достоверных различий в уровнях pH в разных отделах кишечника кроме байкальского омуля, серебряного караса, плотвы и ельца.

Значения pH в пищеварительном тракте рыб (среднее ± ошибка среднего)

Вид рыб	Водоём	Отдел желудочно-кишечного тракта						Среднее в клеточнике
		Желудок	Пилорические придатки	Отрезок кишечника			3	
				1	2	3		
<i>Esox lucius</i>	оз. Чаны	6,2 (4,65–6,84)	–	6,23±0,07	6,19±0,05	6,27±0,09	6,23±0,07	
	оз. Чаны	4,16 (2,7–7,34)	6,67±0,07	6,59±0,05	6,67±0,05	6,67±0,04	6,64±0,05	
<i>Perca fluviatilis</i>	оз. Байкал	5,94 (3,41–7,59)	7,43±0,05	7,55±0,06	7,64±0,07	7,48±0,09	7,56±0,07	
	оз. Чаны	5,72 (4–7,3)	6,75±0,09	6,72±0,06	6,81±0,09	6,91±0,19	6,81±0,11	
<i>Carassius carassius</i>	оз. Чаны	–	–	6,97±0,09	7,00±0,11	7,18±0,18	7,04±0,13	
<i>C. gibelio</i>	оз. Чаны	–	–	6,84±0,03a	6,93±0,03b	6,84±0,03ab	6,87±0,03	
<i>Suiprinus carpio</i>	оз. Чаны	–	–	6,63±0,04	6,58±0,03	6,59±0,05	6,60±0,04	
<i>Leuciscus idus</i>	оз. Чаны	–	–	7,12±0,04	7,29±0,05	7,18±0,06	7,20±0,05	
<i>L. leuciscus</i>	оз. Чаны	–	–	7,18±0,05	7,40±0,07a	7,25±0,05	7,28±0,06	
	оз. Байкал	–	–	7,78±0,11a	8,31±0,09	8,26±0,12	8,11±0,1	
<i>Rutilus rutilus</i>	оз. Чаны	–	–	7,12±0,05	7,31±0,05a	6,97±0,04	7,14±0,04	
	оз. Байкал	–	–	7,41±0,13	7,34±0,11	7,33±0,27	7,36±0,17	
<i>Coregonus migratorius</i>	оз. Байкал	5,25/(2,22–7,97)	5,98/(2,22–7,83)	–	–	–	–	
	оз. Байкал	–	–	7,85±0,11a	7,90±0,11a	7,57±0,1b	7,77±0,1	
<i>Thymallus arcticus baicalensis brevipinnis</i>	оз. Байкал	4,41/(1,54–7,38)	5,90/(3,5–7,16)	7,09±0,09	7,42±0,1	7,46±0,1	7,44±0,11	

* – в скобках даны минимальные и максимальные значения; «(→)» – нет отдела

К настоящему времени накоплен значительный фактический материал, касающийся исследований значений рН в пищеварительном тракте различных видов рыб. На значения рН в пищеварительном тракте рыб может оказывать влияние множество факторов, таких как буферная емкость и состав пищи [5], строение желудка, время нахождения пищи в отделе пищеварительного тракта [6] и пр. Многими исследователями показана достоверная вариабельность значений рН для разных частей желудка и отделов кишечника. По сравнению с желудком в кишечнике отмечены различные варианты распределения значений рН. У *Tilapia nilotica* наблюдалось постепенное увеличение значений рН от первой части кишечника к последней [6], у *Dicentrarchus labrax* отмечена обратная зависимость [4], и, наконец, при исследовании трех видов растительноядных сомов не обнаружено различий между различными отделами кишечника [3].

Литература

1. Уголев А. М., Кузьмина В. В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 238 с.
2. Chakrabarti I., Gani Md. A., Chaki K. K., Sur R. Misra K. K. Digestive enzymes in 11 freshwater teleost fish species in relation to food habit and niche segregation // Comp. Biochem. Physiol A. 1995. Vol. 112 (1). P. 167–177.
3. Donovan G. P., Bittong. R. A. Digestive enzyme activities and gastrointestinal fermentation in wood-eating catfishes // J. Comp. Physiol B. 2009. Vol. 179. P. 1025–1042.
4. Lobel P. S. Trophic biology of herbivorous reef fishes: alimentary pH and digestive capabilities // J. Fish Biol. 1981. Vol. 19. P. 365–397.
5. Moriarty, D.J.W. The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica* // J. Zool. 1973. Vol. 171. P. 25–39.
6. Page J. W., Andrews J. W. Murai T., Murai M. W. Hydrogen ion concentration in the gastrointestinal tract of channel catfish // J Fish Biol. 1976. Vol. 8. P. 225–228.
7. Eshel A., Lindner P., Smirnoff P., Newton S., Harpaz S. Comparative study of proteolytic enzymes in the digestive tracts of the european sea bass and hybrid striped bass reared in freshwater // Comp. Biochem. Physiol A. 1993. Vol. 106 (4). P. 621–634.

PHYSIOLOGICAL VALUES OF PH IN FISH'S GUT FROM DIFFERENT LAKES

M. M. SOLOVYEV¹, D. A. KOSTYAKOVA^{1,2}, E. N. KASHINSKAYA¹

¹Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk

²Novosibirsk Teachers' Training University, Novosibirsk

Summary. The present work shows information about distribution of pH values along fish gut. The acid pH values were registered in stomachs while neutral and slightly alkaline values noted in pyloric caecae and intestines.

АНТИГЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИРУСОВ ГРИППА А И В, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ДЕТЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В ЭПИДЕМИЧЕСКИЙ СЕЗОН 2013–2014

П. А. СУДЕНКОВА

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,

Санкт-Петербург

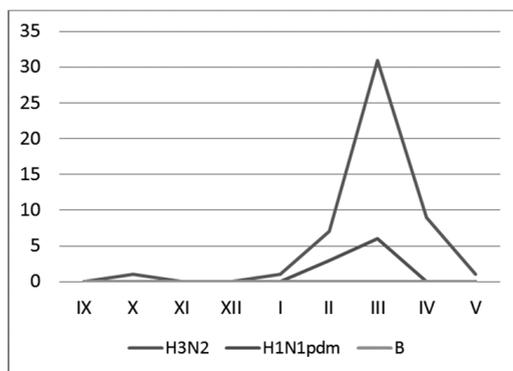
E-mail: suddenkovapolina@gmail.com

Острые респираторные вирусные инфекции занимают первое место в этиологической структуре общей заболеваемости населения и вызываются представителями

разных семейств – ортомиксовирусы, парамиксовирусы, коронавирусы, боковирусы, РС-вирусы, аденовирусы. Большинство из них характеризуются тяжелым течением заболевания и высокой контагиозностью. Наиболее значимыми среди них являются ортомиксовирусы и парамиксовирусы, которые вызывают острые инфекции верхних и нижних отделов дыхательных путей: ларингиты, трахеиты, бронхиты, бронхолиты и пневмонии.

Эпидемический сезон по гриппу в Санкт-Петербурге 2013–2014 гг. отличался малой интенсивностью. На 01.05.14 было проанализировано 842 материала из детских медицинских учреждений г. Санкт-Петербурга (ДИБ № 4, ДИБ № 5). Забор материалов производили в период вспышек гриппоподобных заболеваний в коллективах детей на ранних стадиях инфекции в первые три дня болезни.

В результате работы с данными материалами по данным ПЦР-диагностики было выявлено присутствие 100 новых штаммов вирусов гриппа (H3N2 – 78, H1N1 – 10, типа В – 8, типа А – 4). Далее при выделении вирусов гриппа из ПЦР-положительных материалов на клеточной системе МДСК и на куриных эмбрионах были получены 59 штаммов вирусов гриппа, из которых доминируют штаммы гриппа H3N2 – 50, H1N1pdm – 9, вирусов гриппа В выделено не было.



Выделение вирусов гриппа в различные месяцы в эпидемическом сезоне 2013–2014 гг.

Пик заболеваемости, а также выделения вирусов гриппа пришелся на март – апрель 2014 г.

Вместе с вирусами гриппа были выявлены сопутствующие ОРЗ-инфекции в 500 пробах из 842. Из них 42,8 % – РС-вирусы (214), 14,4 % – вирус парагриппа 1 и 3 типа (63), 20 % – риновирусы (100), 6,6 % – коронавирусы (33), 4,2 % – метапневмовирус (21), 2,6 % – аденовирусы (13), 2,2 % – боковирусы (11). Часто у пациентов наблюдались смешанные ОРВИ, в их носовых смывах ПЦР-диагностика выявляла присутствие нескольких разных вирусов.

Работа проводится на базе лаборатории эволюционной изменчивости вирусов гриппа в ФГБУ «НИИ гриппа» МЗ РФ.

ANTIGENIC DIVERSITY OF INFLUENZAVIRUSES A AND B, ISOLATED FROM CHILDREN IN ST. PETERSBURG IN 2013-2014 EPIDEMIC SEASON

P. A. SUDDENKOVA

Summary. Epidemic season this year is characterized by low intensity. Was allocated 59 strains of influenza viruses. Dominated type H3N2 – 50 strains.

ВЛИЯНИЕ ГЛИАЛЬНОГО НЕЙРОТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА (GDNF) НА УРОВЕНЬ мРНК ГЕНОВ АПОПТОЗА Bax И Bcl-xl В МОЗГЕ МЫШЕЙ С ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ПАТОЛОГИЧЕСКОМУ ПОВЕДЕНИЮ

А. С. ЦЫБКО, Т. В. ИЛЬЧИБАЕВА

Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск

E-mail: antoncybko@mail.ru

GDNF (glial cell line-derived neurotrophic factor), как и другие нейротрофические факторы, обладает способностью подавлять процессы апоптоза. В то же время ничего неизвестно про антиапоптотическую активность GDNF *in vivo*. В работе исследован эффект центрального введения GDNF на уровень мРНК генов проапоптотического белка Bax и антиапоптотического белка Bcl-xl в мозге мышей линии ASC, характеризующихся генетической предрасположенностью к депрессивно-подобному поведению, и «недепрессивной» родительской линии CBA. Показано, что инъекция GDNF приводит к увеличению уровня мРНК гена Bcl-xl в гиппокампе мышей обеих линий, а также мРНК гена Bax в гиппокампе мышей ASC. Также выявлены существенные межлинейные различия в уровне мРНК генов Bax и Bcl-xl. Было показано, что у мышей линии ASC существенно повышен уровень мРНК гена Bax во всех исследованных структурах, а также мРНК гена Bcl-xl в среднем мозге. Таким образом, мы обнаружили антиапоптотический эффект GDNF *in vivo*. Кроме того, результаты указывают как на активацию процессов апоптоза у мышей ASC, так и на существенные компенсаторные изменения, вероятно направленные на повышение у них порога нейронального апоптоза.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 14-25-00038.

THE EFFECT OF GLIAL CELL-LINE DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR (GDNF) ON MRNA LEVEL OF APOPTOTIC GENES BAX AND BCL-XL IN BRAIN OF MICE GENETICALLY PREDISPOSED TO PATHOLOGICAL BEHAVIOR

A. S. TSYBKO, T. V. ILCHIBAEVA

Institute of Cytology and Genetics, Siberian Division of the Russian Academy of Science, Novosibirsk

Summary. We investigated the effects of GDNF central administration on mRNA level of pro-apoptotic protein Bax and anti-apoptotic protein Bcl-xl in brain of mice ASC strain, genetically predisposed to depressive-like behavior, and parental “nondepressive” CBA strain. It was found that GDNF injection lead to increase of Bcl-xl mRNA level in hippocampus of mice both strains, and also Bax mRNA level in hippocampus of ASC mice. Moreover, we found significant interstrain differences in

Bax and Bcl-xl mRNA levels. The Bax mRNA level was increased in all investigated brain structures of ASC mice, and Bcl-xl mRNA level was increased in midbrain. Thus, we showed anti-apoptotic effect of GDNF in vivo. Furthermore, the results indicate both activation apoptosis processes in brain ASC mice and significant compensatory changes probably directed on elevation of the threshold for neuronal apoptosis.

РЕПАРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНЯНОГО МАСЛА ПРИ АЛКОГОЛЬНОМ ГАСТРИТЕ

М. Ю. ВАЖНОВА¹, А. С. ГЕРАСИНА¹, К. С. МАКСИМОВА¹,
С. В. ШУМИЛОВА¹, П. Н. КРАВЧЕНКО², Н. В. БАТУЛИНА¹

¹Тверская государственная медицинская академия

²Тверской государственной университет

E-mail: pavel-tversu@yandex.ru

Цель исследования – оценить репаративные свойства льняного масла в лечении алкогольного гастрита.

Материалы и методы. Эксперименты были выполнены на 6 половозрелых белых крысах-самцах, массой 200±10,0 г. До опыта животные находились на обычном рационе вивария. Как этанол, так и льняное масло, вводили через зонд (утром – этанол, вечером – льняное масло) в объеме 10 мл каждый в течение 30 дней. Из них 2 крысы получали только алкоголь и 3 крысы комплекс алкоголь + льняное масло. Получение гистологического препарата получалось по стандартным методикам, принятым в гистологической практике. Производился забор части органа и помещался в раствор формалина (по Лили). Далее по истечении 48 часов материал вымачивался в батарее спиртов и переходил на стадию формирования срезов. Морфологические исследования проводились путем изучения поперечных гистологических срезов пилорической части стенки желудка, основное внимание уделялось слизистой оболочке желудка. Готовились серийные и серийно-ступенчатые срезы толщиной от 5 до 20 мкм, которые окрашивались гематоксилин-эозином по Ван-Гизон. Оценка выраженности морфологических изменений слизистой оболочки желудка проводилась при помощи визуально-аналоговой шкалы, предложенной модифицированной классификацией Сиднейской системы. Здесь определяли инфильтрацию нейтрофилами собственной пластинки слизистой оболочки, хроническое воспаление.

Результаты. При воздействии только алкоголя над лимфоидными узелками обнажающаяся в просвет стромы состоит из коллагеновых волокон, между которыми находится большое количество лимфоцитов и нейтрофильных лейкоцитов. При разрушении покровного эпителия слизистой характерна инфильтрация лимфоцитами исключительно покровно-ямочного эпителия. Увеличение количества лейкоцитов отмечается не только в области верхушек складок, но и в бороздах между ними. Лимфоциты из лимфоидных узелков мигрируют к просвету желудка и в большом количестве скапливаются непосредственно под покровным эпителием. При изучении слизистой оболочки малой кривизны и пилорической части желудка особей в результате воздействия алкоголя в комплексе с льняным маслом выявлены скопления лейкоцитов, но в меньшем объеме, чем

у особей, которым вводили этанол. Нарушения покровного эпителия прослеживаются, но в меньшей степени (не более 31 %), чем у вышеназванных особей.

Выводы. Льняное масло обладает возможностями репарации покровных тканей желудка. Необходим более длительный хронический эксперимент для формирования полной картины действия этанола и льняного масла

REPARATIVE PROPERTIES OF LINSEED OIL AT ALCOHOLIC GASTRITIS

M. YU. VAZHNOVA¹, A. S. GERASINA¹, K. S. MAKSIMOVA¹,
S. V. SHUMILOVA¹, P. N. KRAVCHENKO², N. V. BATULINA¹

¹Tver State Medical Academy, Tver

²Tver State University, Tver

Summary. This article evaluated the reparative properties of linseed oil in acute alcoholic gastritis.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АКТИВНОСТЬ РИАНОДИН- ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО КАЛЬЦИЕВОГО КАНАЛА И КАЛЬЦИЕВУЮ ДИНАМИКУ В КАРДИОМИОЦИТАХ В РАМКАХ ЭЛЕКТРОННО-КОНФОРМАЦИОННОЙ ТЕОРИИ

Б. Я. Япаров¹, А. С. Москвин^{1,2}, А. М. Рывкин^{1,2}

¹ Уральский федеральный университет, Екатеринбург

² Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: ybogdan@yandex.ru

Динамика внутриклеточного кальция (Ca^{2+}) лежит в основе функционирования сердечных клеток, являясь центральным звеном в электромеханическом сопряжении в рабочих кардиомиоцитах и формировании сердечного ритма в клетках синусно-предсердного узла.

Недавние эксперименты по изучению процесса кальциевой динамики в клетках водителей ритма [3] показали, что в отсутствие стимуляции со стороны мембранных токов наблюдались спонтанные периодические высвобождения Ca^{2+} из изолированных цистерн саркоплазматического ретикулума (СР). Данные локальные высвобождения (Ca^{2+} «часы») взаимодействуют с внешними колебаниями напряжения (мембранными «часами»). Самосогласованное взаимодействие внешнего и внутреннего осцилляторов обеспечивает надежность работы ритмоводителей в достаточно широком диапазоне динамических параметров.

Эксперименты по исследованию влияния температуры на выброс кальция из СР [4] и зависимости проводимости и активности рианодин-чувствительного кальциевого канала в кардиомиоцитах (RyR2) от температуры [5] указывают на уменьшение вероятности открытия RyR2 и линейный рост проводимости канала при увеличении температуры.

Задачей нашего исследования является введение температурного фактора в электронно-конформационную модель (ЭКМ) [2], описывающую стохастическую динамику RyR2 и изучение модели высвобождающей единицы (ВЕ) [1].

ЭКМ предполагает существование двух степеней свободы ионного канала: электронной (быстрой) и конформационной (медленной).

ВЕ включает в себя:

- кластер взаимодействующих RyR-каналов, динамика которых является стохастической;
- люмен СР;
- диастолическое пространство между СР и мембраной.

В данной работе рассматривались два механизма влияния температуры:

1. Вероятность электронного перехода являлась функцией от температуры.
2. Кальциевые потоки являлись функциями от температуры.

В результате серии компьютерных экспериментов по изучению автоволновой Ca^{2+} динамики ВЕ было выяснено, что учет только фактора (2) при изменении температуры не приводит к существенным изменениям автоволновой динамики ВЕ, в то время как учет обоих факторов с увеличением температуры приводит к уменьшению амплитуды кальция в цитозоли и увеличению частоты колебаний, а уменьшение температуры нарушает автоволновую динамику ВЕ.

Исследования поддержаны Программой повышения конкурентоспособности ведущих университетов РФ (постановление Правительства РФ № 211 от 16 марта 2013 г.).

Литература

1. Рывкин А. М. [и др.]. Моделирование автоволновой кальциевой динамики в кардиомиоцитах в рамках электронно-конформационной теории // Доклады академии наук. 2012. Т. 444. № 5. С. 1–8.
2. Fu Y. [et al.]. Temperature dependence and thermodynamic properties of Ca^{2+} sparks in rat cardiomyocytes // J. Biophys. 2005. Vol. 89. P. 2533–2541.
3. Maltsev V. A., Lakatta E. G. Synergism of coupled subsarcolemmal Ca^{2+} clocks and sarcolemmal voltage clocks confers robust and flexible pacemaker function in a novel pacemaker cell model // Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2009. Vol. 296. P. 594–615.
4. Moskvina A. S. [et al.]. Electron-conformational model of ryanodine receptor lattice dynamics. // Progress in Biophysics and Molecular Biology January. 2006. Vol. 90. P. 88–103.
5. Sitsapasan R. [et al.]. Sheep cardiac sarcoplasmic reticulum calcium-release channels: modification of conductance and gating by temperature // J. Physiol. 1991. Vol. 434. P. 469–488.

MODIFICATION OF RYANODINE-SENSITIVE CALCIUM RELEASE CHANNELS GATING AND CALCIUM DYNAMICS IN CARDIOMYOCYTES BY TEMPERATURE IN ELECTRON-CONFORMATIONAL THEORY

B. YA. YAPAROV^{1, 2}, A. S. MOSKVIN^{1, 2}, A. M. RYVKIN^{1, 2}

¹ Ural Federal University, Yekaterinburg

³ Institute of Immunology and Physiology UB RAS, Yekaterinburg

Summary. We took into account a temperature in an Electron-Conformational Model of SR-based Ca^{2+} Clock (ECM Clock). The results of modelling of ECM Clock show that higher temperature gives lower amplitude of cytosolic Ca^{2+} and higher frequency of oscillations and lower temperature destroys ECM Clock.

ЧАСТЬ 6. ОБЩАЯ, ПОПУЛЯЦИОННАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА

РОЛЬ ГЕНОВ СЕМЕЙСТВА *HSM* ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В ПРОЦЕССАХ МОДИФИКАЦИИ И РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ХРОМАТИНА

А. Ю. Черненко, Д. В. Федоров, Т. А. Евстюхина, Т. Н. Кожина, В. Г. Королев
Петербургский институт ядерной физики, Гатчина
E-mail: ancher@omrb.pnpi.spb.ru

В нашей лаборатории получена коллекция мутантов *hsm* дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Мутанты *hsm2*, *hsm3* и *hsm6* характеризуются повышенным уровнем спонтанного мутагенеза, однако не проявляют чувствительности к летальному действию различных физических и химических агентов, повреждающих ДНК. Мутант *him1* отличается повышенным уровнем УФ-индуцированного мутагенеза и фенотипически сходен с мутантом *hsm3*. Изначально продукты генов *HSM2* и *HSM3* были отнесены к белкам, принимающим участие в работе системы коррекции ошибочно спаренных оснований (КОСО, мисматч-репарация) у дрожжей-сахаромицетов; продукт гена *HSM6* был отнесен к семейству вспомогательных ДНК-полимераз; функции белка *Him1* не известны до сих пор.

Наше исследование показало, что все указанные гены (*HSM2*, *HSM3*, *HSM6* и *HIM1*) не только принимают участие в контроле механизмов репарации ДНК и мутагенеза у дрожжей *S. cerevisiae*, но также регулируют работу белковых комплексов, отвечающих за процессы модификации и ремоделирования структуры хроматина у дрожжей.

Нами установлено, что продукт гена *HSM2* принадлежит к семейству хроматин-ассоциированных HMG-белков (от англ. High mobility group), вовлечен в процессы поддержания стабильности структуры хроматина, участвует в процессах транскрипции, являясь субъединицей PolII, и ассоциирован с ДНК-геликазой FrgI [неопубликованные данные].

Мы показали, что ген *HSM6* является аллелем гена *PSY4* [2]. Кодированный последним белок – Psy4p – является субъединицей комплекса Pph3-Psy2-Psy4, ответственного за дефосфорилирование гистона γ H2A. Белок Psy4 взаимодействует с Mec1p, Rad53p и Rad9p – главными белками, отвечающими за активацию чекпойнтной киназы Dun1, которая, в свою очередь, регулирует уровень пула дезоксирибонуклеотидтрифосфатов (ДНТФ), оказывая влияние на эффективность работы рибонуклеотидредуктазы (РНР). Одиночные мутанты *psy4(hsm6)* не отличаются по частоте возникновения мутаций, индуцированных УФ- и гамма-излучением, от контрольного штамма дикого типа. Однако двойные мутанты, несущие обе мутации (*hsm6* и *pph3*), резко (в 50–100 раз) повышают уровень индуцированного мутагенеза, что может говорить о влиянии мутаций в гене *HSM6* на стабильность хроматина [неопубликованные данные].

О функциях гена *HSM3* изначально было известно лишь, что он принимает участие в работе одной из систем КОСО у дрожжей и, предположительно, имеет шаперонную функцию. Нами было получено несколько мутантов по гену

HSM3. Их анализ показал, что Hsm3p имеет мультидоменную структуру [4]: N-концевой домен имеет сходство с белком Msh2 системы мисматч-репарации, центральная часть ответственна за взаимодействие с субъединицами протеасомы, а C-концевой домен отвечает за контроль спонтанного и индуцированного мутагенеза. Мутации в C-концевом домене не оказывают влияние на шаперонную функцию белка Hsm3p при взаимодействии с Rpt1, Rpt2, Rpt5 и Rpn1 субъединицами протеасомы. Анализ сверхэкспрессии белка Hsm3 показал корреляцию количества мутантного белка в клетке с ростом уровня спонтанного мутирования, без влияния на выживаемость клеток.

Мы показали, что Hsm3p принимает участие в контроле работы систем пост-репликативной и гомологичной рекомбинационной репарации [3, 5], а наличие мутаций в гене *HSM3* переключает репарационные ветви на склонный к ошибкам путь устранения повреждений. Мутации в гене *HSM3* приводят к дестабилизации D-петли и остановке ее процессирования. Более того, комбинация некоторых мутаций семейства *hsm* с мутациями по генам *RAD52* и *RAD54* приводит к существенному (на 150–250%) росту уровня индуцированного мутагенеза, 10-кратному падению выживаемости у двойных мутантов [неопубликованные данные] и 30–50% изменению уровня спонтанного мутагенеза [6]. Дальнейшее изучение указанных эффектов представляет интерес с точки зрения того, что недавно было установлено, что оба белка (*Rad52* и *Rad54*) имеют отношение не только к репарации ДНК, но и к ремоделированию структуры хроматина.

Мы также установили, что белок Hsm3p принимает участие в работе гистонацетилаферазного комплекса НАТ-В/NuB4, взаимодействуя с его субъединицами – *Nat1*, *Nat2* и *Hif1* [7]. Функционально белки Hsm3 и *Hif1* схожи и оказывают, меняя эффективность работы комплекса НАТ-В, влияние на уровень пула ДНТФ в клетке, что отражается на стабильности ДНК, эффективности репарационных процессов и последующем ремоделировании (восстановлении) структуры хроматина.

Мы показали, что белок Hsm3 взаимодействует с *Asf1p* – одним из основных чекпойнтных модификаторов и белков-сборщиков хроматина, и гистон-метилазой *Dot1* [неопубликованные данные]. Это позволяет предполагать, что Hsm3p прямо или косвенно может влиять на чекпойнт и процесс не только ацетилирования, но и метилирования гистонов у дрожжей. С белком *Sin3* – гистондеацетилазой, функциональным антагонистом *Nat1p* – белок Hsm3 не взаимодействует. Однако с *Sin3p* взаимодействует *Him1p*, причем фенотипы двойных мутантов *hsm3hat1* и *him1sin3* схожи. Более того, нами показано, что *Sin3p* также оказывает влияние на уровень пула ДНТФ в клетке [1].

Литература

1. Лебовка И. Ю., Кожина Т. Н., Федорова И. В., Пешехонов В. Т., Евстюхина Т. А., Черненко А. Ю., Королев В. Г. Гистон деацетилаза *Sin3* контролирует уровень спонтанного и УФ-индуцированного мутагенеза в дрожжах *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2014. Т. 50. № 1. С. 5–11.
2. Федоров Д. В., Ковальцова С. В., Евстюхина Т. А., Пешехонов В. Т., Черненко А. Ю., Королев В. Г. Ген *HSM6* идентичен гену *PSY4* дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2013. Т. 49. № 3. С.328–336.

3. Черненко А. Ю., Грачева Л. М., Евстюхина Т. А., Ковальцова С. В., Пешехонов В. Т., Федорова И. В., Королев В. Г. Взаимодействие гена *HSM3* с генами эпистатической группы *RAD6* у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2012. Т. 48. № 2. С. 160–167.

4. Черненко А. Ю., Иванова С. В., Ковальцова С. В., Грачева Л. М., Пешехонов В. Т., Федорова И. В., Королев В. Г. Генетический анализ доменной структуры белка Hsm3 дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2010. Т. 46. № 6. С. 742–749.

5. Черненко А. Ю., Федоров Д. В., Грачева Л. М., Евстюхина Т. А., Ковальцова С. В., Пешехонов В. Т., Федорова И. В., Королев В. Г. Взаимодействие гена *HSM3* с генами, инициирующими гомологичную рекомбинационную репарацию у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2012. Т. 48. № 3. С. 333–339.

6. Черненко А. Ю., Федоров Д. В., Косарева А. А., Кожина Т. Н., Королев В. Г. Изменение частот спонтанного мутагенеза при комбинациях мутаций *hsm3* и *hsm6* с мутацией *rad52* в клетках дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Генетика. 2014. Т. 50. № 2. С. 243–245.

7. Chernenkov A., Fedorov D., Kosareva A., Kozhina T., Evstiukhina T., Peshekhonov V., Korolev V. The role of *Saccharomyces cerevisiae* *HSM3* and *HSM6* genes in DNA repair, mutagenesis and chromatin modifications // FEBS Journal. 2013. Vol. 280 (Suppl. 1). P. 65.

THE ROLE OF *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* HSM-FAMILY GENES IN CHROMATIN REMODELING AND MODIFYING

A. YU. CHERNENKOV, D. V. FEDOROV, T. A. EVSTYUKHINA,
T. N. KOZHINA, V. G. KOROLEV

Petersburg Nuclear Physics Institute, Saint-Petersburg, Gatchina

Summary. Members of the *HSM*-family (*HSM2*, *HSM3*, *HSM6* and *HIM1* genes) take part as in DNA repair and mutagenesis, so in chromatin structure maintenance, modifying and remodeling. The protein products of mentioned genes have versatile roles in case of their multidomain structures. These proteins can affect genome stability because of their influence on dNTP pool in yeast cells and great mutability under the effects of DNA damaging agents.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ГЛОБОДЕРОЗУ ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

О. А. КУЗМИНОВА, С. Г. ВОЛОГИН, З. СТАШЕВСКИ, Е. А. ГИМАЕВА

Татарский НИИ сельского хозяйства, Казань

E-mail: KuzminovaOA.OK@gmail.com

Нематодные болезни картофеля широко распространены и значительно снижают не только урожайность культуры, но и товарные качества клубней, резко увеличивают отходы картофеля при хранении. К наиболее распространенным и вредоносным фитогельминтозам картофеля относится глободероз, вызываемый золотистой нематодой (*Globodera rostochiensis* Woll и *Globodera pallida*). Ущерб, причиняемый картофельной нематодой, при сильном заражении может достигать 85–90 %. В Европе и в России цистообразующие нематоды, поражающие картофель, имеют статус карантинных патогенов [9]. На территории России распространена только золотистая картофельная нематода патотипа Ro1. По данным карантинной службы, *G. rostochiensis* зарегистрирована в 56 регионах РФ на площади более 53 тыс. га [1].

Химические средства защиты против цистообразующих нематод малоэффективны. Кроме того, эти почвообитающие патогены даже в отсутствие растения-хозяина не утрачивают инфекционности несколько десятилетий. Наиболее перспективный и экономически оправданный метод защиты картофеля от глободероза – создание нематодоустойчивых сортов [4].

Методы ДНК-генотипирования и использование молекулярных маркеров позволяют ускорить перенос хозяйственно ценных генов в процессе селекции и обеспечить создание новых сортов с целым комплексом заданных свойств [6].

Целью работы являлось изучение селекционного материала картофеля на наличие молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к *G. rostochiensis* Woll.

Материалы и методы. Объектом исследований служили растения картофеля 66 сортообразцов и 278 селекционных номеров четырех комбинаций скрещивания.

Листовые пробы растений были отобраны во время вегетации в полевых условиях. Тотальную геномную ДНК выделяли при помощи набора «ДНК-сорб-С» (ЦНИИЭ, Россия) согласно инструкции производителя. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили на амплификаторе Mastercycler Gradient (Eppendorf, Германия). Для оценки исследуемого материала на наличие генов устойчивости картофеля использовали молекулярный маркер TG689, сцепленный с геном H1, и Gro1-4, сцепленный с геном Gro1(1-4). Режимы проведения ПЦР соответствовали работам [7, 8]. Анализ на устойчивость растений картофеля к золотистой цистообразующей нематоды проводился в ГНУ ВНИИКХ им. А. Г. Лорха. Литературные данные по устойчивости сортов картофеля к нематоды взяты из [2, 3, 10]

Результаты. Молекулярно-генетический анализ коллекционного материала картофеля на наличие гена H1, связанного с устойчивостью к *G. rostochiensis*, показал наличие связанного с ним маркера TG689 у 55% изученных образцов (25 сортов и 11 сложных межвидовых гибридов). Маркер Gro1-4 встречался гораздо реже – он был обнаружен только у 17% образцов (10 сортов и 1 гибрид). Особый интерес представляли сорта, обладающие комбинацией данных фрагментов ДНК: Елизавета, Живица, Оксания, Роко, Уладар, Франзи, а также образцы, несущие маркер гена Gro1(1-4) (Ароза, Ред стар, Фреско, Хилта). Сорта Живица, Уладар, Сантэ, Журавинка, Ветразь и Одиссей были ранее описаны в работе [5].

Сравнение результатов молекулярного скрининга с литературными данными по устойчивости к нематоды показало, что из 25 сортов, содержащих маркер гена H1, 20 имели резистентность к нематоды и два из них были слабовосприимчивы к данному патогену, что может объясняться неполным проявлением признака устойчивости. Из 10 сортов, несущих маркерный фрагмент Gro1-4, все были устойчивы. Также было выявлено четыре сорта, которые не обладали ни одним из исследуемых маркеров, но при этом имели устойчивость. Можно предположить, что резистентность данных образцов не связана с генами H1 и Gro1(1-4).

В дальнейшем был проведен генетический анализ наследования молекулярных маркеров в потомстве от анализирующего скрещивания со сложным межвидовым гибридом 50-03, не имеющим молекулярных маркеров TG689 и Gro1-4 и не устойчивым к *G. rostochiensis*. Скрининг гибридных популяций на наличие маркера гена H1 показал, что в комбинациях Живица × 50-03, Виктория × 50-03,

Блакит × 50-03 и Дубрава × 50-03 относительное количество образцов, несущих данный маркерный фрагмент, составило 48, 48, 51 и 62 % соответственно. Распределение генотипических классов статистически не отличалось от соотношения 1:1 ($p > 0,05$). Это свидетельствовало о том, что генотипы сортов Живица, Виктория, Блакит и Дубрава характеризуются наличием одного доминантного аллеля гена H1.

Также был осуществлен анализ наследования ДНК-маркера Gro1-4 в комбинации Живица × 50-03. Количество образцов, несущих данный фрагмент ДНК, составило 46 %. Расщепление на генотипы, обладающие маркером Gro1-4 и не имеющие его, также соответствовало соотношению 1:1 ($p > 0,05$), что говорит о наличии в генотипе сорта Живица одного доминантного аллеля гена Gro1(1-4). Комбинацией обоих маркерных фрагментов обладали 18 % образцов данной гибридной популяции.

Для определения информативной ценности маркеров TG689 и Gro1-4 гибриды комбинации Живица × 50-03 были оценены на устойчивость к золотистой картофельной нематодой.

При изучении 28 образцов было обнаружено 23 устойчивых и 5 восприимчивых гибридов. Из 23 устойчивых образцов 13 содержали ген H1, 10 – Gro1(1-4). Также было выявлено 5 поражаемых нематодой образцов, несущих маркерный фрагмент TG689, что может говорить о более низкой информативности данного маркера по сравнению с Gro1(1-4).

Закключение. Выявлено 11 образцов, несущих ген Gro1(1-4), а также 36 образцов, обладающих геном H1. Генетический анализ показал, что молекулярные маркеры TG689 и Gro1-4 наследуются стабильно, что подтверждается образованием теоретически ожидаемого расщепления. Выявлено 9 гибридов, содержащих комплекс генов Gro1(1-4) и H1. Показана более высокая информативность маркера Gro1-4 по сравнению с ДНК-маркером TG689.

Литература

1. Анисимов Б. В. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.
2. Анисимов Б. В. Сорта картофеля, возделываемые в России. М.: Агроспас, 2013. С. 26–127.
3. Бобрин А. О. Бульба белорусская: энциклопедия. Минск, 2008. 382 с.
4. Ермакова Л. В. Эффективность применения нематоустойчивых сортов и препарата перкальцит для снижения инвазии золотистой картофельной нематоды в почве // Сб. науч. тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та им. А. Г. Лорха. М., 2006. С. 263–267.
5. Павлючук Н. В. Поиск источников устойчивости картофеля к цитцообразующей нематодой *Globodera rostochiensis* Woll. с помощью молекулярных маркеров // Картофелеводство: сб. науч. тр. 2010. Т. 18. С. 166–175.
6. Сиволап Ю. М. Исследование молекулярно-генетического полиморфизма сортов *Triticum aestivum* L. с помощью RAPD- и SSRP-анализа // Генетика. 1999. Т. 35. № 7. С. 1665–1673.
7. Galek R. Application of DNA markers linked to the potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of *Globodera rostochiensis* // Appl. Genet. 2011. Vol. 52. № 4. P. 407–411.
8. Skupinova S. Segregation of DNA Markers of Potato (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* L.) Resistance against Ro1 Pathotype *Globodera rostochiensis* in Selected F1 Progeny // Rost. Vyroba. 2002. Vol. 48. № 11. P. 480–485.

9. Stone A. R. *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode // *Nematologica*. 1973. Vol. 18. № 4. P. 591–606.

10. The European cultivated potato database [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.europotato.org> (дата обращения: 10.07.2014).

POTATO RESISTANCE SOURCES TO ROOT CYST NEMATODE GLOBODERA ROSTOCHIENSIS WOLL SEARCHING WITH MOLECULAR MARKERS

O. A. KUZMINOVA, S. G. VOLOGIN, Z. STASHEVSKI, E. A. GIMAEVA

Tatar Research Institute of Agriculture, Kazan

Summary. Results of potato resistance sources to root cyst nematode *Globodera rostochiensis* Woll searching with molecular markers linked to resistance genes are presented. Genetic analysis of molecular markers TG689 and Gro1-4 inheritance was determined, as well as their informative value was conducted.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТЮЛЬПАНА ПОНИКАЮЩЕГО *TULIPA PATENS* (LILIACEAE) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

П. О. МАМАЕВА

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: polina-2maeva@mail.ru

Тюльпан поникающий *Tulipa patens* C.Agardh ex Schult. et Schult – редкий исчезающий вид, занесенный во многие Красные книги, произрастает в виде небольших изолированных популяций. В связи с этим изучение генетического разнообразия этого вида является чрезвычайно актуальным.

Методом изоферментного анализа были изучены 7 природных популяций тюльпана поникающего, произрастающих на Южном Урале, в краевой части ареала: две популяции из Оренбургской области (Халилово и Суундук), три популяции из Республики Башкортостан (Абзаноно, Аркаим Сибай и старый Сибай), одна – из Челябинской области (Кизильское). Для сравнения исследовали популяцию из основной части ареала близ города Караганда (Казахстан). Для обработки использована программа PopGen32.

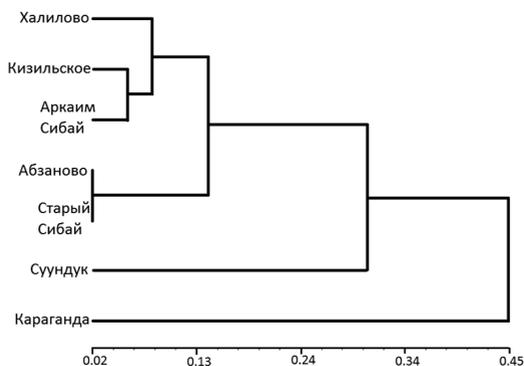
По шести ферментным системам было обнаружено 32 аллельных варианта, находящихся под контролем семи локусов. Все локусы оказались полиморфными, количество аллелей на локус варьировало от 2 до 7. Были рассчитаны частоты аллелей и 12 из них оказались редкими.

Процент полиморфных локусов в популяциях *T. patens* варьировал от 57,14 до 85,71 %, для вида в целом составил 100 %. В среднем показатели наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности для всех популяций составили $H_0 = 0,21$ и $H_e = 0,41$, т. е. наблюдали дефицит гетерозигот. Это подтвердили и значения коэффициентов инбридинга Райта: коэффициент инбридинга особи относительно выборки (F_{IS}) был равен 0,216, а коэффициент инбридинга особи относительно всего вида в целом (F_{IT}) составил 0,537. Коэффициент инбридинга популяции относительно всего вида (F_{ST}) в среднем составил 0,409, т. е. 41 % приходится на межпопуляционную изменчивость. Эффективное число аллелей (N_e) в среднем было равно 1,907.

Возможно причиной низкой гетерозиготности *T. patens* является то, что Южный Урал является краевой частью ареала данного вида, в которой популяции могли пройти через бутылочное горлышко, или влияние оказал эффект основателя.

Максимальные ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготность (соответственно 0,387 и 0,383) и индекс Шеннона I (0,676) обнаружены нами в популяции Старый Сибай, где *T. patens* контактирует с *T. beibersteiniana* и, по-видимому, гибридизирует.

Используя коэффициенты генетической дистанции Неи, была проведена количественная оценка степени близости между исследованными популяциями *T. patens*. Популяция из Караганды на дендрограмме заняла обособленное положение (см. рис.). Это связано с географической удаленностью данной популяции.



Дендрограмма, построенная методом UPGMA на основе генетической дистанции Неи, показывающая степень генетической дифференциации между популяциями *T. patens*

Таким образом, на Южном Урале, являющемся краевой частью ареала, формируются популяции *T. patens*, несущие большое количество редких аллелей, характеризующиеся достаточно низким генетическим разнообразием и значительным дефицитом гетерозигот. Изолированность популяций приводит к их высокой генетической подразделенности.

Исследования поддержаны грантом Российского фонда фундаментальных исследований 13-04-01458.

GENETIC DIVERSITY IN POPULATIONS OF *TULIPA PATENS* IN THE SOUTHERN URALS

Р. О. МАМАЕВА

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. Seven natural populations of *T. patens* C.Agardh ex Schult. et Schult. were studied using allozyme analysis. The percentage of polymorphic loci (P) ranged from 57.14 to 85.71 %. Indicators of observed and expected heterozygosity amounted $H_0 = 0.21$ and $H_e = 0.41$. Inbreeding coefficient of the population with respect to the entire species (F_{ST}) was 0.409. Using the coefficient of Nei genetic distance method UPGMA dendrogram was constructed, which reflects the degree of genetic differentiation between populations of *T. patens*.

ДНК-АНАЛИЗ ОТЦОВСТВА У СТЕРХОВ (*GRUS LEUCOGERANUS PALLAS*) ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОСЕМЕНЕНИИ

Е. А. Мудрик

Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва

E-mail: mudrik@vigg.ru

Искусственное осеменение является одним из методов повышенной продуктивности разведения редких видов животных. В искусственной популяции исчезающего эндемика России, одного из редчайших в мире вида журавлей – стерха (*Grus leucogeranus* Pallas) – искусственное осеменение применяется для увеличения количества птенцов, повышения генетического разнообразия и устранения инбридинга в потомстве путем скрещивания неродственных особей, а также для размножения травмированных и импринтированных птиц. Эффективность искусственного осеменения достигается многократным введением спермы разных самцов с интервалом в 2–3 дня в клоаку самки в период откладывания яиц. При этом биологическое отцовство птенцов, рожденных в результате искусственного осеменения, достоверно неизвестно, поскольку сперматозоиды птиц, в том числе журавлей, способны сохранять жизне- и конкурентоспособность в половых путях самки в течение нескольких суток. Формально отцом птенца считается самец, осеменение спермой которого было произведено за 2–3 дня до откладки оплодотворенного яйца.

С применением 10 полиморфных микросателлитных локусов (*Gpa-12*, *Gpa-32*, *Gpa-38*, *Gpa-39*, *Gram-22*, *Gram-30*, *Gj-M15*, *Gj-M34*, *Gj-M8*, *Gj-2298*) нами был проведен ДНК-анализ отцовства для 64 птиц, полученных с помощью искусственного осеменения в Питомнике редких видов журавлей Окского государственного природного биосферного заповедника, где содержится единственная в России искусственная популяция стерха. Для 30 особей было подтверждено отцовство самцов, являющихся последними в графиках осеменений, тогда как отцовство 28 стерхов принадлежало самцам, сперма которых сохранялась в половых путях самок от 4 до 17 суток. Отцами шести птиц были установлены брачные партнеры самок, не участвовавшие в искусственном осеменении, но считавшиеся неспособными к самостоятельному спариванию (травмированные и импринтированные на человека самцы).

PATERNITY ANALYSIS IN THE SIBERIAN CRANE, *GRUS LEUCOGERANUS PALLAS*, UNDER ARTIFICIAL INSEMINATION

E. A. MUDRIK

Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow

Summary. Using 10 polymorphic microsatellite loci (*Gpa-12*, *Gpa-32*, *Gpa-38*, *Gpa-39*, *Gram-22*, *Gram-30*, *Gj-M15*, *Gj-M34*, *Gj-M8*, *Gj-2298*), paternity of 64 individuals of the Siberian crane obtained under multiple artificial insemination has been analyzed. DNA-analysis revealed 30 and 34 cases of correct and wrong paternities, correspondently. Paternities of 28 birds belonged to the sires whose spermatozoa kept survival into the dam's reproductive ducts during 4–17 days. In 6 cases paternities were established for imprinted and injured breeding partners of the females.

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *LARIX SIBIRICA* LEDEB. НА УРАЛЕ СПОМОЩЬЮ SSR-МАРКЕРОВ

Ю. С. НЕЧАЕВА, Е. В. ЧУМАК, М. Ю. АНДРИЯНОВА

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: yulianechaeva@mail.ru

Для сохранения и рационального использования лесных ресурсов необходимо глубокое изучение их генофондов. Одним из инструментов изучения генетических процессов являются молекулярно-генетические маркеры [2]. Особенно большое значение их использование приобрело у лесообразующих видов хвойных растений, которые обладают большим периодом онтогенеза, что затрудняет применение традиционных генетических методов [3]. Одними из ценных и широко распространенных хвойных видов растений России являются виды рода *Larix* Mill, имеющие огромное экологическое и экономическое значение. На Урале род *Larix* представлен лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающей как в горных, так и в равнинных областях региона.

Целью данной работы явился анализ генетического разнообразия и структуры популяций лиственницы сибирской, произрастающей в равнинных и горных районах Урала, с помощью микросателлитных маркеров ядерной ДНК.

Объектами исследования служили выборки из 4 популяций *L. sibirica*, две из которых (Ls_1 и Ls_2) расположены в горах Северного Урала на высоте 500–900 м над уровнем моря, а две другие (Ls_3 и Ls_4) на равнинном плато (200–250 м над уровнем моря). Выделение тотальной ДНК проводилось из хвои с помощью СТАВ-метода [4]. Рабочая концентрация ДНК составляла 10 нг/мкл. Для амплификации 10 микросателлитных локусов мы использовали праймеры, разработанные и протестированные для лиственницы европейской в работе С. Вагнер с соавторами, где данные локусы показали себя как высокоинформативные для *L. decidua* и ряда других видов лиственницы [5]. Для проведения ПЦР использовался набор Qiagen Multiplex PCR Kit (Qiagen), реакционная смесь содержала 2x Multiplex Mix, 0,2 мкМ каждого праймера и 10 нг геномной ДНК. Прямые праймеры несли флюорисцентную метку. Капиллярный электрофорез проведен на секвенаторе GenomeLab GeXP (Beckman Coulter) в лаборатории отдела исследований генома Федерального научно-образовательного центра лесов, опасных природных явлений и ландшафта (BFW, г. Вена, Австрия). Компьютерный анализ полученных данных произведен с помощью программного обеспечения GenomeLab GeXP. Анализ генетического разнообразия и структуры популяций проведен в программе GenAlEx 6.5 и в пакете AMOVA (Analysis of Molecular Variance).

В результате молекулярно-генетического анализа 10 ядерных микросателлитных локусов *L. sibirica* установлено, что все исследованные локусы оказались полиморфными. У изученных локусов число выявленных аллелей варьировало от 6 до 26 (табл. 2). Всего при анализе 4 выборок было выявлено 116 аллельных вариантов микросателлитных локусов. Около 62 % выявленных аллелей оказались общими для всех выборок, а остальные 38 % уникальными. Анализ основных показателей генетического разнообразия (табл. 1) показал, что более высоким аллельным разнообразием ($N_A = 8.000$) характеризовалась популяция Ls_1, расположенная в горах Северного Урала. В целом основные показатели генетического

разнообразия популяций достаточно высоки, и эти данные согласуются с таковыми, приведенными в работах по изучению различных видов лиственниц Сибири, Дальнего Востока и Монголии с применением микросателлитных ядерных маркеров и изоферментов [1, 3]. Все изученные нами популяции *L. sibirica* обнаружили дефицит гетерозиготных генотипов. Наиболее высокие значения индекса фиксации (F) выявлены также у популяции Ls_1, а наименьшие – у популяции Ls_3, произрастающей в равнинной местности Среднего Урала.

Таблица 1

Генетическое разнообразие горных и равнинных популяций *L. sibirica* на основании микросателлитного анализа

Популяция	N	N_A	N_E	H_O	H_E	F
Горные популяции						
Ls_1	30	8,000	4,338	0,503	0,708	0,287
Ls_2	30	6,100	3,433	0,503	0,614	0,164
Равнинные популяции						
Ls_3	30	7,300	3,885	0,594	0,609	0,038
Ls_4	24	5,800	3,595	0,579	0,652	0,111
Среднее		6,800±0,614	3,813±0,537	0,545±0,029	0,646±0,020	0,150±0,046

Примечание. N – число деревьев в выборке; N_A – среднее число аллелей на locus; N_E – эффективное число аллелей на locus; H_O – наблюдаемая гетерозиготность; H_E – ожидаемая гетерозиготность; F – индекс фиксации; ± – стандартная ошибка.

Таблица 2

Параметры генетической структуры и дифференциации четырех популяций *L. sibirica* по показателям F -статистики Райта

Лocus	Мотив	Число аллелей	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}
Ld42	(TG)14	6	0,090	0,144	0,060
bcLK189	(AG)17AT(AG)6	11	0,076	0,119	0,046
bcLK253	(AG)17	6	0,270	0,296	0,035
Ld50	(CA)18	9	0,498	0,554	0,112
Ld56	(AC)16	10	0,264	0,310	0,064
bcLK228	(AG)18	12	0,053	0,100	0,050
bcLK211	(CT)16	7	0,110	0,153	0,048
Ld58	(AC)15	14	0,184	0,214	0,037
Ld101	(AC)12	15	0,029	0,070	0,042
bcLK263	(TC)20	26	0,051	0,092	0,043
Среднее ±			0,162±0,046	0,205±0,046	0,054±0,007

Примечание. F_{ST} – показатель генетической дифференциации популяций Райта; F_{IS} – показатель дефицита/избытка гетерозигот внутри популяций; F_{IT} – показатель дефицита/избытка гетерозигот между популяциями; ± – стандартная ошибка

Исследование популяционной структуры с помощью F -статистик Райта показало, что *L. sibirica* обнаруживает в среднем 16%-ный дефицит гетерозиготных генотипов ($F_{IS} = 0,162$) внутри популяции и 20%-ный дефицит гетерозигот ($F_{IT} = 0,205$) между популяциями (табл. 2). Только 5,4 % всей наблюдаемой изменчивости приходится на межпопуляционную компоненту.

Анализ молекулярных вариантов (AMOVA) подтвердил, что на межпопуляционную изменчивость приходится 5%, а остальные 95% изменчивости сосредоточено внутри популяций.

Таким образом, молекулярно-генетический анализ 10 ядерных микросателлитных локусов позволил установить, что уровень генетического разнообразия у исследованных популяций *L. sibirica* из различных по экологическим условиям районов Урала достаточно высок ($N_E = 3,813$, $H_E = 0,646$), хотя и допускает небольшой дефицит гетерозигот ($F = 0,150$). Горные популяции лиственницы сибирской характеризуются в среднем большими значениями индекса фиксации ($F = 0,226$) в отличие от равнинных ($F = 0,075$). Большая часть генетического разнообразия исследованных популяций *L. sibirica* приходится на внутривнутрипопуляционную компоненту, тогда как межпопуляционная изменчивость составляет всего 5 %.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России и средств Федерального научно-образовательного центра лесов, опасных природных явлений и ландшафта (BFW, Австрия). Авторы выражают озерную благодарность руководителю отдела исследования генома BFW доктору Бертольду Хайнце.

Литература

1. Абаимов А. П., Адрианова И. Ю., Артюкова Е. В. [и др.]. Биоразнообразие лиственниц Азиатской России. Новосибирск: ГЕО, 2010. 160 с.
2. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / под ред. Ю. П. Алтухова. М.: Наука, 2004. 619 с.
3. Орешкова Н. В., Белоконь М. М., Жамъянсурен С. Генетическое разнообразие, популяционная структура и дифференциация лиственниц сибирской, Гмелина и Каяндера по данным SSR-маркеров // Генетика. 2013. Т. 49, № 2. С. 204–213.
4. Rogers S. O., Bendich A. J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // Plant Molecular Biology. 1985. Vol.1, № 19. P. 69–76.
5. Wagner S., Gerber S., Petit R. J. Two highly informative dinucleotide SSR multiplexes for the conifer *Larix decidua* (European larch) // Molecular Ecology Resources. 2012. №12. P. 717–724.

THE ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY AND STRUCTURE OF SOME URAL POPULATIONS OF *LARIX SIBIRICA* LEDEB. BY USING SSR-MARKERS

YU. S. NECHAeva, E. V. CHUMAK, M. YU. ANDRIYANOVA

Perm State National Research University, Perm

Summary. Genetic diversity and structure of four populations *L. sibirica* of mountain and plain areas of the Urals has been studied using 10 pairs of nuclear microsatellite markers. 116 allelic variants were detected. According to the AMOVA results, inter-population variation to 5%, and the remaining 95% of the variability is concentrated within populations. The differentiation of four populations of larch based on SSR markers exceeded 16% ($F_{IS} = 0.162$).

АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРЫЛА МЕЖЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ *DROSOPHILA MELANOGASTER* НА ПРИМЕРЕ ЛИНИИ *HOST*

Ю. К. Политыко

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: polityko.yulia@gmail.com

Общеизвестно, что разные формы стресса увеличивают спектр наследственной изменчивости. Особенно четко это проявляется у прокариот. Тем не менее в настоящее время получены экспериментальные данные о том, что помимо мутационного процесса и комбинативной изменчивости выявлены и другие механизмы. Среди них можно отметить как зарезервированную наследственную изменчивость, так и механизмы эпигенетической природы. Во всех этих случаях производимый отбор может играть решающую роль.

В лаборатории генетики на базе УрФУ на протяжении ряда лет ведутся исследования с использованием такой формы отбора, как интенсивность апоптоза. В этом случае отбор осуществляется на частоту встречаемости повреждения крыла типа «вырезка». Учитывая, что апоптоз (запрограммированная гибель клеток) базируется на процессах молекулярной природы, отбор по этому фактору позволил осуществить так называемый генетический поиск.

Во всех экспериментах, где осуществлялся отбор на частоту встречаемости повреждения крыла, как правило, речь идет о межлинейных гибридах, с использованием в качестве родительской формы мутантной линии *vestigial*. Этот ген относится к группе генов «хозяев», и его белок осуществляет регуляторную функцию значимого числа генов, участвует в морфогенезе крыла. Кроме того, ген *vestigial* срабатывает на самых ранних стадиях эмбриогенеза и оказывает существенное влияние на синтез белка. Не случайно мутантные формы обладают достаточно низкой жизнеспособностью и относятся к самым короткоживущим линиям *Drosophila melanogaster*. Уже сравнительно давно было показано, что межлинейные гибриды с использованной мутантной линией *vestigial* обнаруживают с разной частотой появления повреждение крыла типа «вырезка», которое при дальнейшем отборе может наследоваться, в отличие от хемоморфозов, сходных по внешнему виду, но представляющих собой фенкопии.

Судя по литературным данным, гены *vestigial* и *scalloped* тесно связаны функционально друг с другом. Поэтому представляло интерес осуществить направленный длительный отбор на частоту встречаемости повреждения крыла, предпринять попытку с помощью такого стрессового фактора получить в конечном счете повреждение крыла, аналогичное мутации *scalloped*.

Представляло интерес, используя ряд морфометрических показателей, сравнить морфометрию крыла линии *Host*, межлинейных гибридов и линии *scalloped*.

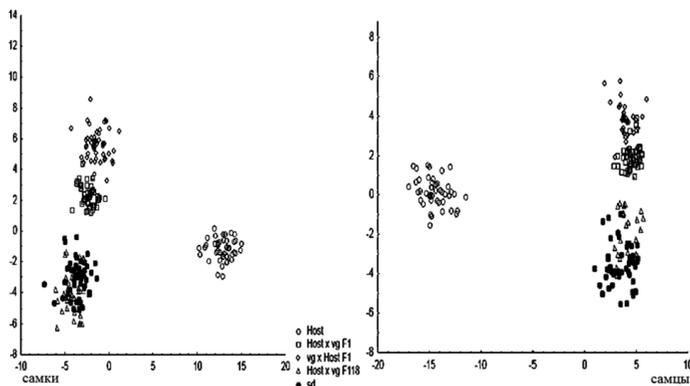
Проводился морфометрический анализ крыла мух линии *Host* по 25 параметрам, были обработаны крылья межлинейных гибридов линии *Host* 118 поколения отбора, гибридных особей *Host* и *vg* первого поколения отбора от реципрокного скрещивания, исходного дикого типа линии *Host* и мутантной линии *sd* с учетом половых различий.

С помощью бинокулярного микроскопа МБС 10 (окуляр 10×14), оснащенный фотокамерой Nikon COOLPIX E4500 (zoom $7,85 \times 32$ mm; 1,26–5,1), в капле спирта крылья отпрепаровывались, фиксировались на предметном стекле, после чего с них получали цифровое изображение. С помощью программы Desktop Ruller снимались необходимые промеры. Всего 18 линейных промеров, а также площади ячеек крыла. Данные морфометрии были занесены в таблицы MS Excel и обрабатывались и анализировались компьютерной программой Statistica 10 (дискриминантный и канонический анализ).

На рисунке видно, что межлинейные гибриды первого поколения отличаются от дикого типа этой линии, от 118 поколения отбора и от мутантной линии *scalloped*. Также можно отметить, что гибриды первого поколения *Host* \times *vg* отличаются от гибридов первого поколения *vg* \times *Host* по морфометрическим показателям.

Сходство по морфометрическим показателям на уровне дискриминантного анализа линии *Host* 118 поколения отбора и мутантной линии *scalloped* свидетельствует о том, что значительная часть этой линии несут в себе или обладают мутацией *scalloped* или в чистом виде, или имеют двойственную природу, т. е. гетерозиготные по мутации *vg* или гомо- и гемизиготные по мутации *sd*. Таким образом, можно сделать вывод, что 118 поколение отбора линии *Host* максимально приблизилось по своему генотипу к мутантной линии *scalloped* либо уже является ей.

Данные, полученные с применением дискриминантного анализа с применением 25 промеров крыла, позволяют высказать предположение о специфичности генетического состава линии *Host*, подвергнутой длительному отбору. Эта специфика, по-видимому, состоит в том, что в изучаемой линии мух, возможно, присутствуют три разных генотипа, а именно особи *vg*+/*vg*, особи *scalloped* и особи *vg*+/*vg* *scalloped*. По-видимому, третий вариант обладает какими-то преимуществами в отношении жизнеспособности и поддерживается отбором.



ANALYSIS MORFOMETRIC PARAMETERS OF WINGS INTERLAIN HYBRIDS *DROSOPHILA MELANOGASTER* IN LINE HOST

Yu. K. POLITYKO

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. In the given work for the first time the basis of selection is the intensity of adaptation as one of the ways of genetic assimilation study. In the work there is the analysis of the consistent expression of *vg* and *sd* genes from the point of view of reserved genetic variation on the level of three different genotypes, with the reference to the process of damage of the wing, using the morphometry with the discriminant analysis.

АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ДНК НЕКОТОРЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР *PICEA OBOVATA* LEDEV. ИЛЬИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ПЕРМСКОГО КРАЯ

Я. В. ПРИШНИВСКАЯ

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: yana_prishnivskaya@mail.ru

Изучение генетического разнообразия основных лесообразующих пород крайне важно для обоснования долгосрочных программ неистощительного пользования лесными биологическими ресурсами и воспроизводства ценного генофонда при выполнении селекционных мероприятий. В настоящее время трудно переоценить значение генетических исследований для сохранения биологического разнообразия и его воспроизводства при хозяйственном использовании [1].

Семена родителей собраны в испытательных культурах *P. obovata*, которые заложил в 1858–1885 гг. А. Е. Теплоухов. Испытательные культуры ели сибирской заложены в мае 1991 года на площади 11 га в кв. 41 Ильинского лесничества Пермского края потомством 525 деревьев. Они были подразделены на 3 групп по их реакции на повышение густоты древостоя по классификации М. В. Рогозина с соавт. [3]: положительная (увеличение средней высоты в густых культурах до 115% от контроля при средней высоте в редких культурах 92%); отрицательная (понижение высоты в густых культурах до 91% от высоты в редких культурах 113%); семьи-универсалы, растущие одинаково хорошо и в редких и в густых культурах (116 и 113% от контроля соответственно).

Для молекулярно-генетического анализа *P. obovata* нами был избран ISSR-метод анализа полиморфизма ДНК (Inter Simple Sequence Repeats) [5]. Метод основан на использовании полимеразной цепной реакции с одним или несколькими праймерами длиной 15–24 нуклеотида с достаточно высокой точностью отжига [5]. Хвоя была собрана у деревьев из 167 семей на лесосеменной плантации *P. obovata* в кв. 41 Ильинского лесничества Пермского края. Геномная ДНК выделена из хвои с использованием модифицированной нами [2] методики выделения ДНК С. О. Роджерса и Э. Дж. Бендича [4] с использованием в качестве сорбента PVPP.

Аmplификацию проводили в амплификаторе GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, USA) по типичной для ISSR-метода программе. Температура отжига в зависимости от G/C-состава праймеров варьировала от 46 до 64 °С. Для проверки достоверности полученных ДНК-спектров опыт повторяли не менее

трех раз. Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 1,7 % агарозном геле в 1x TBE буфере. Гели окрашивали бромистым этидием и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете в системе Gel-Doc XR (Bio-Rad, США). Определение длин фрагментов проводилось с использованием программы Quantity One в системе гель-документации Gel Doc XR (Bio-Rad, USA).

Анализ полиморфизма ДНК проведен у 835 проб ДНК ели сибирской. Выявлен 81 амплифицированный фрагмент ДНК, из которых 58 были полиморфными. Число амплифицированных фрагментов ДНК варьировало в зависимости от праймера от 7 до 14, а их размеры – от 180 до 1360 пн.

Установлено, что в среднем в ПЦР один праймер инициировал синтез 10,8 фрагментов ДНК. Число полиморфных фрагментов в суммарной выборке растений варьировало от 9 до 14. Доля полиморфных локусов в выборке в зависимости от ISSR-праймера колебалась от 0,600 до 0,786 и в среднем составила 0,716. У выборки деревьев с отрицательной реакцией на густоту древостоя доля полиморфных локусов максимальна (0,713), а у выборки деревьев-универсалов этот показатель минимален (0,617). При сравнении доли полиморфных локусов по критерию Фишера у выборки деревьев с отрицательной реакцией на густоту древостоя и выборки деревьев-универсалов критерий Фишера равнялся $F = 0,037$, что ниже, чем $F_{st} = 1,96$, следовательно, отличие незначимо.

Ожидаемая гетерозиготность (H_E) по локусам в общей выборке составила 0,224. У выборки деревьев-универсалов испытательных культур ели сибирской этот показатель минимальный ($H_E = 0,208$), а у выборки деревьев с положительной реакцией на густоту древостоя он максимальный и составил 0,234 (см. табл. ниже). При сравнении ожидаемой гетерозиготности по критерию Фишера у выборки деревьев с положительной реакцией на густоту древостоя и выборки деревьев-универсалов, критерий Фишера равнялся $F = 0,286$, что ниже, чем $F_{st} = 1,96$, следовательно, отличие незначимо.

Генетическое разнообразие трех выборок испытательных культур *P. obovata*, отличающихся по реакции на густоту древостоя

Показатель	Испытательные культуры			На общую выборку
	Положительная реакция	Отрицательная реакция	Универсалы	
P_{95}	0,704	0,713	0,617	0,716
H_E	0,234 (0,021)	0,231 (0,021)	0,208 (0,021)	0,224 (0,021)
n_a	1,753 (0,434)	1,728 (0,448)	1,741 (0,441)	1,753 (0,434)
n_e	1,395 (0,375)	1,387 (0,362)	1,331 (0,319)	1,376 (0,346)

Примечание: H_E – ожидаемая гетерозиготность; n_a – абсолютное число аллелей на локус; n_e – эффективное число аллелей на локус; P_{95} – доля полиморфных локусов; в скобках даны стандартные отклонения; положительная реакция – выборка деревьев с положительной реакцией на густоту древостоя, отрицательная реакция – выборка деревьев с отрицательной реакцией на густоту древостоя, универсалы – выборка деревьев, растущих одинаково хорошо и в редких и в густых культурах.

Эффективное число аллелей на локус (n_e) на общую выборку изученных культур ели сибирской равно 1,376. Этот показатель наибольший у деревьев с положительной реакцией на густоту древостоя ($n_e = 1,395$), а наименьший – у деревьев-универсалов ($n_e = 1,331$).

Полиморфизм ДНК изученной с помощью ISSR-маркеров части генома не отличается у этих трех выборок. В дальнейшем необходимо продолжить исследования и изучать гены, контролирующие количественные признаки, такие как рост деревьев, а также транскрипционные факторы, контролирующие экспрессию генов, во взаимосвязи с изучением влияния средовых факторов.

Работа выполнена при финансировании задания №2014/153 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России. Выражаю искреннюю благодарность за помощь в проведении полевых исследований и за консультации в ходе выполнения данной работы заведующему НИЛ «Экологии леса» ЕНИ ПГУ д-ру биол. наук М. В. Рогозину.

Литература

1. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. 3-е изд., перераб. и доп. Академкнига, 2003. 431 с.
2. Нечаева Ю. С., Бельтюкова Н. Н., Пришнинская Я. В., Тайман К. Е. Оптимизация методики выделения ДНК некоторых хвойных видов растений Пермского края // Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование: материалы междунар. науч. конф. Т. 2. Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. иссл. ун-та, 2011. С. 278–282.
3. Рогозин М. В., Голиков А. М., Комаров С. А. Правые и левые формы ели в потомствах плюсовых деревьев в Пермском крае // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2012. № 2. С. 13–21
4. Torres A. M., Weeden N. F., Martin A. Linkage among sozyme, RFLP and RAPD markers in *Vicia faba* // Theor. Appl. Genet. 1993. Vol. 5. P. 937–945.
5. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification // Genomics. 1994. Vol. 20. P. 176–183.

ANAIYSIS OF DNA POLIMORPHISMS SOME TESTING OF CULTURES PICEA OBOVATA LEDEB. ILINSKOE FORESTRY PERM EDGE

YA. V. PRISHNIVSKAYA

Perm State National Research University, Perm

Summary. The analysis of DNA polymorphism of three samples of Siberian spruce cultures Teploukhova test laid down in the Perm region, varying in response to the density of the stand. Found that the percentage of polymorphic loci in the total sample was 0,716, and the expected heterozygosity – 0.224. Three test samples studied cultures of Siberian spruce did not significantly differ studied indices of genetic diversity.

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ШАХТЕРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНОВ ЭКСЦИЗИОННОЙ РЕПАРАЦИИ ДНК К КОМПЛЕКСУ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

М. Ю. Синицкий

Кемеровский государственный университет

E-mail: max-sinitsky@rambler.ru

Кемеровская область – высокоразвитый промышленный регион, в котором представлено большое количество промышленных производств, имеющих факторы, способные вызвать профессиональные заболевания. Профессиональная заболеваемость в Кемеровской области является одной из самых высоких в Российской Федерации, почти в 7–8 раз превышая уровень по стране в целом [1].

Анализ распределения профессиональных заболеваний по отраслям промышленности в Кемеровской области показывает, что 77,8% профессиональных больных приходится на угольную промышленность [1].

В структуре общей заболеваемости выделяют болезни органов дыхания (42,1%); травмы и отравления, связанные с производством (12,2%); болезни нервной (11,8%), костно-мышечной (10,1%) систем; органов кровообращения (5,3%). Острые респираторные инфекции занимают второе место в структуре заболеваемости с временной утратой трудоспособности в угольных шахтах. Было также показано, что критический стаж, после которого появляется риск заболеть пылевой этиологии, составляет 11,1–36,5 года [1].

Работники угледобывающих предприятий подвергаются воздействию большого количества загрязняющих факторов, способных оказать серьезное влияние на организм. В процессе угледобычи в воздух шахт выделяется большое количество угольной пыли. Взаимодействие ее частиц с кислородом окружающей среды может инициировать образование полициклических ароматических углеводородов, являющихся сильными генотоксикантами. В угольных остатках содержатся минеральные частицы мелких размеров, а также отмечается наличие тяжелых металлов [3].

Добыча угля сопровождается разрушением породы, что способствует выделению в воздух выработок радона, являющегося продуктом распада урана, содержащегося в любой горной породе. Наличие угольной пыли усиливает эффект экспозиции радоном, так как мелкодисперсные частицы, являющиеся переносчиками радионуклидов, попадают в легкие шахтеров, создавая «горячие точки» – источники внутреннего облучения.

Наличие всех вышеперечисленных факторов позволяет предположить, что шахтеры подвергаются не только риску развития различных профессиональных заболеваний легких (таких, как пневмокониоз, хроническая обструктивная болезнь легких, силикоз и т. д.) и других органов и систем, но также и генотоксическому риску, связанному с воздействием на организм различных химических веществ и ионизирующей радиации. Данный факт подтверждается имеющимися научными исследованиями. Leon-Meija G. et al. изучали степень повреждения ДНК у шахтеров с использованием микроядерного теста и метода ДНК-комет и обнаружили, что у работников шахт наблюдалось достоверное превышение частоты клеток с микроядрами (МЯ) и индекса повреждения ДНК по сравнению

с контролем ($8,5 \pm 4,7\%$ против $2,9 \pm 4,0\%$ и $53,8 \pm 31,0$ против $9,0 \pm 6,4$ соответственно) [3].

Известно, что степень генетических повреждений в результате воздействия на организм человека генотоксикантов зависит от эффективности функционирования репаративных систем. Оценка полиморфизмов генов репарации ДНК позволяет определить индивидуальную чувствительность обследуемого к комплексу генотоксических факторов и соответственно снизить риски путем составления индивидуальных рекомендаций для каждого работника.

Цель исследований – оценить степень повреждения ДНК у шахтеров с различными полиморфными вариантами генов эксцизионной репарации ДНК *ADPRT Val762Ala*, *XRCC4 G1394T* и *XRCC4 G1475T*.

Материалом исследования послужила кровь 100 шахтеров, проходящих обследование в научно-исследовательском институте комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН (г. Новокузнецк).

Оценку степени повреждения ДНК проводили с помощью микроядерного теста в лимфоцитах периферической крови [2]. На каждом препарате подсчитывалось 1000 двуядерных лимфоцитов, в которых отмечались микроядра (МЯ), мосты, ядерные протрузии, а также комплексы МЯ+мост и МЯ+протрузия.

Для определения полиморфизмов проводили ПЦР с использованием наборов НПФ «Литех» (г. Москва). Образцы помещали в 3% агарозный гель и проводили электрофорез в 50-кратном ТАЕ-буфере в течение 15 минут. Детекцию продуктов осуществляли с помощью трансиллюминатора, документировали изображения в программе Gellmager.

Статистическая обработка результатов исследования была проведена в программе STATISTICA 7.0.

Продукт гена *XRCC4* участвует в процессах репарации по механизму «негомлогичное слияние концов». Образует комплексы с ДНК и белком лигаза-4, необходимые для завершения репарации по данному механизму, при этом *XRCC4* усиливает активность лигазы.

ADPRT относится к семейству поли-АДФ-рибозополимераз-1, является ключевым белком эксцизионной репарации оснований. *ADPRT* специфически связывается с поврежденной цепью ДНК, обеспечивая присоединение *XRCC1* и *Lig3 α* комплекса. Кроме того, *ADPRT* служит источником энергии для ДНК-лигаз, при связывании с разорванной цепью ДНК запускает реакции полимеризации АДФ-рибозы с образованием длинных цепей, которые необходимы для модификации ядерных белков и самого белка *ADPRT*.

В результате проведенного исследования было обнаружено, что носители гомозигот по мажорному аллелю гена *XRCC4 G1394T* характеризуются повышенной частотой выявления комплекса МЯ+мост ($GG - 0,43 \pm 0,59\%$; $GT - 0,26 \pm 0,37\%$; $TT - 0,07 \pm 0,26\%$). Различия между генотипом *XRCC4 G1394G* и *XRCC4 T1394T* были статистически значимы на уровне $p = 0,028$.

МЯ представляют собой хромосомные фрагменты либо целые хромосомы, отставшие от веретена деления во время митоза. Мосты являются маркером наличия в клетке дицентрических хромосом. Обнаруженную закономерность можно объяснить тем, что с генотипом *XRCC4 G1394G* ассоциирована более низкая ак-

тивность синтезируемого белка, а это, в свою очередь, влияет на эффективность процесса репарации повреждений, вызываемых комплексом генотоксических факторов в условиях шахт.

По гену *ADPRT Val762Ala* и *XRCC4 G1475T* значимых различий выявлено не было.

Таким образом, носители гомозигот по мажорному аллелю гена *XRCC4 G1394T* обладают повышенной чувствительностью генома к воздействию комплекса генотоксических факторов в условиях угольных шахт. Данный ген может служить одним из маркерных генов при оценке индивидуальной геночувствительности работников угледобывающих предприятий.

Работа выполнена в рамках государственного задания №2014/64.

Литература

1. Хорошилова Л.С., Табакаева Л.М., Харин Д.В. О профессиональной заболеваемости работников угольной отрасли промышленности Кузбасса // Безопасность труда в промышленности. 2008. №10. С. 15–24.
2. Fenech M. The in vitro micronucleus technique // Mutation Research. 2000. № 455. P. 81–95.
3. Leon-Mejia G., Espitia-Perez L., Hoyos-Giraldo L. S. [et al.]. Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay // Science on the Total Environment. 2011. № 409. P. 686–691.

THE ASSESSMENT OF INDIVIDUAL SUSCEPTIBILITY OF MINERS WITH SOME POLYMORPHISMS OF DNA-REPAIR GENES TO A COMPLEX OF HARMFUL FACTORS

M. YU. SINITSKY

Kemerovo State University, Kemerovo

Summary. Associations between some cytogenetic damages (micronucleus and chromosomal aberration) in lymphocytes of coal-miners and the genetic polymorphisms of genes DNA-reparation (*ADPRT Val762Ala*, *XRCC4 G1394T* and *XRCC4 G1475T*) were analyzed. We discovered that *XRCC4 gene G1394T* polymorphism is the potential marker of individual susceptibility of coal-miners' genome to a complex of harmful factors in coal-mining conditions.

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕНОМА ШАХТЕРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНОВ *XpD*, *XpG*, *GSTR1* К КОМПЛЕКСУ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

В. П. ВОЛОБАЕВ, Ю. Е. КУЛЕМИН

Кемеровский государственный университет

E-mail: kitsuneoni42@gmail.com

Кемеровская область – высокоразвитый промышленный регион, в котором представлены практически все виды промышленного производства, которые имеют факторы, способные вызвать хромосомные повреждения. В процессе угледобычи в воздух шахт выделяется большое количество угольной пыли. Взаимодействие ее частиц с кислородом окружающей среды может инициировать образование полициклических ароматических углеводородов, являющихся сильными генотоксикантами. В угольных остатках содержится смесь из углерода, водорода,

азота, кислорода, серы, а также минеральные частицы мелких размеров. Помимо этого в воздухе угольных шахт также отмечается наличие тяжелых металлов. Добыча угля сопровождается разрушением породы, что способствует выделению в воздух выработок радона, являющегося продуктом распада урана, содержащегося в любой горной породе. Наличие угольной пыли усиливает эффект экспозиции радоном, так как мелкодисперсные частицы, являющиеся переносчиками радионуклидов, попадают в легкие шахтеров, создавая «горячие точки» – источники внутреннего облучения. Замеры уровня радиации в неурановых шахтах показали превышение радиационного фона, что свидетельствует также и о внешнем облучении работников.

Цель исследований – провести оценку цитогенетического статуса шахтеров угольных шахт и выявить зависимость цитогенетических повреждений от некоторых полиморфизмов генов экзистенционной репарации (*XpD* L751G, *XpG* Asp 1104His) и биотрансформации ксенобиотиков (*GSTP1* I105V).

Фермент *XpD* – АТФ-независимая хеликаза. В составе ТФПН комплекса *XpD* раскручивает цепь ДНК, обеспечивая доступ эндонуклеаз к поврежденному участку. Также имеются данные, что *XpD* принимает участие в репарации радиационных повреждений ДНК.

Фермент *XpG* – эндонуклеаза, которая осуществляет вырезание поврежденного участка ДНК с 3' конца цепи. *XpG* взаимодействует с комплексом ТФПН, обеспечивающим прикрепление хеликаз и правильное расплетание цепей ДНК, делая их доступными для действия эндонуклеаз.

Фермент *GSTP1* играет важную роль в детоксикации эпоксидпроизводных ПАУ, пестицидов, а также задействован в процессе канцерогенеза.

Показательно, что из всех типов глутатион_S_трансфераз именно *GSTP1* преимущественно экспрессируется в альвеолах, альвеолярных макрофагах и периферических бронхиолах легких и известен как один из легочных антиоксидантов и, следовательно, функциональные полиморфизмы этого гена, изменяющие экспрессию фермента, могут быть задействованы в развитии заболеваний дыхательной системы.

Материалом исследований послужила кровь 91 шахтера, проходящих обследование в научно-исследовательском институте комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН (г. Новокузнецк). Для анализа лимфоцитов кровь забиралась в вакутейнеры с гепарином. Затем вносились во флаконы, содержащие смесь культуральной среды, инактивированной сыворотки крупного рогатого скота, ампицилина и фитогемагглютина. Через некоторое время в культуру добавляли колхицин. Далее кровь фиксировали раствором ледяной уксусной кислоты в метаноле (1 к 3), раскапывали на стекла и окрашивали азурином в фосфатном буфере. Анализировали препараты с помощью световой микроскопии при увеличении в 1000 раз.

Для определения полиморфизмов проводили ПЦР с использованием наборов НПФ «Литех» (г. Москва). Образцы помещали в 3% агарозный гель и проводили электрофорез в 50-кратном ТАЕ-буфере в течение 15 минут. Детекцию продуктов осуществляли с помощью трансиллюминатора, документировали изображения в программе Gellmager.

Статистическая обработка результатов исследования была проведена в программе BioStat 2009 Professional 5.8.4.

Результаты. В ходе анализа хромосомных aberrаций количество хроматидных aberrаций составило $3,45 \pm 0,23$, хромосомных aberrаций $1,53 \pm 0,11$, что при суммарной частоте $4,9 \pm 0,28$ превышает нормируемое общепопуляционное значение $2,80 \pm 0,14$ % для Кузбасского региона.

Обнаружено, что носители гомозигот по мажорному аллелю гена XpD L751G характеризуются пониженной частотой выявления хромосомных aberrаций (LL – $3,92 \pm 0,45$; LG – $5,29 \pm 0,47$; GG – $5,83 \pm 0,49$), одиночных фрагментов (LL – $2,64 \pm 0,38$; LG – $3,64 \pm 0,37$; GG – $3,97 \pm 0,42$) и aberrаций хроматидного типа (LL – $2,72 \pm 0,79$; LG – $3,73 \pm 0,36$; GG $4,08 \pm 0,43$).

По генам XpG Asp1104His и GSTP1 I105V значимых различий выявлено не было.

Таким образом, носители гомозигот по мажорному аллелю гена XpD L751G обладают повышенной устойчивостью генома к воздействию комплекса генотоксических факторов в условиях угольных шахт. Данный ген может служить одним из маркерных генов при оценке индивидуальной геночувствительности работников угледобывающих предприятий.

Работа выполнена в рамках государственного задания №2014/64.

THE ASSESSMENT OF INDIVIDUAL SUSCEPTIBILITY OF MINERS WITH SOME GENES XPD, XPG, GSTP1 TO A COMPLEX OF HARMFUL FACTORS

V. P. VOLOBAEV, YU. E. KULEMIN

Kemerovo State University, Kemerovo

Summary. Associations between chromosomal aberration in lymphocytes of coal-miners and the genetic polymorphisms of genes DNA-repairation (XpD L751G, XpG Asp1104His) and biotransformation of xenobiotics (GSTP1 I105V) were analyzed. We discovered that XpD L751G polymorphism is the potential marker of individual susceptibility of coal-miners' genome to a complex of harmful factors in coal-mining conditions.

ЧАСТЬ 7. СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

ПОЧВЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТЕРРИТОРИИ «АЗЕЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА» ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

М. Ю. Аликина, Н. Д. Киселева

Иркутский государственный университет

E-mail: ms.manyuny93@mail.ru, nata_kis71@list.ru

О залежах угля в Южном Приангарье стало известно в начале прошлого века, когда при прокладке Транссибирской магистрали бурильщики скважин для водочапки обнаружили пласты бурого угля.

История самого Азейского разреза началась в 1938 г. Разрез расположен в северо-восточной части Иркутского бассейна на Иркутско-Черемховской равнине, в лесостепной полосе предгорий Восточного Саяна. Исследуемая территория представляет собой холмисто-увалистую равнину, сформированную эрозией деятельностью реки Ии и ее притоков [2]. В пределах проектных границ геологические запасы составляют 399 млн тонн, промышленные 366 млн тонн. Горными работами нарушено более 900 га, из них частично восстановлено и передано землепользователям около 300 га [3].

После отработки участков производится восстановление нарушенной поверхности: планировка отвалов экскаваторами и бульдозерами. После этих работ дается время на усадку спланированных площадей, после чего производятся рекультивационные работы. Основные направления рекультивации на исследуемой территории – лесное и водно-рекреационное. Наиболее распространены посадки сосны, березы и акации желтой. Искусственные озера на рекультивируемой площади занимают 93 га.

Проблема рекультивации земель, подвергшихся нарушениям в результате горных работ и подлежащих восстановлению, весьма актуальна.

Цель работы заключалась в изучении состояния почвенного покрова рекультивированных территорий Азейского угольного разреза.

Для достижения поставленных задач проведено полевое исследование нарушенных ландшафтов и антропогенно-преобразованных почв на территории Азейского угольного разреза. В камеральный период в лаборатории кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов биолого-почвенного факультета ИГУ определялись стандартные почвенные показатели.

На отвалах угольного разреза с применением различных видов рекультивации сформировались различные типы эмбриоземов с определенными свойствами [1]. На территории исследования выделены:

– Эмбриозем инициальный (т. 1) – почва сформирована на транспортном отвале, возраст 40 лет. Сельскохозяйственная рекультивация проведена приблизительно 35 лет назад. Технология включала в себя отсыпку слоя плодородным слоем почвы (ПСП) (~ от 60–70 см) с нанесением на него потенциально плодородных пород (ППП).

– Эмбриозем дерновый (т. 2) – сформирован на отвале примерно 1995 г. (16–20 лет). Проведена лесная рекультивация.

– Эмбриозем дерновый (т. 3) – выположенная площадка (верх отвала). Предварительной подготовки поверхности не производилось, участок находится под самозарастанием. Этот вариант преобразования техногенного ландшафта более естественный и используется наиболее широко. Можно утверждать, что основные площади техногенных ландшафтов на территории Азейского угольного разреза преобразуются именно таким образом.

Показатели актуальной кислотности во всех разрезах слабокислые, в эмбриоземе дерновом, формирующемся при самозарастании, повышается до щелочной в породе отвала.

Содержание органического вещества максимальных значений (2,9 %) достигает в эмбриоземах дерновых. В эмбриоземе инициальном отмечается высокое его содержание в горизонте Ad – 2,65%. Отношение C:N во всех исследуемых почвах значительно ниже региональных значений и составляет от 1 до 6 с максимумом в гумусовом горизонте эмбриозема инициального, в нанесенном почвенно-плодородном слое.

По содержанию валового и подвижного фосфора субстрат исследуемых отвалов можно отнести к высоко и очень высоко обеспеченным. Во всех образцах распределение по профилю соединений фосфора идет с увеличением вниз по профилю, что может объясняться выносом подвижного фосфора растениями из верхних горизонтов эмбриоземов и концентрацией фосфора в породе. Тем не менее уровень обеспеченности растений фосфором в техногенных ландшафтах значительно ниже, чем в зональных почвах.

В результате развития эмбриоземов на техногенно-нарушенных территориях Азейского угольного разреза при естественном восстановлении нарушенных земель формируется специфический почвенный покров. Как уже неоднократно упоминалось выше, в составе развивающегося почвенного покрова преобладают два основных типа эмбриоземов: инициальные и дерновые. По классификации почв России 2004 г. эти типы эмбриоземов относятся к стволу техногенных поверхностных образований (ТПО).

Проведенная почвенно-экологическая оценка выбранных участков с различными направлениями рекультивации показала, что самой высокой почвенно-экологической эффективностью характеризуется участок, находящийся под самозарастанием.

По морфологическим признакам почвы разных условий рекультивации значительно отличаются по мощности органогенного горизонта.

Необходимо осознавать, что главной целью любого направления рекультивации является создание благоприятных условий для естественного восстановления и устойчивого функционирования экосистем на нарушенных территориях. Только в этом случае возможно максимально сократить негативные последствия техногенеза и вернуть нарушенным ландшафтам хозяйственную, экологическую и рекреационную значимость.

Литература

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

2. Беркина Н. С., Филиппова С. А., Бояркина В. М., Наумова А. М., Руденко Г. В. Иркутская область (природные условия административных районов). Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.

3. Угольная база России. Т. 3.: Угольные месторождения и бассейны Восточной Сибири (южная часть) / под ред. В. Ф. Череповского. М.: Геоинформцентр, 2002. 488 с.

Интернет-ресурсы

<http://www.vsp.ru/social/2010/08/25/504243>

<http://www.mining-enc.ru>

SOIL MAN-MADE LANDSCAPES «AZEJSKOGO COAL CUTS»

SOUTH PRIANGARYE

M. YU. ALIKINA, N. D. KISELEVA

Irkutsk State University, Irkutsk

Summary. As a result of mining activities violated landscapes and soil. Spoiled land needs to be studied and restored. These issues are very relevant at the moment. We studied the state of soil remediated areas “Azejskogo coal mine”. The paper demonstrates results of the study.

ГУМУС В ГАЖЕВЫХ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

Ю. Г. ГУСАРОВА, Н. Д. КИСЕЛЕВА

Иркутский государственный университет

E-mail: luzer_puzer1992@mail.ru, nata_kis71@list.ru

Роль гумуса в почве многообразна: он служит источником питательных веществ для растений, изменяет разными путями физическую и химическую природу почв, регулирует и определяет природу бактериальной флоры и ее активность, доставляя источники энергии, различные органические и неорганические вещества и делая почву наиболее благоприятным субстратом для развития микроорганизмов. Гумус придает плодородным почвам некоторые наиболее важные физические и химические свойства.

Целью данной работы было изучить и проанализировать изменение содержания общего углерода в почвах пойм, формирующихся на гажевых отложениях (на примере нескольких разрезов). Гумус определялся общепринятым методом, сжигание по методу Тюрина.

В Приангарье первые исследования гажевых почв сделаны в долинах рек Ш. Д. Хисматулиным в 50-е годы. Южное Приангарье характеризуется холодным резкоконтинентальным климатом, что определяет специфические условия для формирования гипсоносных почв. Гипс- и карбонатсодержащие почвы образуются на продуктах выветривания и переотложения кембрийских осадочных пород, и это отражается в почвенном профиле. Они играют большую роль в процессе почвообразования, что определило цель исследования: изучить основные физико-химические свойства этих почв в связи с почвообразующими породами.

Исследуемые почвы формируются в условиях холмисто-равнинного рельефа, обусловленного водно-эрозионными процессами, создавшими расчленения поверхности многочисленными долинами и ложбинами. Они расположены на первых надпойменных речных террасах и в долинах рек. В условиях засушливого климата степи и лесостепи водный режим относится к типу выпотного [1, 2].

На территории Южного Приангарья основные условия распространения гажевых почв заключаются в следующем:

– залегают исключительно на первых надпойменных террасах речных долин и днищах падей;

– встречаются лишь в поле распространения кембрийских отложений, как правило в той или иной мере гипсоносных;

– подстилаются рыхлыми осадочными образованиями: глинами, суглинками, супесями, песками и далее – почвами. Таким образом, источником гипса для образования гажевых отложений могли служить только гипсоносные породы, широко распространенные на повышенных элементах рельефа [3].

Объектами исследования явились почвы Нукутского района. В этом районе широко распространены почвы подобного типа, расположенные в поймах рек. Для изучения химических и физических свойств своеобразных гажевых почв разрезы были заложены в поймах рек Залари и Унга. Морфологические признаки исследуемых почв имеют ряд одинаковых признаков: буро-серая окраска верхних горизонтов до глубины 30 см, сменяющаяся вниз по профилю на белесую. Подобная окраска типична для почв, содержащих либо гипс, либо карбонаты.

По мнению Хисматулина Ш. Д., образование толщ гажы в Приангарье происходило в поздний четвертичный период в полупроточных озеровидных водоемах путем выпадения гипса из концентрированных растворов. Следовательно, гажя является образованием геологическим, а не продуктом почвообразования.

Исследуемые почвы характеризуются низким и средним содержанием гумуса, об этом свидетельствует процентное содержание гумуса, значения которого варьируют от 1,44 до 3,37, с максимальным содержанием на глубине 20–30 см. В третьем и седьмом разрезах присутствуют погребенные горизонты с некоторым повышением содержания гумуса, так как для пойменных почв свойственно образование погребенного горизонта.

В почвах складываются неблагоприятные условия для хорошего развития травянистой растительности и почв фауны, в частности дождевых червей, которые способствуют гумификации растительных остатков, прочной их связи с глинистым веществом и растаскиванием гумуса до 20–40 см толщи. Из-за низкого содержания гумуса данные почвы пригодны лишь для сенокосов и пастбищ.

Литература

1. Беркин Н. С., Филиппова С. А. Иркутская область (природные условия административных районов): учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.
2. Бояркин В. М., Бояркин И. В. География Иркутской области (природа, население, хозяйство, экология): учеб. пособие. 6-е изд., перераб. и доп. Иркутск: Сарма, 2007. 262 с.
3. Хисматулин Ш. Д. Засоленные почвы речных долин Верхнего Приангарья // Труды первой сибирской конференции почвоведов. Красноярск, 1962. С. 298–314

HUMUS GAZHEVYH FLOODPLAIN SOILS OF SOUTHERN PRIANGARYE

YU. G. GUSAROVA, N. D. KISELEVA

Irkutsk State University, Irkutsk

E-mail: luzer_puzer1992@mail.ru, nata_kis71@list.ru

Summary. In the South Angara Region in special conditions formed gazhevye soil. They inherited soil from carbonate rocks and groundwater. Soil- matter rocks are represented by the Upper Cambrian dolomite and gypsum. These soils are characterized

by a high content of gypsum in gazhevyh horizons. On the content of soil organic matter are nizkogumusnym and-moderate soils.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ КУНГУРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н. В. МИТРАКОВА

Пермский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: mitrakovanatalya@mail.ru

Любая почва, как естественно-историческое тело, обладает общебиосферными экологическими функциями, участвуя в формировании глобальных круговоротов веществ, энергии и информации в биосфере [2]. Способность почв обеспечивать устойчивость биосферы в целом и отдельных ландшафтов в частности гарантируется экологическими функциями почв.

В настоящее время почвы Земли подвержены антропогенным воздействиям: от минимальных, связанных с загрязненностью воздуха, до почти полного уничтожения при добыче полезных ископаемых или на строительных объектах. Выполнение почвой экологических функций при действии на нее антропогенных факторов, а также сохранение ее свойств обеспечивается устойчивостью почвы [1].

Цель исследования – сравнительная оценка устойчивости почв Кунгурской лесостепи, находящихся под угрозой исчезновения, и зональной дерново-подзолистой почвы методами биотестирования.

Объектами исследований являлись почвы Пермского края, имеющие особый экологический статус и рекомендуемые к включению в региональную Красную книгу почв. Это почвы уникальной Кунгурской лесостепи – чернозем глинисто-иллювиальный, темно-серая и серая почвы. Для сравнительного анализа реакций почв на загрязнение тяжелыми металлами использовали дерново-подзолистую почву.

Предметом исследований являлись тесты, включающие высоту и массу кресс-салата, содержание пероксида водорода в надземных органах растений, а также активность фермента каталазы и «дыхание» почвы.

Тип серые лесные почвы является доминирующим в почвенном покрове Предуральской провинции края. Для темно-серой почвы характерно высокое содержание гумуса в темногумусовом горизонте (около 10 %). По всему профилю отмечается слабокислая реакция почвенного раствора [3]. Для подтипа серых лесных почв характерна заметная аккумуляция органического вещества и зольных элементов в верхнем горизонте, четкая элювиально-иллювиальная дифференцировка профиля по илу, оксидам железа и алюминия. Содержание гумуса в серогумусовом и субэлювиальном горизонтах серой почвы составляло 6–7 %. Почвенные горизонты характеризовались кислой реакцией почвенного раствора [3]. Черноземы лесостепи Пермского края отличаются темноокрашенным, почти черным гумусовым горизонтом. В темногумусовом горизонте глинисто-иллювиального чернозема содержание гумуса высокое – 9,6–13,0 %, на глубине около полуметра содержалось еще 4 % гумуса. Почва имела слабокислую реакцию почвенного раствора до глубины 50 см, ниже залегали нейтральные горизонты,

в карбонатной материнской породе реакция щелочная [3]. У дерново-подзолистой почвы в серогумусовом горизонте мощностью 12 см содержалось 4,3 % гумуса, элювиальном – 1,4 %. Реакция почвенного раствора кислая [3].

Исследованные почвы находились в природном состоянии, т. е. сохранили естественное строение профиля и ведущие свойства. Почвенные образцы загрязнили сульфатом кадмия из расчета 500 мг/кг почвы, нитратом свинца из расчета 1000 мг/кг почвы. Кресс-салат *Lepidium sativum* сорта Курлед выращивали в небольших сосудах в течение 14 дней, после чего были измерены ростовые показатели, биомасса и генерация пероксида водорода.

На черноземе, темно-серой и серой почвах внесение соли свинца из расчета 1000 мг/кг не проявилось в высоте и массе растений. Загрязнение чернозема и темно-серой почвы кадмием (500 мг/кг) почти не повлияло на массу растений, достоверно снизились лишь показатели их роста. Однако при загрязнении тяжелыми металлами у растений, выращенных на черноземе и темно-серой почве, было повышено содержание пероксида водорода для свинца в 1,7 раза для обеих почв, для кадмия в 1,5 раза для темно-серой почвы.

На варианте загрязнения серой почвы солью свинца рост и масса растений изменились незначительно, но генерация H_2O_2 увеличилась на 22 % по сравнению с контролем. Тест-культура более заметно пострадала от загрязнения кадмием, так как в кислой почве возрастает подвижность тяжелых металлов и их доступность растениям. Кроме того, в этой почве, по сравнению с вышерассмотренными, по-видимому, снижается сорбция металлов из-за меньшего содержания гумуса и емкости поглощения. У кресс-салата в несколько раз уменьшились рост и масса при увеличении содержания пероксида водорода в 4–5 раз.

На низко плодородной дерново-подзолистой почве растения кресс-салата существенно пострадали от загрязнения тяжелыми металлами. Резко снизились показатели роста и биомассы, особенно при загрязнении почвы кадмием. Генерация H_2O_2 на варианте со свинцом возросла на 62 %. На фоне внесения соли кадмия биомасса была минимальна, что не позволило определить в ней генерацию пероксида водорода.

Повышенная генерация H_2O_2 тест-культурой может служить индикатором загрязнения почв; даже при массе растений, не отличающейся от контроля, этот сигнальный показатель отразил влияние высоких доз свинца и кадмия на внутриклеточные процессы.

Снижение каталазной активности почв отмечено преимущественно на вариантах загрязнения солью кадмия. Активность каталазы в черноземе в образце с нитратом свинца незначительно отличается от контроля. Активность каталазы в образце с кадмием снизилась на 23 % по сравнению с контролем.

В дерново-подзолистой почве активность каталазы ниже в 3 раза по сравнению с черноземом. При внесении солей свинца реакция почвы по каталазной активности оказалась сходной с черноземом. Активность каталазы в образцах с кадмием снижена на 16,6 % в гумусовом горизонте и на 25 % в элювиальном горизонте.

«Дыхание» почв оказалось стабильной величиной, не изменялось при загрязнении почв свинцом; достоверно снизилось только в черноземе на фоне внесения соли кадмия.

Методами регрессионного анализа была установлена связь между исследуемыми биологическими показателями и элементами почвенного плодородия. С содержанием гумуса связаны высота и масса тест-культуры. Более тесная связь прослежена с каталазной активностью и «дыханием». Все изучаемые показатели, кроме «дыхания», имеют связь с $pH_{\text{сол}}$. При этом чем ниже кислотность (выше pH), тем больше высота и масса растений, активнее каталаза в почве.

Таким образом, методами биотестирования установлено, что уникальные почвы Кунгурской лесостепи характеризуются относительно большей устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами, нежели зональные дерново-подзолистые почвы.

Литература

1. Вальков В. Ф., Елисеева Н. В., Имгрунт И. И. [и др.]. Справочник по оценке почв. Майкоп: Адыгея, 2004. 236 с.
2. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 364 с.
3. Еремченко О. З., Филькин Т. Г., Шестаков И. Е. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь, 2010. 92 с.

COMPARATIVE EVALUATION OF STABILITY OF SOIL KUNGURSKIY FOREST STEPPE AND SOD-PODZOLIC SOILS WHEN CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

N. V. МТРАКОВА

Perm State University, Perm

Summary. Carried out biotest of soils recommended for protection in Perm region. Fertile soils steppe showed a high resistance to contamination by lead and cadmium. *Lepidium sativum* was severely depressed in the podzolic soil observed increased formation of reactive oxygen in plants and reduced catalase activity of the soil.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ДОЛИНЫ РЕКИ КУДА

Е. А. САМОЙЛОВА

Иркутский государственный университет

Институт географии СО РАН, Иркутск

E-mail: Kattirka@mail.ru

В 1965 году на территорию Приангарья, Кудинскую депрессию, южную часть Эхирит-Булагатского района (колхозы и опытные участки «Элита», «Захальский»), были составлены почвенные карты разных масштабов (1:10 000, 1:25 000, 1:50 000). В административном отношении эта территория находится на юго-востоке Иркутской области. Основные направления хозяйства – семеноводство и скотоводство. Сельскохозяйственные угодья включают в себя пашню 8 547 га, сенокосы 1 000 га, пастбища 1 295 га. Общая площадь с/х угодий 10 842 га. Приусадебные участки включают в себя лес, кустарники и болота. Кроме того, здесь выращивали зерновые (пшеница, овес, просо, ячмень), овощи, однолетние и многолетние травы на сено.

Данная территория относится к зоне рискованного земледелия, что неблагоприятно для выращивания с/х культур. Климат резко континентальный с холодной зимой и жарким летом. Сумма температур вегетационного периода 1674 °С.

Рельеф территории плоско-увалистый. Реки Куяда и Куда образуют широкую заболоченную пойму и широкую долину с заболоченной поймой. В целом же гидрографическая сеть представлена вышеперечисленными реками и притоками-ручьями: Хальчик, Бургасик, Солянка.

Питание грунтовых вод в основном за счет атмосферных осадков. Пластовые воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава с минерализацией до 222 мг/л. Пластовые воды юры, трещинно-пластовые воды кембрия имеют минерализацию до 2 723 мг/л сульфатно-карбонатного состава. Грунтовые воды 1–50 мг/л хлоридного состава. Это способствует формированию болотных, луговых солончаковых почв, на которых встречаются кистевидно-мятликовые степи, которые в настоящее время распаханы.

В геологическом строении принимают участие осадочные породы кембрия и юры, некоторые из них обогащены карбонатами.

Согласно почвенному районированию в Тулуно-Иркутском округе распространены серые лесные, дерново-подзолистые, черноземные, дерново-карбонатные почвы. Засоление встречается среди луговых почв (осолодевшая маломощная тяжелосуглинистая 0,8 %, солончаковая маломощная легкосуглинистая 0,7 %, солончаковая мощная тяжелосуглинистая 1,3 %), болотных (илувато-болотно-глеевая солончаковая 0,9 %, перегнойно-торфянисто-глеевая солончаковая 0,2 %, торфянисто-глеевая солончаковая 1,6 %).

В настоящее время не существует почвенной карты, в которой бы были представлены засоленные почвы. Поэтому целью данной работы было составить карта-схему на исследуемый участок и охарактеризовать почвы, а также посчитать площади засоленных почв.

На почвенной карте засоленные почвы представлены фрагментарно среди других почв.

Среди засоленных почв встречаются луговые и болотные. На данном участке их площади составляют 1 540,38 га, из которых 943,6 га – болотные почвы, 596,78 га – луговые.

Засоленные почвы формируются на аллювиальных отложениях. По морфологическому строению луговые почвы характеризуются мощным гумусовым горизонтом, задернованностью, комковато-зернистой структурой, сильным увлажнением и оглеением. В луговых осолоделых почвах в нижней части гумусового горизонта находится белесая присыпка. По химическому составу содержание гумуса большое (5,1–15,0 %), реакция слабощелочная (7.2). Плотный остаток 0,4–0,7 %. Содержание кальция и магния в поглощающем комплексе высокое, вниз по профилю резко снижается.

Болотные почвы сильно и избыточно увлажнены, также характерно наличие ржавых и оглеенных пятен. Органические вещества слабо минерализуются, накапливаясь большими количествами. Гумуса достаточное количество до 6,9 %, реакция почвенного раствора щелочная (7.4). Поглощенный кальций и магний накапливаются в срединном горизонте. У торфянистых с поверхности имеется слабо разложившийся торф до 30 см. Торфяная масса отличается слабой теплопроводностью, поэтому почвы промерзают на небольшую глубину.

К сожалению, долгое время почвы хозяйства использовались не в полном объеме. Однако сейчас появилась возможность снова изучить почвы хозяйства и предложить меры по улучшению их плодородия.

Руководители: к.б.н., доцент О. Г. Лопатовская, к.г.н. А. А. Сороковой.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «ИГУ» на 2012–2016 гг. Р 212-04-003.

Литература

1. Лопатовская О. Г. Педологогеохимические и эколого-мелиоративные особенности почв в долине реки Куды // Вестник ИрГТУ. 2006. № 1. С. 120–126.

2. Почвы опытно-производственного хозяйства «Элита» Эхирит-Булагатского района Иркутской области и рекомендации по их использованию / К. Коморов, В. Мельников, А. Козец, М. Комарова, Г. Никулина; МСХ РСФСР институт «РОСГИПРОЗЕМ». Иркутск, 1973. 115 с.

SOIL SALINITY OF RIVER VALLEY KUDA

E. A. SAMOLOVA

Irkutsk state University, The V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

E-mail: kattirka@mail.ru

Summary. Saline soils in the investigated area presented meadow and marsh formed by alluvial deposits. Currently there is no soil map where there were presented saline soils. Therefore, the aim of this study was to map the study area and characterize the soil, as well as to calculate the area of saline soils.

ГЕТЕРОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ИЗ РЕГОСОЛИ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

А. А. СЕРЕДКИНА¹, О. Г. ЛОПАТОВСКАЯ¹, Н. Л. БЕЛЬКОВА^{1,2}

¹ *Иркутский государственный университет*

² *Лимнологический институт СО РАН, Иркутск*

E-mail: anyuta.seredkina@gmail.com

Регосоль – грубая минеральная почва, образованная на почвообразующих породах разной степени выветрелости, со слабо дифференцированным неполно развитым профилем и слабо выраженным гумусовым горизонтом. В Восточной Сибири регосоль является интразональной почвой. В Приольхонье она встречается среди каштановых почв, солончаков и солонцов. В степном Приольхонье на абсолютных высотах от 557 до 675 м компактно, группируясь в цепочки, расположены соленые озера, вокруг которых формируются засоленные почвы – солончаки. Вокруг Таготского гидролакколита имеются два озера термокарстового происхождения. Располагаясь рядом, озера незначительно различаются по минерализации и компонентному составу воды, что объясняется различной степенью метаморфизации питающих атмосферных осадков и подземных вод. Имеются единичные сведения о Таготском гидролакколите в работах геологов, археологов и палеолимнологов при описании геологических отложений и в целях палеорекострукции климата [2]. Для этого в конце прошлого столетия определяли некоторые физико-химические характеристики грунтов, проведены попытки выявить особенности эволюции озерных отложений, но при этом не дано описание почвы и не выявлены ее свойства [3, 5]. В настоящее время стало возможным обновить

имеющиеся данные с целью получения более детальной характеристики уникальной для региона почвы с использованием современных методов исследований.

Почвенные микробные сообщества – уникальные системы, характеризующиеся целым спектром биогеохимических функций. Они играют важную роль в круговороте веществ, почвообразовании и формировании плодородия почв и представлены большим разнообразием форм: прокариотами (бактерии, актиномицеты, сине-зеленые водоросли) и эукариотами (грибы, микроскопические водоросли, простейшие). Используя современные методы и подходы, удается изолировать в чистую культуру новые виды микроорганизмов, различающиеся по своим физиолого-биохимическим свойствам: оптимуму pH, отношению к температуре, осмотическому давлению, используемым источникам органических и неорганических веществ. Учитывая, что почвы содержат большое количество органического вещества различного происхождения, исследования гетеротрофных микроорганизмов представляют несомненный интерес. Цель данной работы – провести идентификацию и изучить биотехнологический потенциал гетеротрофных микроорганизмов, выделенных из регосоли.

Почвенные пробы отбирали в мае 2011 г. с поверхности до глубины 110 см через каждые 10 см и хранили при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до проведения дальнейших экспериментов. Учет численности гетеротрофных микроорганизмов проводили с использованием питательных сред: NSY (г/л: питательный бульон – 1,0, соевый пептон – 1,0, дрожжевой экстракт – 1,0, агар – 15,0), LB:10 (г/л: триптон – 1,0, дрожжевой экстракт – 0,5, агар – 15,0), TSA (HiMedia, Индия), PCA (HiMedia, Индия). Культивирование проводили при 20°C . Учет общей численности гетеротрофных микроорганизмов (ОЧГМ) проводили на 3 и 7 сутки. Для изоляции делали стандартные пересевы из отдельно выросших колоний, чистоту культур проверяли визуальным и микроскопическим контролем. Фенотипическое описание колоний проводили с помощью светового микроскопа (Микмед Р-13-2, Россия) при увеличении $\times 10$. Для описания колоний учитывали следующие признаки: форму, размер (диаметр), цвет, край, блеск, прозрачность, профиль. Морфологические свойства изучали микроскопированием мазков, отмечали форму микробных клеток, наличие спор, их расположение, тинкториальные свойства. Для исследуемых культур: изучали ферментацию сахаров и спиртов на средах Гисса, определяли наличие каталазы [4]. Ферментативную активность определяли на селективных питательных средах по зонам просветления (в мм) вокруг укола. Культуры анализировали на наличие амилалитической, протеолитической, лецитиназной, липолитической и фосфатазной активности [4]. Идентификацию культур проводили молекулярно-генетическим методом [1].

Исследование распределения ОЧГМ по профилю гидроакколита позволило выявить два пика численности на глубинах 20 и 60–80 см, которые хорошо коррелируют с содержанием общего и неорганического углерода. Органический углерод служит основным питательным субстратом для этой физиологической группы микроорганизмов. Падение численности микроорганизмов на глубине 40 см связано, очевидно, с наличием здесь высокой концентрации солей, которые угнетают рост гетеротрофов в естественной среде обитания.

Большинство проанализированных культур гетеротрофных микроорганизмов имели круглую форму колоний с выпуклым профилем и диаметром от 1 до 4 мм. Колонии четырех культур были белого, непрозрачного цвета, остальные – кремового. Культуры К5-1, К5-2 и К5-3 продуцировали коричневый пигмент на 4 сутки. По морфологии клеток идентифицированы одиночные грамтрицательные палочки, которые варьировали по длине от 0,5 до 2 мкм. Результаты тестирования на физиолого-биохимическую активность показали, что 5 из 11 протестированных культур, К6, К8, К9-1, К10 и К16-1, способны утилизировать большинство сахаров и некоторые спирты. Все проанализированные культуры утилизировали глюкозу, сахарозу и практически все – фруктозу. Внутриклеточной каталазой обладают все изученные штаммы, кроме К6. Результаты тестирования на наличие внеклеточной ферментативной активности показали высокий метаболический потенциал у проанализированных культур (см. рис.). Так, все культуры обладали лецитиназой и амилазной активностью, а протеолитическую проявляли только по гидролизу казеина. Фосфатазная активность за сутки была выявлена для 5 из 11 штаммов: К5-1, К5-2, К5-3, К9 и К16-1.



Представленность штаммов гетеротрофных микроорганизмов, проявляющих множественную ферментативную активность и изолированных из регосолы Таготского гидролакколита, Приольхонье, Восточная Сибирь

Таким образом, с разных глубин регосолы по профилю Таготского гидролакколита выделено 11 штаммов гетеротрофных микроорганизмов. Исследование физиолого-биохимических свойств показало, что все культуры утилизировали широкий спектр сахаров, некоторых спиртов и продуцировали ферменты: каталазу, лецитиназу, амилазу и протеазу. Наличие множественной ферментативной активности у проанализированных штаммов предполагает их высокий метаболический потенциал.

Литература

1. Белькова Н. Л. Молекулярно-генетические методы анализа микробных сообществ // Разнообразие микробных сообществ внутренних водоемов России: учеб.-метод. пособие. Ярославль: Принтхаус, 2009. С. 53–63.
2. Воробьева Г. А. Таготский гидролакколит // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем. Иркутск, 2011. 38 с.
3. Мац В. Д. [и др.]. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. Новосибирск: СО РАН, 2001. 252 с.

4. Нетрусов А. И. [и др.]. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Академия, 2005. 608 с.

5. Попова С. М., Мац В. Д., Черняева Г. П. [и др.] Палеолимнологические реконструкции (Байкальская рифтовая зона). Новосибирск: Наука. 1989. 111 с.

HETEROTROPHIC MICROORGANISMS FROM REGOSOLS: IDENTIFICATION AND BIOTECHNOLOGY POTENTIAL

A. A. SEREDKINA¹, O. G. LOPATOVSKAYA¹, N. L. BELKOVA^{1,2}

¹ Irkutsk State University, Irkutsk

² Limnological Institute SD RAS, Irkutsk

Summary. In the study the cultures of heterotrophic microorganisms isolated from regosols were examined. They were explored on their physiological, biochemical, and cultural properties. It was found that the cultures studied had a high metabolic potential, and could actively dispose sugars and alcohols.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПАЛЕОПОЧВ РАЗРЕЗА МИАСС (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. П. УЧАЕВ, О. Н. САРЫЧЕВА, О. А. ЧУРИНА

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: uchaev89@inbox.ru, sarycheva.ol@yandex.ru, olga_kch@bk.ru

Без изучения климата прошлых геологических эпох невозможно прогнозирование его изменения в будущем. Одним из способов воссоздания климатической обстановки является изучение палеопочв различного возраста. Почвы способны в своих признаках и свойствах хранить информацию о той природной среде, в которой происходило их активное функционирование [3]. В настоящей публикации представлены характеристики вещественного состава палеопочв, которые являются вспомогательными для проведения в дальнейшем диагностики палеоприродной среды педогумусовым методом [1].

Объектом исследования являлись палеопочвы Миасского глиняного карьера, расположенного в пределах города Миасс Челябинской области на эрозионно-аккумулятивной надпойменной террасе верховья реки Миасс, представленной Миасским аллювиальным комплексом [4]. Рельеф территории низкогорный, слабо расчлененный, с абсолютной высотой местности около 330 м. Среднегодовая температура воздуха по данным трех ближайших метеостанций составляет плюс 0,9–1,5 °С, сумма активных температур воздуха варьирует от 1860 до 1900 °С, глубина промерзания почвы колеблется от 90 до 130 см, среднегодовое количество осадков равно 410–460 мм. В настоящее время в соответствии с ботанико-географическим районированием территория расположения карьера относится к Кундравинско-Учалинскому району подзоны сосново-березовых лесов восточного склона Урала лесной зоны, для которого характерно преобладание остепненных и разнотравно-злаковых сосновых лесов и производных от них березняков, иногда с примесью лиственницы [2].

Всего в южном борту карьера было обнаружено 6 палеопочв, пронумерованных нами сверху вниз. Из них были изучены две верхние, сдвоенные (палеопочвы 1 и 2), и две нижние почвы (палеопочвы 5 и 6), находящиеся от современной поверхности на глубине 60, 102, 600 и 755 см соответственно. Мощность этих

почв соответственно 42, 40 (125), 86 (134) и 60 см. Почвы 2 и 5 имеют ясно выраженные языки, глубина простираения которых указана в скобках. Ориентировочно верхние почвы относятся к Батуринской, нижние – к Сырыкульской плейстоценовым свитам.

Почвенные образцы были отобраны из зачистки погребенных отложений подробно, каждые 5–10 см, сплошной колонкой, с учетом видимых границ горизонтов. Общий углерод определялся по Тюрину, магнитная восприимчивость – с использованием каппаметра KLY-2, карбонаты – ацидиметрическим методом, обменные кальций и магний – по Иванову, гранулометрический состав – лазерно-дифракционным методом.

Среднестатистические характеристики вещественного состава гумусовых горизонтов палеопочв разреза Миасс представлены в таблице (см. ниже).

Во всех гумусовых горизонтах палеопочв отмечается очень высокое содержание частиц физической глины (более 85 % почвенной массы) и небольшая доля илистых частиц, не превышающая 13 %. По гранулометрическому составу все гумусовые горизонты палеопочв относятся к пылевой глине. Реакция почвенного раствора в них варьирует в области слабощелочных и щелочных значений и не превышает 8,00. Наиболее узкие колебания значения pH приходятся на самый глубоко расположенный гумусовый горизонт. Накопление гумуса в гумусовых горизонтах палеопочв 5 и 6 практически в 2 раза выше, чем в палеопочвах 1 и 2. Значения магнитной восприимчивости (МВ) наиболее сильно варьируют в двух горизонтах: самом молодом и наиболее древнем, что является следствием колебания содержания в них общего органического углерода и корреляцией этих показателей. Содержание карбонатов имеет относительно невысокие для плейстоценовых палеопочв значения, не превышающие в среднем 5 %. Наиболее сильно оно варьирует в двух нижних горизонтах, в которых наблюдается снижение их количества с глубиной. Насыщенность почвенного поглощающего комплекса (ППК) кальцием в двух верхних погребенных горизонтах гумусонакопления более чем в 2 раза превышает содержание в нем магния. В двух нижних погребенных горизонтах эта разница не превышает полутора раз.

Сходство приведенных аналитических характеристик гумусового горизонта второй палеопочвы и его затека указывает на их качественное единство и одинаковую сохранность изучаемых признаков.

Таким образом, на основании изученных характеристик вещественного состава гумусовых горизонтов палеопочв Миасского разреза плейстоценового возраста можно сделать предварительный вывод о том, что все они могли формироваться во влажных условиях, на что указывают низкие для погребенных почв значения pH и небольшое содержание карбонатов.

Среднестатистические характеристики вещественного состава
гумусовых горизонтов палеопочв разреза Миасс

n	pH _{H2O}	C _{орг} ^{ср} , %	MB, СГСЕ λ · 10 ⁻⁴ %/г	CaCO ₃ , %	Ca ²⁺ , мг-экв/ 100 г почвы	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г почвы	Размер частиц (мм), %	
							<0,001	<0,01
Гумусовый горизонт палеопочвы 1								
5	$\frac{7,73}{8,01}$ *	0,32	1,65	4,4	16,5	6,5	10,9	84,5
±m		0,05	0,25	0,30	1,34	1,35	1,41	1,43
Гумусовый горизонт палеопочвы 2								
5	$\frac{7,68}{7,98}$	0,43	1,47	4,7	17,9	7,6	12,6	87,5
±m		0,06	0,10	0,23	1,88	0,75	0,34	4,06
Затек гумусового горизонта палеопочвы 2								
7	$\frac{7,77}{8,08}$	0,31	1,83	4,7	17,1	7,2	11,9	87,4
±m		0,10	0,08	0,05	0,28	0,91	0,44	0,79
Гумусовый горизонт палеопочвы 5								
5	$\frac{7,38}{7,96}$	0,71	1,42	2,4	15,2	11,0	12,3	87,0
±m		0,04	0,11	0,81	1,62	0,63	0,43	3,19
Гумусовый горизонт палеопочвы 6								
7	$\frac{7,69}{7,84}$	0,77	1,80	4,1	15,3	10,3	8,4	88,3
±m		0,07	0,40	0,73	1,15	0,48	0,68	1,31

*Над чертой – минимальное значение pH, под чертой – максимальное.

Литература

1. Дергачева М. И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
2. Куликов П. В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 969 с.
3. Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. М.: ЛКИ, 2008. 692 с.
4. Стефановский В. В. Плиоцен и квартал Восточного склона Урала и Зауралья. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. 223 с.

THE MATERIAL COMPOSITION OF MIASS SECTION PALEOSOLS (SOUTHERN URALS)

A. P. USHAEV, O. N. SARYCHEVA, O. A. CHURINA

Ural Federal University, Yekaterinburg

Summary. The material composition of four Pleistocene paleosols in Miass section was studied. It can be assumed that they functioned actively in the humid conditions, in favor of which the pH values and carbonate content indicate. These data are useful for further more detailed conducting of natural environment paleoreconstructions with the help of pedohumus method.

ПОЧВЕННО-ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Е. С. Золотова

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: afalinakate@gmail.com

Почва – основной компонент лесного биогеоценоза, определяющий продуктивность лесных насаждений в конкретной климатической зоне. Планирование, организация и рациональное ведение лесного хозяйства невозможны без детальных лесотипологических и почвенных исследований. Благодаря лесной генетической типологии Б.П. Колесникова на Среднем Урале появились первые почвенно-лесотипологические исследования [2, 5, 6], отражающие тесную взаимосвязь растительности и почв.

Цель исследований – на основе подходов генетической лесной типологии изучить особенности структуры, разнообразия и взаимовлияния растительности и физических, химических свойств почв южно-таежных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции.

Проводилось комплексное изучение растительности и почв южно-таежных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции между 57° 00'– 57° 05' с. ш. и 60° 15'– 60° 25' в. д. В основу исследований положены принципы генетической типологии [4] и общепринятые методики лесогеоботанических и почвенных исследований. Изучены 12 типов условно-коренных лесов 120–180-летнего возраста и 11 типов вырубок 1–12-летней давности. На пробных площадях (0,5 га) проведена таксация древостоя, учет подроста, комплексное изучение травяно-кустарничкового яруса: общее геоботаническое описание, оценено обилие по шкале Браун-Бланке, определены проективное покрытие и фитомасса видов. Были заложены полнопрофильные почвенные разрезы, описана морфология, определены некоторые химические и физические свойства почв.

Для Зауральской холмисто-предгорной провинции характерны бурые горнолесные и дерново-палево-подзолистые почвы. Подробное описание структуры растительности, морфологического строения и свойств почв, изученных условно-коренных лесов и вырубок приведено ранее [1, 3].

В результате исследований были выявлены тенденции изменения физических, водно-физических и химических свойств внутри профиля почв 12 типов условно-коренных лесов. Скелетность и содержание разных фракций скелета, плотность сложения, плотность твердой фазы в направлении сверху вниз почти у всех изученных почв увеличиваются, а общая пористость уменьшается. Наибольшие изменения в распределении фракций скелета по профилю у почв под сосняком ягодниково-липняковым и под ельником травяно-зеленомошниковым. При сравнении плотности почв различных местообитаний более информативен гумусовый горизонт. Минимальные значения общей пористости отмечены для почв ельника-кедровника хвощево-мшистого. Гигроскопическая влажность и влажность завядания внутри почвенного профиля уменьшаются. Большинство почв под условно-коренными лесами имеют слабо- и среднекислую реакцию водной вытяжки, высокое содержание легкодоступного калия, которое резко убывает от верхнего горизонта к нижнему. Установлено, что каждый тип леса в генетической

типологии имеет специфические значения рассмотренных свойств почв и закономерности их изменения внутри профиля.

С целью выявления факторов, определяющих альфа-разнообразие лесной растительности, проведен прямой градиентный анализ, установлено, что положительным влиянием на биоразнообразие обладают мощность почв, устойчивость увлажнения; отрицательным – недостаточность или избыточность увлажнения и содержания обменного калия, сильно- и среднекислая реакция водной вытяжки почв, доминирование ели сибирской. Совместное действие указанных факторов приводит к многообразию лесных экосистем и их специфичной структуре.

После сплошных рубок во всем градиенте лесорастительных условий формируются вејниковые рубки. Методом дисперсионного анализа доказана статистическая значимость влияния сплошных рубок на продуктивность травяно-кустарничкового яруса, для некоторых типов леса на видовую насыщенность. Для проективного покрытия не выявлено статистически достоверных различий между лесом и вырубкой.

После рубки древостоя снижаются мощность подстилки, степень ее разложения, а мощность гумусового горизонта, наоборот, возрастает. Наибольшие изменения в морфологии почв происходят на местообитаниях с повышенным увлажнением (оподзоливание почв вырубок). Для верхнего горизонта плотность сложения, влажность завядания, содержание обменного калия увеличиваются; актуальная и потенциальная кислотность, гигроскопическая влажность уменьшаются; пористость практически не меняется. Выявленные для гумусового горизонта закономерности изменения свойств для нижнего горизонта преимущественно имеют обратные тенденции.

Методом кластерного анализа для южно-таежных лесов и вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции установлено, что по комплексу изученных физических и химических свойств почв горизонты ВС объединяются по сукцессионному статусу (лес-вырубка) в плотные скопления, а горизонты А₁ по типам леса в рыхлые скопления.

При анализе формирования древесного яруса после сплошных рубок было установлено, что с увеличением мощности почвы сосна (*Pinus sylvestris* L.) начинает уступать березе (*Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh.) в численности. При мощности почв 25–35 см сосна и береза имеют равную численность на рубках (в среднем от 8,4 до 12,8 тыс. экз/га). В результате на мелких почвах формируются сосняки, на мощных – березняки, на почвах средней мощности смешанные хвойно-лиственные и лиственно-хвойные древостои. Исследования использованы для разработки и верификации нелинейной математической модели [7].

Таким образом, благодаря комплексному почвенно-лесотипологическому подходу, впервые для обобщенного топоэкологического профиля горных лесов изучена взаимосвязь растительности и некоторых свойств почв условно-коренных типов леса. Установлено, что каждый тип леса в генетической типологии имеет специфические значения рассмотренных почвенных свойств и закономерности их изменения внутри профиля. Выявлено влияние сплошных рубок на продуктивность и видовую насыщенность травяно-кустарничкового яруса и некоторые физические, химические свойства почв Зауральской холмисто-предгорной провинции Среднего Урала.

Литература

1. Золотова Е. С., Иванова Н. С. Лесотипологическое исследование вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(4). С. 1016–1019.
2. Зубарева Р. С., Сумароков В. В., Горячев В. М. О физических особенностях почв и их лесообразующей роли в горных темнохвойных лесах Среднего Урала // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье: сб. статей. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 114–123.
3. Иванова Н. С., Золотова Е. С. Биоразнообразие условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Современные проблемы науки и образования: электронный науч. журн. 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8563> (дата обращения 1.08.2014).
4. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
5. Фирсова В. П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М.: Наука, 1977. 176 с.
6. Фирсова В. П., Ржанникова Г. К. Почвы южной тайги и хвойно-широколиственных лесов Урала и Зауралья // Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья: Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1972. Вып. 85. С. 3–87.
7. Ivanova N.S., Zolotova E.S. Model of Forest Restoration // Population Dynamics: Analysis, Modelling, Forecast. 2013. № 2(2). P. 50–60.

SOIL AND FOREST TYPOLOGICAL RESEARCHES IN THE MIDDLE URALS

E. S. ZOLOTOVA

Botanical Garden Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

Summary. For the southern taiga forests in the Zauralsky hilly piedmont province (Middle Urals) we carried out complex soil-forest typological researches based on genetic typology. We obtained data on the vegetations structure, soil morphology, and physical and chemical soils properties of 12 types conditionally indigenous forests and 11 types of cuttings. We investigated interferences of structure, diversity of vegetation and the physical, chemical properties of the soils within the generalized topoecological profile.

ЧАСТЬ 8. ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ И ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В РАЙОНЕ МОУ СОШ № 19 ГОРОДА ТВЕРИ

Д. М. КАТАУСКАС, Л. В. МИХЕЕВА, Н. В. ДУБИНИНА

Средняя общеобразовательная школа № 19, Тверь

E-mail: ninochka025@mail.ru

На сегодняшний день лишеноиндикация – это перспективный и наиболее разработанный метод экологического мониторинга, который достоверно, без больших затрат позволяет определить степень загрязнения воздуха и оценить воздействие промышленных предприятий на окружающую среду.

Цель работы – изучение видового состава лишайников и лишеноиндикация атмосферного загрязнения в районе МОУ СОШ № 19 г. Твери и смешанного леса пос. Мигалово.

Материалы и методика исследования. Изучение лишайников проводилось в декабре 2013 – январе 2014 г. в районе МОУ СОШ № 19 г. Твери и в смешанном лесу в окрестностях пос. Мигалово. Была сделана схема расположения МОУ СОШ № 19 и смешанного леса с помощью программы Google Earth.

Был проведен сбор слоевищ лишайников на пробных площадках, расположенных в разных направлениях от МОУ СОШ № 19 – северном, южном, восточном и западном и на пробной площадке в смешанном лесу пос. Мигалово (размер $10 \times 10 \text{ м}^2$).

В районе МОУ СОШ № 19 были заложены 4 пробных площадки. На каждой из площадок на 10 деревьях проводилось измерение проективного покрытия эпифитных лишайников. Для определения покрытия лишайниками стволов деревьев использовалась полиэтиленовая квадрат-сетка размером $20 \times 20 \text{ см}^2$, расчерченная на квадраты $2 \times 2 \text{ см}$. Квадрат-сетка накладывалась на ствол дерева в том месте, где слоевища лишайников расположены наиболее обильно. Покрытие рассчитывалось в процентах от площади квадрат-сетки и переводилось в балльную шкалу.

В смешанном лесу пос. Мигалово была заложена пробная площадка размером $10 \times 10 \text{ м}^2$. Также проводилось измерение проективного покрытия лишайников на 10 произвольно выбранных деревьях.

Расчет индекса степени загрязнения атмосферного воздуха проводился по формуле Х. Х. Трасса:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{Ai \times Ci}{Cn}$$

Результаты исследования. В окрестностях МОУ СОШ № 19 г. Твери обнаружено 9 видов лишайников, относящихся к 6 родам, 5 семействам (см. рис. ниже). Три вида являются сильноустойчивыми к загрязнению воздуха: Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*), Ксантория многоплодниковая (*Xanthoria polycarpa*), Фисция неопределенная (*Physcia tribacia*); шесть видов – среднеустойчивыми: Фисция звездчатая (*Physcia stellaris*), Фисция серо-голубая (*Physcia aipolia*),

Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), Леканора многообразная (*Lecanora allophana*), Лецидея скученная (*Lecidea glomerulosa*). Чувствительные к загрязнению воздуха виды лишайников в районе школы не произрастают.

На пробной площадке в смешанном лесу пос. Мигалово выявлено 14 видов лишайников, относящихся к 10 родам, 6 семействам. То есть в смешанном лесу произрастает на 5 видов лишайников больше, чем в районе МОУ СОШ № 19. Три вида являются сильноустойчивыми к загрязнению воздуха, восемь видов являются среднеустойчивыми к загрязнению воздуха; три вида – чувствительные к загрязнению воздуха (Цетрария сосновая (*Cetraria pinastri*), Усея жестко-волосистая (*Usnea hirta*), Эверния сливовая (*Evernia prunastri*)).



Лихеноиндикация загрязнения воздуха в районе МОУ СОШ № 19 г. Твери

№ пробной площадки	Особенности расположения	Индекс полевотолерантности
Пробная площадка №1	Расположена вдоль автотранспортной дороги, к северу от МОУ СОШ №19	7,1
Пробная площадка №2	Расположена вдоль автотранспортной дороги, к востоку от МОУ СОШ №19	7,3
Пробная площадка №3	Расположена вдоль автотранспортной дороги, к югу от МОУ СОШ №19	7,2
Пробная площадка №4	Расположена вблизи стадиона, к западу от МОУ СОШ №19	6,8
Пробная площадка №5	Смешанный лес, на западной окраине пос. Мигалово	5,7

Выводы. 1. В окрестностях МОУ СОШ № 19 г. Твери обнаружено 9 видов лишайников, относящихся к 6 родам, 5 семействам. В районе МОУ СОШ № 19 не обнаружены кустистые виды лишайников, которые являются чувствительными к загрязнению воздуха. В смешанном лесу произрастает на 5 видов лишайников больше, чем в районе школы, среди которых имеются кустистые чувствительные к загрязнению воздуха лишайники.

2. Наибольшее число видов лишайников в районе МОУ СОШ № 19 обнаружено на пробной площадке № 4, расположенной на удалении от автотранспортных дорог, вблизи стадиона.

Индекс полеотолерантности в районе МОУ СОШ № 19 равен 7,2 (см. табл.). Это свидетельствует о повышенной степени загрязнения воздуха в районе школы, что объясняется ее расположением в окружении двух автотранспортных дорог. Индекс полеотолерантности в смешанном лесу пос. Мигалово составляет 5,7, то есть он ниже, чем в районе МОУ СОШ № 19. Смешанный лес также характеризуется средней степенью загрязнения воздуха в связи с расположением на окраине города и, возможно, близким расположением от него аэродрома.

Литература

1. Анищенко Л.Н. Брио- и лишайноиндикационные шкалы для оценки качества сред обитания (на примере Средней России) // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5.

2. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней полосы Европейской части СССР. М.; Л.: Наука, 1966. 256 с.

3. Шапиро И. А. Загадки-растения сфинкса: Лишайники и экологический мониторинг. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 78 с.

SPECIES COMPOSITION LICHENS AND LICHENOINDICATION AIR POLLUTION IN THE SECONDARY SCHOOL № 19 THE CITY OF TVER

D. M. KATAUSKAS, L. V. MIHEEVA, N. V. DUBININA

Municipal Educational Institution School №19, Tver

Summary. In this research work provides information on the species composition of lichens in the area of school № 19 of Tver and mixed forest village Mигalovo. Studied the propagation of epiphytic lichens in four directions from the school № 19 – north, west, south and east. Detected contamination of atmospheric air in the vicinity of schools and in the mixed forest by means of method of lehenoidication.

К ВОПРОСУ ЗАРАЖЕННОСТИ *VITHYNIA TENTACULATA* ВИДАМИ РОДА *TREMATODA*

К. С. Михайлова, Н. С. Котельникова

Гимназия № 159 «Бестужевская», Санкт-Петербург

E-mail: katerina210780@mail.ru, nina.kotelnikova87@gmail.com

В настоящее время проблема паразитарного загрязнения крупных городов и прилежащих к ним территорий приобрела существенное значение. Так, по литературным данным, из-за отсутствия надлежащего ветеринарного и медико-санитарного контроля отмечается рост инвазионного материала в водных системах крупнейших мегаполисов России [2, 5]. Источниками заражения служат люди, домашние животные и птицы. При этом, по мнению экспертов ВОЗ, увеличение численности диких уток и легочных моллюсков в водоемах, привело к обострению церкариозной обстановки в городах [3, 4].

В связи с этим целью нашей работы стало изучение зараженности рода *Vithynia* видами трематод. Анализируя данные литературы [2, 4, 5] по паразитофауне моллюсков на территории России и стран ближнего зарубежья, нами было отмечено 58 видов трематод, паразитирующих у данной группы моллюсков. При этом большая часть видов трематод (48) завершают свое развитие только в орга-

низме птиц, 8 являются общими для млекопитающих и птиц и 2 вида закачивают свой жизненный цикл в моллюсках.

Стоит подчеркнуть и неуклонно возрастающий интерес к жизненным циклам трематод. Причин тому несколько. Главная из них – осознание паразитологами того факта, что эволюция трематод – это прежде всего эволюция их жизненных циклов как в целом, так и составляющих их фаз и поколений. К сожалению, последние изучены не одинаково детально [1].

В связи с этим перед нами стояли задачи по определению степени зараженности моллюсков, пола инвазионных особей и стадии развития паразита в них.

Для этого нами были проведены наблюдения паразитофауны моллюсков Муринского ручья – излюбленного места отдыха жителей Калининского района Санкт-Петербурга. Основным объектом исследований были представители *Bithynia tentaculata*. Всего была отобрана 41 особь. Весь материал был помещен в индивидуальные стаканчики при комнатной температуре 23 °С. В результате недельного наблюдения количество зараженных церкариями моллюсков составляло 85,3 %.

Вскрытие зараженных особей показало, что в 46,3 % случаев поражены были функционально женские особи, в 14,6 % – мужские. Однако в 39,1% случаев нами было отмечено полное разрушение первичного хозяина трематод метациркариями. Эти достаточно высокие показатели степени патогенности подтверждают относительность «безвредности» метациркарного заражения для моллюсков [5].

Полученные результаты свидетельствуют о наличии у моллюсков представителей патогенной для человека паразитофауны. Некоторые из них, по литературным данным, могут быть возбудителями описторхоза и трихобильгарциоза. Если первым человек может заразиться через употребление в пищу рыбы, то вторым – при купании в водоеме [3].

Кроме того, в природных экосистемах, оказавшихся в условиях интенсивной урбанизации, наблюдается процесс изменения составляющих их компонентов. Особенно заметная трансформация происходит в водных экосистемах, которые являются местом аккумуляции последствий большинства антропогенных факторов. В результате происходит нарушение сбалансированной структуры их биоценозов, которое отражается на всех компонентах водных сообществ. Не исключение и их паразитарная составляющая, которая является неотъемлемой частью любого биоценоза [5].

Поэтому в дальнейшем планируются исследования в виде паразитологического мониторинга, которые могут быть использованы для контроля за сохранением окружающей среды.

Литература

1. Атаев Г. Л., Аванесян А. И., Локер С., Добровольский А. А. Организация герминального материала и динамика размножения материнских спороцист рода *Echinostoma* (*Trematoda-Echinostomatidae*) // Паразитология, 2001. С. 307.
2. Бээр С. А. Причинно-следственные связи между различными загрязнениями окружающей среды и обострением ситуации в отношении церкариоза (на примере мегаполиса Москвы) // Паразитологические проблемы больших городов. СПб., 1996. С. 15.
3. Ильинских Е. Н., Новицкий В. В., Ильинских Н. Н., Лепехин А. В. О распространении инвазии *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) и *Metorchis bilis* (Braun, 1890) у населения некоторых регионов Западной Сибири // Бюллетень сибирской медицины. 2006. № 4.

4. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 1999 г. (Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) / под ред. Ю. А. Израэль. М., 2000. 350 с.

5. Фаттахов Р. Г. Экология паразитарных систем описторхид Обь-Иртышского бассейна в условиях антропопрессии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Тюмень, 1996. 49 с.

THE QUESTION INFECTED BITHYNIA TENTACULATA SPECIES OF THE GENUS TREMATODA

K. S. MIKHAILOVA, N. S. KOTELNIKOVA

Gymnasium № 159 Bestuzhevskaya, Saint-Petersburg

Summary. At the moment the problem about pollution of the city is very important. In this context, the aim of our work was to study the infection of species *Trematoda* of the genus *Bithynia*. Our objectives are: to identify the degree of contamination of shellfish, gender invasive species and stage of development of the parasite in them. As a result of weeks of observation the number of infected shellfish cercariae was 85.3%. Opening of infected individuals showed that in 46.3 % of cases were smitten functional females, 14.6% – men. However, in 39.1 % of cases, we observed the complete destruction of the primary host of trematode metacercariae. The results indicate the presence of representatives of the mollusks pathogenic to humans parasitofauna. Some of them, according to the literature, can be agents of opisthorchiasis and trihobilgartsioza. If the first person can be infected through consumption of fish, the second – when bathing in a pond.

Therefore, further studies are planned in the form of parasitological monitoring, which can be used to monitor the preservation of the environment.

ИССЛЕДОВАНИЕ МУЧНИСТОЙ РОСЫ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО И РАЗРАБОТКА МЕР БОРЬБЫ С НЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА САНКТ- ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. ШМАРОВА, Н. С. КОТЕЛЬНИКОВА

Гимназия №159 «Бестужевская», Санкт-Петербург

E-mail: alexandra.shmarova@mail.ru

В настоящее время защите декоративных растений в Санкт-Петербурге и области не уделяется должного внимания. Отсутствуют сведения о видовом составе возбудителей мучнистой росы, не изучены биоэкологические особенности развития возбудителя заболевания, не установлен характер проявления инфекционной болезни и динамика развития патогенов на территории города и области. В связи с этим не определена тактика борьбы с опасным заболеванием.

Для правильного выбора, эффективной и своевременной организации мероприятий по защите растений от болезней необходимы точные сведения об этиологии заболевания, о распространении и степени его развития на изучаемой территории.

Цель – выявить особенности развития мучнисто-росяных грибов, паразитирующих на клене остролистном, и разработать меры борьбы с ними на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

В результате исследования нами были выявлены различные причины и факторы появления мучнисто-росяных грибов на клене остролистном.

Клен остролистный является растением, наиболее подверженным заболеванню мучнистой росой, что было нами установлено в ходе осмотра восприимчивых к мучнистой росе деревьев (было осмотрено еще 2 восприимчивых вида – липа белая и дуб черешчатый). Возбудителями данной болезни являются сумчатые грибы класса *Ascomycetes*, подкласса истинно сумчатые – *Euascmycetidae*, группы порядков клейстомицеты – *Cleistomycetes*, порядка *Erysiphaceae*, семейства *Erysiphaceae*, рода *Microsphaera*, вид *Microsphaera palczewskii* Jacz. Болезнь характеризуется появлением на зеленых частях растений белого мучнистого налета, образованного мицелием и спороношениями патогена.

При поражении растений мучнистой росой нарушаются физиологические функции листьев, что ведет к их преждевременному засыханию. Все виды мучнистой росы сходны по биологии возбудителей, особенностям развития и проявления болезни, а также характеру причиняемого вреда.

Ежегодное заражение растений клейстотециями (плодовыми телами) грибов является источником первичного заражения здоровых растений. В начале лета аскоспоры, освободившиеся из сумок, разносятся ветром. Попав на растение-хозяина, они прорастают и развивают первичный мицелий. Таким образом, на клене формируются первичные очаги болезни. Заражение начинается в начале июня. Оно происходит на нижних листьях растений. Очаги возникают в скоплениях листостебельной массы, где формируется наиболее благоприятный для этого микроклимат. В начале июля на листьях с обеих сторон образуется хорошо заметный серовато-белый, вначале паутинистый, позже уплотняющийся налет с конидиальным спороношением гриба. В середине лета на грибнице образуются плодовые тела с зимующими спорами гриба в виде небольших темно-коричневых или почти черных точек.

Таким образом, первые признаки заболевания, при благоприятных условиях года, наступают в конце мая, начале июня, массовое конидиальное спороношение – начало-середина июля, массовое половое спороношение – конец июля, начало августа.

Нами было установлено, что более значимыми в период размножения являются требования гриба к влажности воздуха: не ниже 80 %. Этот показатель практически всегда обеспечен весной в Санкт-Петербурге и Ленинградской области – в зоне стабильно высокого заражения культур мучнистой росой.

Основываясь на этих выводах, а также посредством анализа литературы и интернет-ресурсов, был подобран комплекс мер для борьбы с мучнисто-росяными грибами.

Для снижения вредоносности мучнистой росы необходимо максимально уменьшить ее патогенную массу. Этого можно добиться путем уничтожения мицелия и спор гриба. В основном применяются два способа борьбы: химический и бактериальный. В первом случае используются различные химические вещества и ядохимикаты – фунгициды, а во втором – бактерии, развивающиеся в процессе брожения кисломолочных продуктов, навозной жижи, прелого сена. Конечно же, наиболее выгодным и менее затратным является бактериальный метод. Для борь-

бы с мучнистой росой можно использовать и любые огородные сорняки, с их помощью готовится так называемая сброженная трава. Или же можно использовать молочнокислые бактерии, развивающиеся в кисломолочных продуктах, которые негативно действуют на мучнисто-росяной патоген и в то же время не вредят растениям.

Можно предложить еще один метод, основанный на химическом способе борьбы. После листопада листья сгребать и уничтожать опавшие побеги. Опрыскивание и опыливание растений осуществлять в период вегетации преимущественно препаратами серы. А также опрыскивать смесью кальцинированной соды с жидким мылом или суспензией каратана.

Литература

1. Ганичкина О. А., Ганичкин А. В. Защита растений сада и огорода от вредителей и болезней. М.: ЭКСМО-Пресс, 2000.
2. Гарибова Л. В., Лekomцева С. Н. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005.
3. Горленко М. В. Фитопатология. Л.: Колос, 1971.
4. Головин П. Н. Мучнисто-росяные грибы, паразитирующие на культурных и полезных растениях. М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1960.
5. Грибы / под ред. проф. Горленко М. В. М.: Просвещение, 1976.
6. Мозолевская Е. Г., Кузьмичев Е. П., Соколова Э. С. Болезни древесных растений: справочник. Т. 1. Болезни и вредители в лесах России. М.: ВНИИЛМ, 2004.
7. Муратова Р. Р. Мучнистая роса караганы древовидной и меры борьбы с ней в г. Сургуте // IX окружная конференция молодых ученых «Наука и инновации XXI века». СурГУ, 2008.
8. Черепанова Н. П., Тоблас А. В. Морфология размножения грибов: пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2006.
9. Черченькова Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002.
10. Швецова А. Н., Виноградова Н. И. Болезни и вредители полевых культур в Западной Сибири. Омск: Омск. сельскохоз. ин-т, 1971.

RESEARCH OF MEALY DEW OF MAPLE ACUTIFOLIATE AND WORKING OUT OF MEASURES OF STRUGGLE AGAINST IT IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF ST.-PETERSBURG AND LENINGRAD REGION

A. A. SHMAROVA, N. S. KOTELNIKOVA

Gymnasium № 159 Bestuzhevskaya, Saint-Petersburg

Summary. Now to protection of ornamental plants in St.-Petersburg and area it is not given proper attention. There are no data on specific structure of activators of mealy dew of trees and bushes, bioecological features of development of the activator of disease are not studied. Exact data on an aetiology (reasons) of disease, on distribution and degree of its development are necessary for a correct choice, the effective and timely organisation of actions for protection of plants against illnesses in studied territory.

ХИМИОТЕРАПИЯ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА РАЗНОЙ ПРИРОДЫ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ DROSOPHILA MELANOGASTER

Н. В. МАХОВА*, В. П. ШМЕЛЕВА

Научные руководители: Корягина Т. М., Марвин А. М.

Гимназия № 9, Екатеринбург

**E-mail: shetti@bk.ru*

В качестве контроля прослеживалась жизнедеятельность двух линий дикого типа Арамилль и Биостанция 5.

Обе линии характеризуются высокой плодовитостью, низкой частотой встречаемости эмбриональных и постэмбриональных леталей.

Использование метотрексата (в *retgos*) позволяет проследить влияние данного цитостатика на жизнеспособность изученных нами линий дикого типа. В обеих линиях обнаружено значительное снижение средней плодовитости.

Высокая температура ($t = 25$), культивирования на среде с метотрексатом по сравнению с низкой ($t = 20-23$) существенно повысила частоту обнаружения повреждения крыла типа «вырезка», то есть цитостатический эффект повысился.

Прослежены четкие половые различия в отношении чувствительности метотрексата, а именно: особи мужского пола всегда демонстрируют более высокое значение в отношении частоты встречаемости повреждения крыла типа «вырезка».

В ходе создания модельной системы для изучения проблемы апоптоза, были получены 15 межлинейных гибридов от скрещивания разных линий дикого типа, на мутационную линию *vestigial* с учетом результатов секвенирования на предмет наличия в этой линии мутационных аллелей гена *scalloped*. Всего было осуществлено 30 реципрокных скрещиваний.

В ходе анализа результатов 30 межлинейных скрещиваний было обнаружено в F1 появление особи с повреждением крыла типа «вырезка», в зависимости от направления скрещивания, когда в качестве материнской формы использовались самки мутационных линий *vestigial*, во всех вариантах скрещивания прослеживается достоверное увеличение повреждения крыла типа «вырезка», в отличие от реципрокных. Анализ межлинейных гибридов Арамилль и Биостанция 5 позволяет проследить довольно существенное значение всех показателей жизнеспособности. Как результат влияния двух мутаций *vestigial* и *scalloped* в гетеро- и мозоиготном состоянии.

Фолиевая кислота в концентрации 20 мг/кг среды снижает частоту встречаемости повреждений крыла типа «вырезка» в обеих модельных системах, используемых нами в данной работе, и оказывает существенное влияние на жизнеспособность, в первую очередь в отношении плодовитости, и в меньшей степени на частоту ранних эмбриональных и постэмбриональных леталей.

Полученные нами результаты могут быть использованы в теоретической медицине при оценке влияния цитостатиков в условиях химиотерапии с точки зрения влияния фолиевой кислоты как на процент жизнеспособности, так и интенсивности апоптоза.

Осуществлена оценка жизнеспособности двух линий дикого типа Арамилль и Биостанция 5. Обе линии демонстрируют высокий уровень плодовитости и

низкую частоту встречаемости эмбриональных и постэмбриональных леталей. Метотрексат в концентрации 2 мг/кг среды оказывает ингибирующий эффект на плодовитость, увеличивает частоту встречаемости эмбриональных леталей, но снижает частоту постэмбриональных леталей. Повышение температуры вызывает достоверное увеличение частоты встречаемости повреждения крыла типа «вырезка» с 10 до 60 %. Обнаружено четкое половое различие на частоту встречаемости повреждения крыла типа «вырезка» с повышением температуры на среде с метотрексатом (самки – 28,7 %, самцы – 73,1 %).

У межлинейных гибридов с использованием мутационных линий *vestigial* и линий дикого типа Арамил и Биостанция 5 прослеживается в реципрокных скрещиваниях на уровне частоты встречаемости повреждения крыла четкое наследование по типу, сцепленное с полом.

CHEMOTHERAPY IN THE STRESS OF A DIFFERENT NATURE FOR A MODEL OF DROSOPHILA MELANOGASTER

N. V. MAKHOVA, V. P. SHMELEVA

Gymnasium № 9, Yekaterinburg

Summary. Using two lines of wild-type Aramil and Bios 5 as two working models for the study of apoptosis caused by methotrexate and interlinear hybridization using a mutant line *vestigial*. Chemotherapy was carried out with the help of folic acid – methotrexate’s antagonist .

ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ ПО БИОЛОГИИ КАК УСЛОВИЕ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА

Э. Р. Зиннатова

Городская станция юных натуралистов, Нижний Тагил

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: elvira_nt@list.ru

Активизация познавательного интереса у учащихся – это один из ключевых вопросов современного образования. Обществу нужен выпускник, самостоятельно мыслящий, умеющий видеть и творчески решать возникающие проблемы. Задача школьного учителя – поддержать ребенка и развить его способности, подготовить почву для того, чтобы эти способности были реализованы.

Внеурочная деятельность по биологии в соответствии с требованиями Стандарта организуется по основным направлениям развития личности (общеинтеллектуальное, общекультурное, духовно-нравственное, социальное, спортивно-оздоровительное и т. д.). Организация занятий по этим направлениям является неотъемлемой частью образовательного процесса.

Содержание внеурочной деятельности значительно выходит за рамки учебной программы и определяется интересами учащихся, что позволяет значительно расширить и углубить знания, применять их в жизненных ситуациях. К сожалению, в связи с нехваткой времени, большой загруженностью и отсутствием необходимого лабораторного оборудования, школьный учитель редко может самостоятельно качественно организовать внеурочную деятельность.

В таких случаях при организации внеурочной деятельности учащихся могут использоваться учреждения дополнительного образования. В нашем городе Нижний Тагил таким учреждением является МАОУ ДО «Городская станция юных натуралистов». На станции имеется исследовательская лаборатория, оснащенная современным лабораторным оборудованием – это база опытнической работы учащихся. Здесь они закрепляют, расширяют и углубляют знания по биологии, полученные в школе и в детском объединении «Юные исследователи природы», познают растительные организмы, овладевают методами управления ростом и развитием растений. Кроме того, на базе лаборатории во время внеурочной деятельности учащиеся выполняют научно-исследовательские работы биологической и экологической направленности.

В этом случае применяется технология проектной деятельности, позволяющая продуктивно усваивать знания, учиться их анализировать, обобщать, интегрировать, делать их более практико-ориентированными.

Проектная деятельность помогает учащимся разнообразить учебную деятельность, стимулирует их познавательный интерес. Дети получают удовлетворение от собственного труда. Проявляется внутренняя мотивация, побуждающая увлеченного ребенка продолжить процесс погружения в проблему и выйти на качественно новый уровень познания.

В результате научно-исследовательской работы и использования метода проектов у педагога дополнительного образования происходит непрерывное повышение профессионального мастерства, и оно используется для оказания помощи ученикам в усвоении учебного материала с учетом их индивидуальных особенностей, выбора жизненных и профильных ориентиров.

Все проекты, подготовленные учащимися в результате исследовательской работы, заслушиваются на городской школьной научно-практической конференции и на фестивале детского экологического объединения «Зеленая волна», которые проводятся ежегодно. Примером могут служить научно-исследовательские проекты «Лечебные свойства сока алоэ и его применение при укоренении растений» – 2-е место на фестивале «Зеленая волна» и грамота на городской школьной НПК, «Экология фотосинтеза водного растения» – 3-е место на фестивале «Зеленая волна» и грамота на городской школьной НПК. Проект «Применение сока алоэ при укоренении растений» прошел отбор и был представлен на XII областном экологическом форуме в городе Екатеринбурге.

В период летних каникул внеурочная деятельность не останавливается. Летом используются возможности специализированных лагерей, тематических лагерных смен и летние школы, во время которых учащиеся определяют с темой исследовательской работы, проводят анализ литературы по выбранной проблеме, собирают биологический материал, проводят апробацию эксперимента.

Таким образом, внеурочная деятельность по биологии – это важный компонент системы урочно-внеурочной деятельности учащихся по предмету. Эта работа является эффективным средством обучения, воспитания и развития учащихся. Внеурочную работу по биологии можно рассматривать как условие для реализации индивидуальных способностей учащихся, для пробуждения у учащихся интереса к самообразованию. Что позволяет ребятам участвовать в олимпиадах

и научно-практических конференциях по биологии и экологии, социально значимых экологических мероприятиях разного уровня. Кроме того, все это должно способствовать формированию у ребят совокупности качеств, образующих экологическую культуру личности, активно действующей в защиту природы.

EXTRACURRICULAR ACTIVITIES STUDENTS IN BIOLOGY AS A CONDITION UGLUBLENNOGO STUDY OF THE SUBJECT

E. R. ZINNATOVA

*City station of young naturalists, Nizhny Tagil
Ural Federal University, Yekaterinburg*

Summary. Thus, extracurricular activities biology is an important component of the system arachno-extracurricular activities of students in the subject. This work is an effective means of training, education and development of students. Overtime work on biology can be seen as a condition for the realisation of individual abilities of students, to awaken students ' interest in self-education. Allowing children to participate in the Olympiads and scientific-practical conferences on the biology and ecology of socially significant environmental activities at various levels. In addition, all of this should contribute to the formation of the guys together qualities, forming the ecological culture of personality, active in the protection of nature.

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1. АНАТОМИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	3
ЗАВИСИМОСТЬ ВЫРАЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ГЕНОТИПА И ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ К. В. Азарин, М. Н. Гудко, А. В. Усатов.....	3
ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОДРОСТА СОСНЫ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) В КОНТРАСТНЫХ ЭКОТОПАХ ПОДЗОН ПРЕДЛЕСОСТЕПИ И СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ А. А. Чучалина, О. Е. Черепанова.....	6
ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТЕБЛЯ СОСНЫ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) И ЕЛИ (<i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST) А. Ю. Девяткин, И. Н. Борисов.....	8
СПЕЦИФИКА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ РОССИИ И ФИНЛЯНДИИ А. Н. Габдулхакова.....	10
ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ СТАРИННЫХ ПАРКОВ СТАРИЦКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ Н. А. Гасова.....	11
<i>GRIMMIA TERETINERVIS</i> – ВЕРОЯТНЫЙ ВИД-ИНДИКАТОР АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ УРАЛА А. А. Ибатуллин, Д. В. Киселева, М. С. Емельянова, М. Н. Коврижин.....	13
СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «СЕВЕРНИКЕЛЬ» А. С. Исаева, К. М. Кулеш, П. Г. Приймак.....	14
ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ <i>PEDICULARIS SIBIRICA SUBSP. URALENSIS</i> (VVED.) IVANINA НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ О. А. Киселева.....	17
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ ПО МИКРОЭЛЕМЕНТАМ В ХВОЕ ЕЛИ ФИНСКОЙ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С. С. Комаров, М. В. Рогозин, Н. В. Жекина.....	18
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БРАХИБЛАСТОВ И АУКСИБЛАСТОВ БЕРЕЗ К. М. Кулеш, А. С. Исаева, П. Г. Приймак.....	21
АНАЛИЗ МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ХВОИ В ПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) А. Г. Лебедев.....	24

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ КОМПЛЕКСОНЫ В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ	
Е. С. Логинова, В. М. Никольский, Л. Н. Толкачева, А. А. Яковлев.....	27
ЭНДЕМИЧНЫЕ ВИДЫ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	
С. Р. Мифтахова.....	29
ОСОБЕННОСТИ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.)	
В. А. Полевкова.....	31
ОСОБЕННОСТИ СЕМЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ГЕЙХЕР	
А. А. Реут, Л. Н. Миронова.....	33
ЭКОЛОГИЯ <i>LYCOPUS EUROPAEUS</i> L. (СЕМ. <i>LAMIACEAE</i>)	
С. В. Шабалкина, И. В. Чазова.....	35
ФЛОРА КОНЪЮГАТ (<i>ZYGNEMATOPHYCEAE</i>) НЕКОТОРЫХ ЗАРАСТАЮЩИХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО УРАЛА	
А. С. Шахматов.....	38
ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ХВОЕ <i>LARIX SIBIRICA LEDEB.</i> НА ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	
Е. П. Шлапак.....	39
К ИЗУЧЕНИЮ ГРИБОВ МАКРОМИЦЕТОВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЦЛГПБЗ)	
А. С. Цветкова.....	42
ЧАСТЬ 2. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	45
НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ИЗ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛЕОТВАЛОВ	
К. И. Боталова.....	45
ВЛИЯНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ <i>FUCUS DISTICHUS</i> (L.)	
О. В. Човган, С. С. Малавенда.....	48
ВЛИЯНИЕ ГЕНА <i>HMG1</i> НА СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ В ЛИСТЬЯХ ТРАНСГЕННОГО ТАБАКА	
А. А. Ермошин, Ю. В. Санаева, С. А. Борцова.....	49
АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ <i>RAPHANUS SATIVUS</i> L. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ СУЛЬФАТАМИ СВИНЦА И КАДМИЯ	
Т. Н. Голева.....	51

УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ К СТОЧНЫМ ВОДАМ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА М. Н. Кислицина.....	53
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКСИДА АЗОТА И СУЛЬФИДА ВОДОРОДА НА ТРАНСПОРТНУЮ АКТИВНОСТЬ ПРОТОННЫХ ПОМП ВАКУОЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ Е. В. Колесникова, И. С. Нестеркина.....	56
МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА АЛЬБУМИНОВЫХ БЕЛКОВ СЕМЯН ЛЬНА Ю. В. Козловская.....	58
ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ ВЕГЕТАЦИИ Л. А. Краснаярова, А. В. Немчанинова.....	59
ВЛИЯНИЕ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 10-4 НА СОДЕРЖАНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ В НОРМЕ И ПРИ ЗАСОЛЕНИИ О. В. Ласточкина, Р. А. Юлдашев, А. В. Широков, Л. И. Пусенкова.....	62
ИЗУЧЕНИЕ МИКОРИЗАЦИИ КАК СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА М. А. Лебедева, И. Л. Бухарина.....	64
ФЛАВОНОЛЫ В РЕГУЛЯЦИИ РАЗВИТИЯ, ПРОРАСТАНИЯ И РОСТА МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ <i>IN VIVO</i> Ю. В. Минкина.....	66
ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ФАЗАМ ВЕГЕТАЦИИ В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ А. В. Немчанинова, Л. А. Краснаярова.....	68
РАФТЫ В СТРУКТУРЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН И. С. Нестеркина, Е. В. Колесникова.....	71
ВЛИЯНИЕ ХОЛОДОВОГО ЗАКАЛИВАНИЯ НА УРОВЕНЬ УГЛЕВОДОВ И ПРОЛИНА В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ГИПЕРТЕРМИИ В. В. Пархоменко, А. В. Ощепкова.....	73
ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ КАДМИЯ В ГРАДИЕНТЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОГОЛИСТНИКА К. А. Поморцева.....	76
ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ АНТИГРИБНОГО ДЕЙСТВИЯ ХАРПИНО-ПОДОБНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПЕПТИДОВ РАСТЕНИЙ Е. А. Рогожин, А. С. Васильченко, С. К. Завриев.....	78

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА АУКСИНОВ НА РОСТ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА Ю. В. САНАЕВА, С. А. БОРЦОВА, А. А. ЕРМОШИН, О. С. СИНЕНКО	81
ГРУППОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПЛОДОВ И ЛИСТЬЕВ МЕГАДЕНИИ БАРДУНОВА (<i>MEGADENIA BARDUNOVII</i> M. POP) Н. В. СЕМЕНОВА.....	82
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АССИМИЛЯТОВ И ЗАПАСАНИЕ УГЛЕВОДОВ В ОРГАНАХ ЯЧМЕНЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ О. С. СИНЕНКО, И. В. ПАРАСОЧКА.....	84
ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ИНСЕРЦИИ ГЕНА ГРИБНОЙ ЛАККАЗЫ В ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЯХ ОСИНЫ А. С. ТУГБАЕВА, Ю. А. КОВАЛИКА, К. А. ШЕСТИБРАТОВ, А. А. ЕРМОШИН.....	85
ЧАСТЬ 3. ЭКОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ГРИБОВ.....	88
АКТИВАЦИЯ ЭКСПРЕССИИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ГЕНОВ КАК АДАПТИВНЫЙ ОТВЕТ <i>ESCHERICHIA COLI</i> НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ А. В. АХОВА.....	88
ТРАНСФОРМИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ РОДОКОККОВ В ОТНОШЕНИИ ХОЛЕСТАНОЛА Г. А. БАЖУТИН, Е. М. НОГОВИЦИНА.....	89
СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ В ЧИСТУЮ КУЛЬТУРУ МИКРООРГАНИЗМОВ, УТИЛИЗИРУЮЩИХ ЦИАНИД И ТИОЦИАНАТ М. П. БЕЛЫХ, С. В. ПЕТРОВ, А. Ю. ЧИКИН, Н. Л. БЕЛЬКОВА.....	92
ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ, ИСТОЧНИКОВ ЭКДИСТЕРОИДОВ, НА УСТОЙЧИВОСТЬ БАКТЕРИЙ <i>ESCHERICHIA COLI</i> К ПЕРОКСИДНОМУ СТРЕССУ К. В. БЕЗМАТЕРНЫХ.....	95
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РЕГИОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ПО КЛЕЩЕВОМУ РИККЕТСИОЗУ Т. А. БОЛОТОВА, Н. А. БОЛОТОВА, Г. Н. КАЗАЗАЕВ	96
БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ДЕГИДРОАБИЕТИНОВОЙ КИСЛОТЫ АКТИНОБАКТЕРИЯМИ К. М. ЧЕРЕМНЫХ.....	97
МИКРООРГАНИЗМЫ РОДА <i>RHODOCOCCUS</i> – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЕСТРУКТОРЫ ЖИРОВ И МАСЕЛ М. С. ЧИРИКОВА, А. С. САМСОНОВА.....	100

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИЖЕВСКА)	
А. А. Двоеглазова, Т. А. Александрова.....	102
ГАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ БАКТЕРИИ РОДА <i>ARTHROBACTER</i> , ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ОТХОДОВ СОЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ	
О. Н. Гагарских, Е. С. Корсакова.....	105
СТРУКТУРА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ГУСИНОЕ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)	
В. П. Гаранкина, О. П. Дагурова, В. Б. Дамбаев, Н. Л. Белькова.....	107
ИССЛЕДОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОПЛЕНОК С ТВЕРДЫХ СУБСТРАТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗ. БАЙКАЛ В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД	
И. С. Гаврикова, Н. Л. Белькова, Е. В. Суханова.....	108
ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ D,L-ФЕНИЛГЛИЦИНОНИТРИЛА	
А. Н. Горбунова, Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.....	111
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ <i>AZOSPIRILLUM LIPOFERUM</i> SP59В И <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> SR55, ВЫРАЩЕННЫХ В ПРИСУТСТВИИ ФЛАВОНОИДОВ	
М. В. Каневский, А. А. Петрунина, Ю. П. Федоненко, С. А. Коннова.....	114
ПОЛИАМИНЫ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРСИСТЕНЦИИ <i>ESCHERICHIA COLI</i>	
Е. А. Карабаева, Н. М. Кашеварова, А. Г. Ткаченко.....	116
ПОДБОР ВИДОСПЕЦИФИЧНЫХ ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ <i>RHODOCOCCLUS JOSTII</i> И <i>RHODOCOCCLUS FASCIANS</i>	
А. И. Конев, М. К. Серебrenикова.....	119
СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ (R)-АРИЛАЛКИЛСУЛЬФОКСИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТАММА <i>GORDONIA TERRAE</i> ИЭГМ 136	
Т. И. Кылосова, А. А. Елькин.....	121
МИКСОМИЦЕТЫ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ	
А. Н. Лебедев.....	124
РОЛЬ ТИОЛОВЫХ РЕДОКС-СИСТЕМ ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТИБИОТИКОВ НА БАКТЕРИИ <i>ESCHERICHIA COLI</i> В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СТРЕССОВ	
Е. В. Лепехина, Г. В. Смирнова.....	126

БИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИТРИЛУТИЛИЗИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ	
А. В. МАКСИМОВА, М. В. КУЗНЕЦОВА, И. Л. МАСЛЕННИКОВА.....	128
НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АСКОМИЦЕТАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
К. Ю. МИРОНЧЕНКО, О. И. ЗАХАРОВА, А. В. ФИЛИППОВА.....	130
АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ	
Н. Б. МИРОШНИК, Н. С. КАРАМОВА.....	133
ВЛИЯНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЭКОТОКСИКАНТА ДРОТАВЕРИНА ГИДРОХЛОРИДА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК <i>R.</i> <i>RHODOCHROUS</i> ИЭГМ 647	
А. Н. МУХУТДИНОВА, И. О. КОРШУНОВА.....	134
ДРОЖЖИ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> – БИОСЕНСОР ИЗМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ	
А. А. НАЗАРОВ, М. И. ОТРАДНОВА, С. М. РОГАЧЕВА.....	136
СИМБИОТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ <i>TRICHAPTUM PARGAMENUM</i> (FR.) GUNN И ВОДОРΟΣЛЕЙ	
Н. В. НЕУСТРОЕВА.....	138
ИЗУЧЕНИЕ И ОТБОР ШТАММОВ МЕЗОФИЛЬНЫХ ЛАКТОКОККОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ СЫРОВ	
Т. Н. ОРЛОВА, А. Н. ИРКИТОВА.....	140
НАНОКОМПОЗИТЫ КАК АГЕНТЫ ДОСТАВКИ ВЕЩЕСТВ В БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ	
А. И. ПЕРФИЛЬЕВА, А. В. ПАПКИНА.....	142
НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ПЕРОКСИДАЗЫ ФЕНОЛОКСИДАЗНОГО КОМПЛЕКСА АЗОСПИРИЛЛ	
С. В. ПЕТРОВ, М. А. КУПРЯШИНА.....	143
СКРИНИНГ ШТАММОВ ИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ КОЛЛЕКЦИИ АЛКАНОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ДЕЙСТВИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ	
О. Н. ПИСЦОВА, И. О. КОРШУНОВА.....	146
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЫ НА БАКТЕРИАЛЬНОЕ СООБЩЕСТВО РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ МЯТЛИКА ЛУГОВОГО (<i>POA</i> <i>PRATENSIS</i> L.), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ СОЛЕРАЗРАБОТОК (Г. СОЛИКАМСК, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)	
А. А. ПЬЯНКОВА, Е. С. КОРСАКОВА.....	148

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ РОДА <i>LACTOBACILLUS</i> З. И. САБИРОВА.....	150
ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СТРЕСС-РЕГУЛОНОВ В МОДУЛИРУЮЩИХ ЭФФЕКТАХ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ НА БАКТЕРИАЛЬНЫЕ БИОПЛЕНКИ З. Ю. САМОЙЛОВА, Н. Г. МУЗЫКА, Г. В. СМИРНОВА, О. Н. ОКТЯБРЬСКИЙ.....	151
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ В КАЧЕСТВЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ Ю. И. САВИНОВСКАЯ, Ч. Б. БАЛДАНОВ.....	153
СПОСОБ ОЧИСТКИ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД В БИОРЕАКТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОИММОБИЛИЗОВАННЫХ РОДОКОККОВ М. К. СЕРЕБРЕННИКОВА, А. В. КРИВОРУЧКО.....	154
ИДЕНТИФИКАЦИЯ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ <i>STREPTOMYCES</i> SP. 156А МЕТОДАМИ ХРОМАТОГРАФИИ И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ Т. А. ШИШЛЯННИКОВА, Г. А. ФЕДОРОВА, А. В. КУЗЬМИН, И. А. ЛИПКО, В. В. ПАРФЕНОВА.....	156
ОТВЕТ БАКТЕРИЙ <i>ESCHERICHIA COLI</i> , МУТАНТНЫХ ПО КОМПОНЕНТАМ РЕДОКС-СИСТЕМ, НА ОСМОТИЧЕСКИЙ ШОК В. С. ШУМИЛОВСКИХ, В. Ю. УШАКОВ, Г. В. СМИРНОВА.....	158
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ШТАММОВ РОДА <i>AZOSPIRILLUM</i> , ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ПЕРМСКОГО РАЙОНА, УТИЛИЗИРОВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕРОДА К. В. СМИРНОВ, А. Ю. МАКСИМОВ, Е. Ю. БУРЛУЦКАЯ.....	160
СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНДОФИТНЫХ ШТАММОВ <i>BEAUVERIA</i> <i>BASSIANA</i> УФА-2 И <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 26Д ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА И ВОЗБУДИТЕЛЯ ФИТОФТОРОЗА А. В. СОРОКАНЬ, А. Р. НАФИКОВА, Г. В. БЕНЬКОВСКАЯ, И. В. МАКСИМОВ.....	163
ВЫЖИВАЕМОСТЬ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИХ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ Е. В. СУХАНОВА, Ю. Р. ШТЫКОВА, Т. Ю. ЖАБИНА, Н. Л. БЕЛЬКОВА, В. В. ПАРФЕНОВА.....	165
БИОРЕМЕДИАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ А. В. ТИЩЕНКО, Л. В. КОСТИНА.....	168
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕД НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ БИОПЛЕНОК БАКТЕРИЕЙ <i>PESTOBACTERIUM CAROTOVORUM</i> А. А. УЛЬДАНОВА, А. Л. ТУРСКАЯ, Ю. А. МАРКОВА.....	171

ИЗМЕНЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА У БАКТЕРИЙ <i>ESCHERICHIA COLI</i> , МУТАНТНЫХ ПО СИНТЕЗУ ГЛУТАМИОНА, ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТИБИОТИКОВ В. Ю. Ушаков, Г. В. Смирнова, О. Н. Октябрьский.....	174
ИЗУЧЕНИЕ ВРН-ГЕНОВ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ БИФЕНИЛА ИЗ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ А. О. Воронина, Е. С. Шумкова.....	175
ШТАММЫ АКТИНОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ БАЙКАЛЬСКИХ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ, КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И. В. Войцеховская, Д. В. Аксенов-Грибанов.....	177
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ГЛИКОПОЛИМЕРОВ ПОВЕРХНОСТИ И МАТРИКСА БИОПЛЕНОК БАКТЕРИЙ <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> SP245 С. С. Евстигнеева, Я. В. Халэпа, Ю. П. Федоненко, С. А. Коннова, В. В. Игнатов.....	179
АНТИМИКРОБНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ БИОПЛЕНОК, СФОРМИРОВАННЫХ НА ПЛАСТИНАХ ГОРНЫХ ПОРОД Е. А. Зименс, Т. А. Шишлянникова, Е. В. Суханова, Г. А. Федорова, Н. Л. Белькова, В. В. Парфенова.....	182
ЧАСТЬ 4. АНАТОМИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ	185
ОСОБЕННОСТИ МУСКУЛАТУРЫ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ <i>TURNIX NIGRICOLLIS</i> (TURNICIDAE, CHARADRIIFORMES) С ОСОБЫМ ВНИМАНИЕМ К РАСШИРЕННОЙ МУСКУЛЬНОЙ ФОРМУЛЕ ГАРРОДА С. С. Александров.....	185
ВЕСЕННИЙ ПРОЛЕТ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ПТИЦ ПО СТЕПНЫМ ОЗЕРАМ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ Е. Н. Бадмаева.....	188
ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ ГНЕЗД ОЗЕРНОЙ ЧАЙКИ ПРИ ГНЕЗДОВАНИИ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ И НА ПЕРИФЕРИИ КОЛОНИИ М. А. Буланова.....	191
МИКРОСПОРИДИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД ОЗЕРА БАЙКАЛ М. Д. Димова, Е. В. Мадьярова, Д. В. Аксенов-Грибанов, Ю. А. Лубяга, Р. В. Адельшин.....	194

К РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ПРЫТКОЙ ЯЩЕРИЦЫ СРЕДНЕГО УРАЛА Д. И. Галицын.....	196
ЭКОЛОГИЯ И МОРФОЛОГИЯ КРУГЛОГОЛОВКИ-ВЕРТИХВОСТКИ (<i>PHRYNOCEPHALUS GUTTATUS</i> (GMELIN, 1789)) НА СЕВЕРЕ АРЕАЛА В ПОВОЛЖЬЕ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) Д. А. Гордеев, Г. А. Жакупова, С. К. Прилипко.....	198
СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ УСОНОГИХ РАЧКОВ <i>SEMIBALANUS</i> <i>BALANOIDES</i> НА ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА А. С. Григорьева, П. П. Кравец.....	201
ЭПИБИОНТЫ МАКРОФИТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ГУБА ЧУПА (БЕЛОЕ МОРЕ) А. С. Исаева, С. С. Малавенда.....	202
ОСОБЕННОСТИ КОРМОВОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РУКОКРЫЛЫХ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ Е. А. Христенко.....	204
ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ СИГА ПРАВДИНА (<i>COREGONUS LAVARETUS PRAVDINELLUS</i> <i>DULKEIT</i>) И СИГА ТЕЛЕЦКОГО (<i>COREGONUS LAVARETUS PIDSCHEAN</i>) ИЗ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ТИПОВ ПИТАНИЯ Д. А. Костякова, М. М. Соловьев.....	208
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЯЙЦЕКЛАДКИ, СОБСТВЕННО НАСИЖИВАНИЯ И НАСИЖИВАНИЯ В РИТМИЧНЫХ И АРИТМИЧНЫХ КЛАДКАХ У ОЗЕРНОЙ ЧАЙКИ А. А. Лошакова.....	211
АПРОБАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ У МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА С. Ю. Петухов.....	214
ПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИНАМИКА ТРЕМАТОДЫ <i>ESCHINOPARYPHIUM</i> <i>RECURVATUM</i> (ESCHINOSTOMATIDAE) В ПЕРВОМ И ВТОРОМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ХОЗЯЕВАХ-МОЛЛЮСКАХ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ЧАНЫ, ЮГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Н. М. Растяженко, Н. И. Юрлова.....	215
ВИДОВОЙ СОСТАВ НАПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. УФЫ К. Ю. Швец, А. С. Симахина, О. С. Целоусова.....	217
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ КРАСНОЙ ПОЛЕВКИ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В. О. Таджидинов.....	220

ЧАСТЬ 5. ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ	223
ПЛАСТИЧНОСТЬ МАУТНЕРОВСКИХ НЕЙРОНОВ В ХОДЕ ОБРАТИМОЙ МОНОКУЛЯРНОЙ ДЕПРИВАЦИИ ЗОЛОТЫХ РЫБОК А. Г. Алилова.....	223
ВЛИЯНИЕ БЕТА-ЭНДОРФИНА НА СЕКРЕЦИЮ IL-1 β , TNF- α И IL-10 ПЕРИТОНЕАЛЬНЫМИ МАКРОФАГАМИ МЫШИ Т. А. БАЕВА, В. О. НЕБОГАТИКОВ, Е. И. ШУТОВА.....	224
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЛОЗАП НА ПОКАЗАТЕЛИ ОСНОВНОГО ОБМЕНА КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ М. В. ЧЕРНОРУЦКИЙ.....	226
ВЛИЯНИЕ НОКАУТА ПО ФАКТОРУ НЕКРОЗА ОПУХОЛИ НА ПОВЕДЕНИЕ И МЕТАБОЛИЗМ БИОГЕННЫХ АМИНОВ МОЗГА Д. В. ФУРСЕНКО, Н. В. ХОЦКИН.....	227
ВЛИЯНИЕ ЭКСПРЕССИИ АДАПТЕРНОГО БЕЛКА NEDD9 НА АГРЕССИВНОСТЬ КЛЕТОК ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО РАКА ЯИЧНИКОВ МЫШИ Р. Т. ГАББАСОВ, Л. БИКЛ, Ш. О'БРАЙН.....	229
ЦИКЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОРМЛЕНИЯ И ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС В ЯДРАХ ГЕПАТОЦИТОВ КРЫС МОЛОДОГО И СТАРОГО ВОЗРАСТА М. С. ГИРИЧ, Н. И. КУРГУЗОВА, Ю. В. НИКИТЧЕНКО, А. И. БОЖКОВ.....	231
ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕРПОВИДНЫХ ЭНОЦИТОИДОВ <i>GROMPHADORHINA PORTENTOSA</i> Е. А. ГРЕБЦОВА.....	233
РОЛЬ ГЕНОТИПА В ЭФФЕКТАХ ХРОНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ 5-НТ _{1A} РЕЦЕПТОРОВ СЕЛЕКТИВНЫМ АГОНИСТОМ 8-ОН-ДРАТ Т. В. ИЛЬЧИБАЕВА, А. С. ЦЫБКО.....	235
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА Н. В. КАРПОВ, А. Б. ЗАГАЙНОВА.....	236
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК КОСТНОМОЗГОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ОПЕРИРОВАННОЙ ПОЧКЕ ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МАКРОФАГОВ И. А. КАЗАКОВА.....	238
РАЗЛИЧНЫЕ СТРАТЕГИИ ИНГИБИРОВАНИЯ РЕНИН-АНГИОТЕНЗИНОВОЙ СИСТЕМЫ У КРЫС НИСАГ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНДУЦИРОВАННОЙ СТРЕССОМ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ Л. О. КЛИМОВ.....	240

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОСУРФАКТАНТА <i>RHODOCOCCLUS RUBER</i> ИЭГМ 231 НА СЕКРЕТОРНУЮ И ПРОЛИФЕРАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ СПЛЕНОЦИТОВ И ПЕРИТОНИАЛЬНЫХ МАКРОФАГОВ <i>IN VIVO</i> О. А. Кочина, Т. А. Баева, С. В. Гейн, М. С. Куюкина, И. Б. Ившина, В. А. Черешнев.....	242
ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННОЙ СОЛЕНОСТИ НА ПАЛЕАРКТИЧЕСКИЙ ВИД АМФИПОД <i>GAMMARUS LACUSTRIS SARS</i> Е. С. Кондратьева, К. П. Верещагина, Е. М. Щапова, И. В. Войцеховская, Д. В. Аксенов-Грибанов, М. А. Тимофеев.....	245
ЭФФЕКТЫ СОЦИАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ В АДОЛЕСЦЕНТНОМ ПЕРИОДЕ: ПОВЕДЕНИЕ И СТРЕСС-ОТВЕТ У СЕРЫХ КРЫС, СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПО ОБОРОНИТЕЛЬНЫМ РЕАКЦИЯМ НА ЧЕЛОВЕКА Р. В. Кожемякина, Р. Г. Гулевич, С. Г. Шихевич, М. Ю. Коношенко, И. Н. Оськина †, И. З. Плюснина †.....	246
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ГЕМОЦИТОВ МОКРИЦЫ <i>PORCELLIO SCABER</i> К. Д. Курносова.....	248
ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АНТИЭРИТРОЦИТАРНЫХ АНТИТЕЛ В КРОВИ ДОНОРОВ Г. СУРГУТА С. А. Леонтьева.....	250
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ СИСТЕМ ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ДЫХАНИИ С ДОБАВОЧНЫМ ИНСПИРАТОРНО-ЭКСПИРАТОРНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ Д. Е. Людоговская.....	253
ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦА НА СОСТОЯНИЕ ЦНС У ДЕТЕЙ, ПОТРЕБЛЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО КАЧЕСТВА Д. Л. Мазунина, М. А. Землюнова.....	255
ОЦЕНКА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ МАТОЧНОГО МОЛОЧКА И УБИХИНОНА-10 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АРИТМИИ У КРЫС И. Д. Морозов.....	258
ВЛИЯНИЕ ПОСТГЕМОРАГИЧЕСКОЙ АНЕМИИ НА СОСТОЯНИЕ МАКРОФАГОВ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ Е. А. Мухлынина.....	259
РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ НЕЙРОННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МЕДИАЛЬНОЙ СЕПТАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ГИППОКАМПАЛЬНОГО ТЕТА-РИТМА И. Е. Мысин.....	261

ВЛИЯНИЕ ЭСТРИОЛА НА УРОВЕНЬ НКТ-КЛЕТОК ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ И. В. НЕКРАСОВА.....	262
ВЛИЯНИЕ ИНАКТИВАЦИИ ТУЧНЫХ КЛЕТОК НА РЕПАРАТИВНУЮ РЕГЕНЕРАЦИЮ КОЖИ Н. Ю. НЕЗГОВОРОВА, О. С. АРТАШАН.....	263
РОЛЬ ФАКТОРА XIIIa СВЕРТЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КРОВИ В КОНТРАКЦИИ КРОВЯНОГО СГУСТКА А. Д. ПЕШКОВА, А. П. ЛОЖКИН.....	266
ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ОТ СЕЗОНА ОТЛОВА У ПРЕАККЛИМИРОВАННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД <i>EULIMNOGAMMARUS CYANEUS</i> С. О. ПРОКОСОВ, А. Н. ГУРКОВ, Ю. А. ЛУБЯГА, Д. В. АКСЕНОВ-ГРИБАНОВ.....	267
ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ХИМЕРНЫХ МОЛЕКУЛ IFN α_{2b} -Fc Д. С. СЕРГЕЕВА, А. В. ПЕТРОВ	269
РОЛЬ ОПИАТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ДИНАМИКИ КИСЛОРОДНОГО ВЗРЫВА ПРИ СТРЕССЕ И. Л. ШАРАВЬЕВА.....	270
ВЛИЯНИЕ МАКРОФАГОВ НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТРУКТУРАХ ГЛАЗА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ С. Е. СМИРНЫХ	273
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ pH В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ РЫБ ИЗ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ М. М. СОЛОВЬЕВ, Д. А. КОСТЯКОВА, Е. Н. КАШИНСКАЯ.....	275
АНТИГЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИРУСОВ ГРИППА А И В, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ДЕТЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В ЭПИДЕМИЧЕСКИЙ СЕЗОН 2013–2014 П. А. СУДДЕНКОВА.....	277
ВЛИЯНИЕ ГЛИАЛЬНОГО НЕЙРОТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА (GDNF) НА УРОВЕНЬ мРНК ГЕНОВ АПОПТОЗА Bax И Bcl-xl В МОЗГЕ МЫШЕЙ С ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ПАТОЛОГИЧЕСКОМУ ПОВЕДЕНИЮ А. С. ЦЫБКО, Т. В. ИЛЬЧИБАЕВА.....	279
РЕПАРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНЯНОГО МАСЛА ПРИ АЛКОГОЛЬНОМ ГАСТРИТЕ М. Ю. ВАЖНОВА, А. С. ГЕРАСИНА, К. С. МАКСИМОВА, С. В. ШУМИЛОВА, П. Н. КРАВЧЕНКО, Н. В. БАТУЛИНА.....	280

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АКТИВНОСТЬ РИАНОДИН-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО КАЛЬЦИЕВОГО КАНАЛА И КАЛЬЦИЕВУЮ ДИНАМИКУ В КАРДИОМИОЦИТАХ В РАМКАХ ЭЛЕКТРОННО-КОНФОРМАЦИОННОЙ ТЕОРИИ Б. Я. Япаров, А. С. Москвин, А. М. Рывкин	281
ЧАСТЬ 6. ОБЩАЯ, ПОПУЛЯЦИОННАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА	283
РОЛЬ ГЕНОВ СЕМЕЙСТВА <i>HSM</i> ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> В ПРОЦЕССАХ МОДИФИКАЦИИ И РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ХРОМАТИНА А. Ю. Черненко, Д. В. Федоров, Т. А. Евстюхина, Т. Н. Кожина, В. Г. Королев	283
ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ГЛОБОДЕРОЗУ ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА О. А. Кузьмина, С. Г. Вологин, З. Сташевски, Е. А. Гимаева	285
ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТЮЛЬПАНА ПОНИКАЮЩЕГО <i>TULIPA PATENS</i> (LILIACEAE) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ П. О. Мамаева	288
ДНК-АНАЛИЗ ОТЦОВСТВА У СТЕРХОВ (<i>GRUS LEUCOGERANUS PALLAS</i>) ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОСЕМЕНЕНИИ Е. А. Мудрик	290
АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEV. НА УРАЛЕ СПОМОЩЬЮ SSR-МАРКЕРОВ Ю. С. Нечаева, Е. В. Чумак, М. Ю. Андриянова	291
АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРЫЛА МЕЖЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> НА ПРИМЕРЕ ЛИНИИ HOST Ю. К. Политыко	294
АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ДНК НЕКОТОРЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР <i>PICEA OBOVATA</i> LEDEV. ИЛЬИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ПЕРМСКОГО КРАЯ Я. В. Пришнивская	296
ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ШАХТЕРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНОВ ЭКСЦИЗИОННОЙ РЕПАРАЦИИ ДНК К КОМПЛЕКСУ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ М. Ю. Синицкий	299

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЕНОМА ШАХТЕРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНОВ ХрD, ХрG, GSTP1 К КОМПЛЕКСУ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ В. П. Волобаев, Ю. Е. Кулемин.....	301
ЧАСТЬ 7. СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ	304
ПОЧВЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТЕРРИТОРИИ «АЗЕЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА» ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ М. Ю. Аликина, Н. Д. Киселева.....	304
ГУМУС В ГАЖЕВЫХ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ Ю. Г. Гусарова, Н. Д. Киселева.....	306
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ КУНГУРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ Н. В. Митракова	308
ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ДОЛИНЫ РЕКИ КУДА Е. А. Самойлова	310
ГЕТЕРОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ИЗ РЕГОСОЛИ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ А. А. Середкина, О. Г. Лопатовская, Н. Л. Белькова.....	312
ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПАЛЕОПОЧВ РАЗРЕЗА МИАСС (ЮЖНЫЙ УРАЛ) А. П. Учаев, О. Н. Сарычева, О. А. Чурина.....	315
ПОЧВЕННО-ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ Е. С. Золотова.....	318
ЧАСТЬ 8. ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ	321
ВИДОВОЙ СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ И ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В РАЙОНЕ МОУ СОШ № 19 ГОРОДА ТВЕРИ Д. М. Катаускас, Л. В. Михеева, Н. В. Дубинина.....	321
К ВОПРОСУ ЗАРАЖЕННОСТИ <i>VITHYNIA TENTACULATA</i> ВИДАМИ РОДА <i>TREMATODA</i> К. С. Михайлова, Н. С. Котельникова.....	323
ИССЛЕДОВАНИЕ МУЧНИСТОЙ РОСЫ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО И РАЗРАБОТКА МЕР БОРЬБЫ С НЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ А. А. Шмарова, Н. С. Котельникова.....	325

ХИМИОТЕРАПИЯ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА РАЗНОЙ ПРИРОДЫ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> Н. В. МАХОВА, В. П. ШМЕЛЕВА.....	328
ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ ПО БИОЛОГИИ КАК УСЛОВИЕ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА Э. Р. ЗИННАТОВА	329

Научное издание

СИМБИОЗ-РОССИЯ 2014

Материалы VII Всероссийского конгресса молодых биологов
Екатеринбург, 6–11 октября 2014 г.

Редактор *Шевченко Н. В.*
Компьютерная верстка *Матвеев В. К.*

Подписано в печать __.12.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Плоская печать. Тираж __ экз.
Уч.-изд. л. 26,0. Усл. печ. л. 20,0. Заказ № ____.

Издательство Уральского университета ИПЦ УрФУ
Редакционно-издательский отдел
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел. + 7 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс + 7 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru