

Национальная академия наук Беларуси  
Центральный ботанический сад  
Отдел биохимии и биотехнологии растений

# **Биологически активные вещества растений – изучение и использование**

Материалы международной научной конференции  
(29–31 мая 2013 г., г. Минск)

Минск  
2013

УДК 58(476-25)(082)  
ББК 28.5(4Бел)я43  
О-81

**Научный редактор**  
академик НАН Беларуси В.Н. Решетников.

**Редакционная коллегия:**  
к.б.н. Е.В. Спиридович;  
к.б.н. И.И. Паромчик;  
к.б.н. Т.И. Фоменко.

О-81 Биологически активные вещества растений — изучение и использование: материалы международной научной конференции 29–31 мая 2013 г., г. Минск. – Минск : ГНУ «Центральный ботанический сад Академии наук Беларуси», 2013. – 244 с.

Изложены материалы Международной научной конференции, посвященной обсуждению актуальных проблем по изучению и использованию биологически активных веществ растений, в том числе биотехнологических аспектов в растениеводстве с участием ученых из Беларуси, России, Украины, Молдовы, Казахстана, Кыргызстана, Венгрии.

На молекулярном, клеточном и организменном уровнях рассмотрены имеющие важное научное и практическое значение вопросы, в числе которых состав, структура, биосинтез и использование веществ вторичного метаболизма растений, антиоксидантная и антирадикальная активность и лечебно-профилактические препараты из растений, сырьевые источники БАВ, биотехнологии в растениеводстве.

УДК 58(476-25)(082)  
ББК 28.5(4Бел)я43

**Организационный комитет конференции:**  
Титок В.В., доктор биологических наук, доцент (председатель) (Беларусь)  
Решетников В.Н., академик, доктор биологических наук, профессор (сопредседатель) (Беларусь)  
Гончарова Л.В., кандидат биологических наук (секретарь) (Беларусь)

*Члены:*  
Бузук Г.Н., доктор фармацевтических наук, профессор (Беларусь)  
Веевник А.А., кандидат биологических наук (Беларусь)  
Володько И.К., кандидат биологических наук (Беларусь)  
Кильчевский А.В., чл.-корр. НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор (Беларусь)  
Киселев П.А., доктор биологических наук, профессор (Беларусь)  
Кунах В.А., чл.-корр. НАН Украины, доктор биологических наук, профессор (Украина)  
Курченко В.П., кандидат биологических наук, доцент (Беларусь)  
Ламан Н.А., академик, доктор биологических наук, профессор (Беларусь)  
Макаи Шандор, доктор биологических наук, профессор (Венгрия)  
Нам И.Я., доктор биологических наук, профессор (Россия)  
Носов А.М., доктор биологических наук, профессор (Россия)  
Рупасова Ж.А., чл.-корр. НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор (Беларусь)  
Юрин В.М., доктор биологических наук, профессор (Беларусь)

**Секретариат конференции:**  
Спиридович Е.В., кандидат биологических наук (председатель)  
Войцеховская Е.А. (секретарь)  
*Члены:*  
Кузовкова А.А., кандидат биологических наук  
Фоменко Т.И., кандидат биологических наук  
Чижик О.В., кандидат биологических наук  
Кондрацкая И.П.  
Зубарев А.В.  
Юхимук А.Н.  
Козлова О.Н.  
Агабалаева Е.Д.  
Деева А.М.

# ОТДЕЛУ БИОХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ГНУ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД БЕЛАРУСИ» – 55 ЛЕТ (итоги исследований и разработок)

Академик В.Н. Решетников

Лаборатория биохимии растений была образована в Институте биологии Академии наук Беларуси в 1958 г., в составе которого она находилась до 1962 г. Дальнейшая деятельность осуществлялась в качестве подразделения Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича АН БССР, а с апреля 1998 г. – ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси».

Центральной идеей исследований явилось и является положение, что растения представляют собой уникальные «биофабрики» синтеза запасных и биологически активных веществ, имеющих свою специфику, определяемую таксономической принадлежностью растений в мире биологического разнообразия. Конкретно в области биохимии исследования концентрировались на изучении информационной системы растительной клетки и исполнительных комплексов реализации информационных потоков; в области биотехнологии – на проблемах использования запасных и биологически активных веществ, биоконсервации, регенерации и воспроизводстве тканей и растений.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Наследственная информационная система растительной клетки – это клеточное ядро, где сосредоточено до 95 процентов генетической информации, и вспомогательный аппарат – пластиды с 3–4-мя процентами и митохондрии с 1–2-мя процентами от общего числа генов клетки. Как известно, основным носителем наследственной информации является ДНК, поэтому этот биополимер был объектом исследований лаборатории уже в начальные годы ее образования. Первые в Беларуси работы по определению и изучению нуклеиновых кислот были начаты в 1960 году А.С. Вечером и его учениками – И.В. Матошко, О.П. Булко, С.И. Курбатовой, А.А. Масько, В.Н. Решетниковым. Этими сотрудниками были представлены первые кандидатские диссертации по нуклеиновым кислотам в люпине, картофеле и дрожжах.

– В.Н. Решетников. «Исследование азотсодержащих веществ и соотношений между ними в важнейших сортах картофеля БССР», 1966 г.;

– И.В. Матошко. «Нуклеиновые кислоты в связи с биосинтезом белков в процессе развития семян люпина», 1967 г.;

– О.П. Булко. «Изменение белков и нуклеиновых кислот в прорастающих семенах люпина», 1968 г.;

– С.И. Курбатова. «Исследование изменений нуклеиновых кислот и белков в кормовых дрожжах по фазам их роста», 1968 г.

Наиболее важным результатом этих лет было экспериментальное доказательство положения академика А.С. Вечера о наличии в хлоропластах собственных нуклеиновых кислот, поскольку тогда еще оставались сомнения, что НК в пластидах – результат их загрязнения ядерной НК.

Не вдаваясь в хронологию развития исследований наследственно-информационной системы, приведем основные современные научные результаты по изучению «центрального сервера» – клеточного ядра.

Одним из феноменов этой органеллы является размещение в ее очень небольшом объеме громадной по длине молекулы ДНК. Чтобы этот полимер (около двух миллиардов пар оснований в растениях) уместился в объеме ядра, ее длину нужно уменьшить минимум в десять тысяч раз, при этом основные функции ДНК-репликация и транскрипция – должны сохраниться.

Методическим подходом в исследованиях компактизации ДНК была последовательная «разборка» изолированных интерфейсных клеточных ядер специально подобранными растворами разной ионной силы, концентраций магния, кальция и, на последних этапах, детергентов.

В каждой из полученных фракций изучали ДНК, белки и их ДНП-комплекс.

В результате в растениях (в основном использовались проростки злаков) были определены примерно такие же уровни компактизации ДНК, которые свойственны клеткам животных.

Дополнительно к имеющимся данным литературы определялись или уточнялись вещества, ответственные за образование уровня компактизации – нуклеосомного, нуклеомерного (30-нм фибрилла), хромомерного (петельного), хромомерного и хроматидного.

Известно, что нуклеосомный уровень компактизации (уменьшение длины ДНК в 7 раз) образуется с участием коровых гисто-

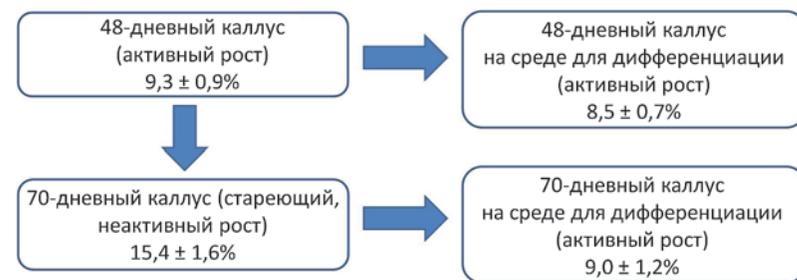
нов, которые подвергаются пост-трансляционным модификациям. В связи с этим проводилось электрофоретическое разделение 4-х коровых гистонов нуклеосом в репрессированном и активированном по функциям ядре клетки покоящихся семян и проростков с определением подфракций каждого из них. Результаты исследований показали наличие подфракций гистонов H2A, H2B, H3 и H4, что является результатом пост-трансляционных модификаций гистонов, а также наличия вариантов нуклеосомных гистонов (табл. 1).

**Таблица 1. Варианты нуклеосомных гистонов, влияющих на последовательность считывания информации с ДНК-ядра**

Наименование гистона	Свойства
1. H2A, H2B, H3, H4	Канонические гистоны нуклеосомного кора (с «хвостами»)
2. Архаичные гистоны (АН)	Единичные гистоноподобные белки без «хвостов»
3. CenH3	Центромерная форма гистона H3 с N-терминальным «хвостом» (разные по длине)
4. H3.2 (только у растений)	Вариант гистона H3, который может вытеснять канонический H3 из нуклеосом (отличается по нескольким аспектам)
5. H2A.Z	Вариант гистона H2A, имеет отличия в N-концевом «хвосте»
6. H2A.X	Вариант гистона H2A, имеет отличия на C-конце
7. Гистоны пыльцы	Коровые и линкерные варианты, адаптированные для сверхплотной упаковки ДНК

Можно считать, что основным механизмом «разрыхлителя» нуклеосом – обычно это связано с экспрессией ДНК, что наблюдается при прорастании семян, – является ацетилирование гистонов. Варианты гистонов также оказывают влияние на активность генома. Исключительно в растениях присутствует вариант H3.2, специфическими являются гистоны пыльцы, обеспечивающие сверхплотную упаковку ДНК (табл. 1).

Нуклеомерный уровень определяется линкерным (межнуклеосомным) гистонем H1, который еще в 6 раз укорачивает ДНК за счет сближения нуклеосом и образования 30-нм фибриллы. Такая дополнительная компактизация переменна за счет степени связывания ДНК-H1, благодаря чему изменяется транскрипционная активность ДНК, что было показано на культуре ткани *in vitro* (рис. 1).



**Рисунок 1. Содержание гистона H1 в ядрах каллуса ржи.**

Образование следующего, петельного уровня (компактизация ДНК в 25 раз) обеспечивается матриксом клеточного ядра с участием негистовых белков и липидов. Из состава негистоновых белков удалось выделить группу HMG-белков (5–6 фракций), содержащих высокий процент диаминомонокарбоновых аминокислот, которая участвует в образовании этого уровня компактизации. Ядерный матрикс, образующий пространственную 3-мерную скелетную структуру ядра, явился предметом наших детальных исследований. Были определены способ выделения матрикса и изолированных клеточных ядер растений, его состав, в котором кроме структурных белков типа актина, обнаружен невысокий процент прочно связанной низкомолекулярной ДНК, специфические нейтральные липиды (стеролы и их эфиры), диацил- и триацилглицеролы, жирные кислоты. Активному состоянию ядра свойственно повышенное содержание ацилглицеролов и снижение количества стеролов и жирных кислот.

Интересны более высокие структурные уровни, представляющие собой 700-, 1000 и 1400-нм фибриллы и тяжи, образование гетерохроматина, в котором ДНК не осуществляет функции прямой наследственной информации (т.н. «эгоистическая» ДНК). В этой части много неясного, и исследования следует продолжить.

Отметим, что во всех уровнях компактизации ДНК важную роль играют ДНК-связывающие белки в числе других белков ядра. Гетерогенность белков ядра по электрофоретическим исследованиям характеризуется 400-ми фракциями.

В целом работы в области биохимии клеточного ядра показывают возможность точечного целевого регуляторного воздействия на функции его компартментов и отдельных веществ, что иллюстрировано схемой 1. Более широко и подробно исследования в области

биохимии клеточных ядер растений изложены в монографических работах и диссертациях, представленных ниже.

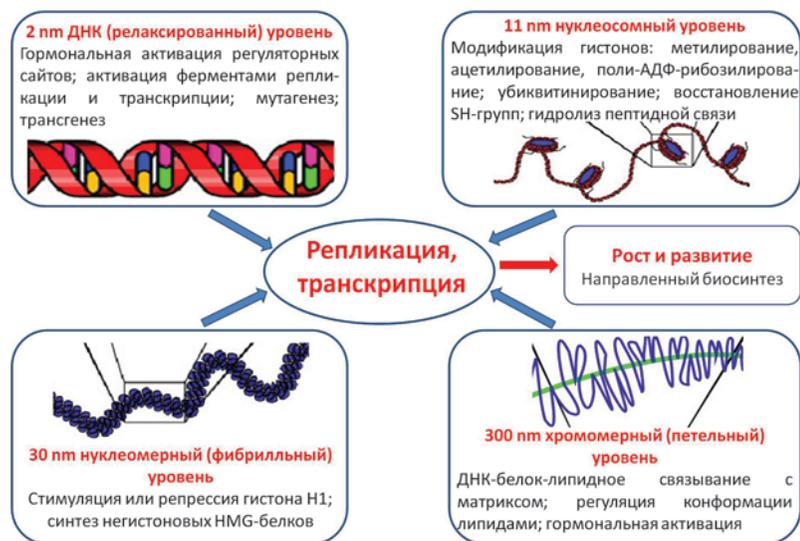


Схема 1. Схема регуляторного воздействия на функциональную активность клеточного ядра.

Монографии:

1. Вечер А.С. Молекулярные носители жизни. – Мн: Наука и техника, 1977. – 94 с.
2. Решетников В. Н. Пластиды и клеточные ядра высших растений. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 126 с.
3. Решетников В.Н. Клеточные ядра высших растений – Мн.: Наука и техника, 1992. – 87 с.

4. Решетников В.Н., Спиридович Е.В. Информационные структуры растительной клетки: Курс лекций. – Минск: БГУ, 2008. – 103 с.

Кандидатские диссертации:

1. Голынская Л.А. Метаболизм фосфатов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот в начальный период прорастания семян люпина.– 1972.
2. Долбик Г.М. Активность ферментов нуклеинового обмена в ядрах и пластидах проростков ди- и тетраплоидной ржи. – 1977.
3. Шандрикова Л.Н. Участие гистонов в формировании наследственного аппарата растительной клетки. – 1982.

4. Веевник А.А. Белки клеточных ядер и пластид злаковых как показатели принадлежности их к различным систематическим группам. – 1987.

5. Вечер А.А. J-области как маркеры Z-участков внутрикапсидной ДНК. – 1987.

6. Прокулевич Л.П. Характеристика хроматина проростков ржи (зондирование нуклеазами, фракционирование и распределение негистоновых белков). – 1988.

7. Сосновская Т.Ф. Изменения хроматина интерфазного ядра озимой ржи и ячменя в онтогенезе. – 1988.

8. Чижик О.В. Белки изолированных клеточных ядер *Secale cereale* L. и *Nicotiana tabacum* L. при экспрессии и модификации генома. – 2003.

9. Шабуна П.С. Влияние кратковременного теплового шока на свойства белков клеточных ядер и пластид озимой ржи. – 2008.

Как уже отмечалось, в информационную систему клетки входит наследственный аппарат пластид и митохондрий. Первые основополагающие сведения о пластидах были представлены А.С. Вечером в его монографии «Пластиды растений, их свойства и строение (1961 г.)». Дальнейшие исследования развили разработки по этому направлению. В частности, М.Т. Чайкой была выдвинута и экспериментально подтверждена теория трансформации пластид, В.Л. Калер и его ученик Л.Е. Фридлянд представили в своих публикациях и докторских диссертациях авторегуляцию и модели биосинтеза хлорофилла и фотосинтетических систем в растениях.

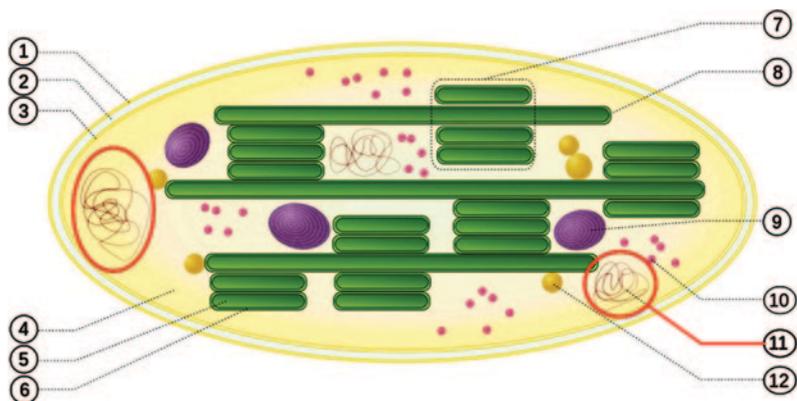
Исследуя биосинтетические процессы, локализованные в пластидах, необходимо было иметь данные о функционировании пластома как источника информации в этих органеллах. В связи с этим часть работ была направлена на изучение нуклеоидов хлоропластов (рис. 2).

Был разработан метод выделения нуклеоидов, определен их состав, в котором найдены индивидуальные белки, схожие с гистонами ядра, подтвердив разработки сотрудников Института биохимии РАН.

Исследования по биохимии пластид, их взаимодействие с клеточными ядрами в подробном изложении представлены в книжных изданиях, докторских и кандидатских диссертациях (см. ниже).

Монографии:

1. Вечер А.С. Пластиды растений, их свойства и строение. – Мн.: Изд-во АН БССР, 1961. – 192 с.



**Рисунок 2. Ультраструктура хлоропласта:** 1) наружная мембрана, 2) межмембранное пространство, 3) внутренняя мембрана, 4) строма, 5) тилакоид с просветом (люменом) внутри, 6) мембрана тилакоида, 7) грана (стопка тилакоидов), 8) тилакоид (ламела), 9) зерно крахмала, 10) рибосома, 11) нуклеоид, 12) пластоглобула (липидное образование).

2. Калер В.Л. Авторегуляция образования хлорофилла в высших растениях. – Мн.: Наука и техника. 1976. – 189 с.

3. Вечер А.С. Молекулярные носители жизни. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 94 с.

4. Техника биохимического исследования клеточных структур и биополимеров. – Мн., 1977. – 149 с. (В.Н. Решетников, О.П. Булко, М.Н. Масный, А.А. Масько, О.К. Василькевич, Р.А. Ненадович, М.Я. Крылова).

5. Решетников В.Н. Пластиды и клеточные ядра высших растений. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 126 с.

6. Чайка М.Т., В.Н. Решетников, О.Л. Романова. Фотосинтетический аппарат и селекция тритикале. – Мн.: Наука и техника, 1991. – 240 с.

7. Решетников В.Н., Спиридович Е.В. Информационные структуры растительной клетки: Курс лекций. – Минск: БГУ, 2008. – 103 с.

Докторские диссертации:

1. Вечер А.С. Пластиды растений. – 1950.

2. Калер В.Л. Авторегуляция биосинтеза хлорофилла в высших растениях. – 1972.

3. Решетников В.Н. Функциональная активность и специфичность пластид высших растений при полиплоидизации клеточного ядра. – 1985.

4. Фридлянд Л.Е. Адаптивные механизмы фотосинтетического аппарата растительной клетки и их математическое моделирование. – 1994.

Кандидатские диссертации:

1. Паромчик И.И. Изменение фотосинтеза и дыхания у сортов растений под воздействием натриевых солей 2,4-Д и 2м – 4х. – 1968.

2. Райцина Г.И. Исследование фосфорного обмена хлоропластов листьев разного возраста. – 1968.

3. Масько А.А. Биохимические исследования различных форм пластид картофеля. – 1972.

4. Ковальчук Р.А. Липидные вещества хлоропластов. – 1973.

5. Предкей К.И. Соотношение металлопорфириновых соединений в различных типах пластид. – 1974.

6. Фенчук Т.Д. Активность реакции Хилла в процессе развития листьев. – 1975.

7. Клиггер Ю.Е. Биохимическая активность мембран изолированных хлоропластов проростков ди- и тетраплоидной ржи. – 1977.

8. Ялошевич А.М. Характеристика пластома тритикале и родительских форм (пшеницы и ржи). – 1989.

9. Голденкова И.В. Характеристика ДНК-белковых комплексов хлоропластов ржи (*Secale cereale*). – 1992.

#### ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

Как известно, информационные потоки от ДНК через и-РНК поступают в цитоплазму, где осуществляется матричный биосинтез белков. Сам механизм и кинетика этого сложного процесса нами затрагивался в незначительной степени, основное внимание было сосредоточено на результирующей стадии – появлении многообразия белков в клетке, определении их свойств и функциональной активности.

Протеомный анализ позволил выдвинуть и подтвердить несколько научных положений: естественная активация генома (модель покоящийся зародыш – развивающийся проросток) сопровождается изменением компактизации нуклеопротеидного комплекса ядра в сторону увеличения его диффузности и гетерогенности негистоновых белков.

Дифференциация ткани (культура *in vitro*) приводит к изменению протеомной карты цитоплазмы, которая выражается в появлении

белков, большая часть которых может быть отнесена к окислительно-восстановительным ферментам, то есть ответной реакции на стресс.

Запасующим вегетативным органам растений (клубни картофеля, луковицы и т.п.) свойственна сортовая специфичность спектра глобулярных белков, как и у генеративных органов.

Трансгенез влияет на высшие порядки структуры ДНП-комплекса и может выражаться в сопутствующих физиологических реакциях, не свойственных напрямую функции чужеродного гена, включенного в геном растения – хозяина.

Отметим, что в последнее десятилетие в отделе работала тематическая группа специалистов в области трансгенеза интродуцированных растений: к.б.н. Е.А. Попович, В.Л. Филипеня, к.б.н. В.Т. Василевко, к.б.н. О.В. Чижик, к.б.н. Т.В. Антипова, к.б.н. А.Б. Власова, Т.И. Фоменко, Л.Г. Бердичевец, И.П. Кондрацкая и др.

Развитию работ по биохимии белков растений как этапа реализации наследственной информации способствовало использование методических разработок, среди которых лидирующее положение занимал электрофорез белков, применяемый в лабораторной практике с 1963 года в числе первых на постсоветском пространстве. Инициатором продвижения разных вариантов являлся автор настоящего доклада.

На основе электрофоретических методов были получены спектры белков различных таксонов хозяйственно-полезных, в т.ч. декоративных и лекарственных растений, и сформирована собственная база «белковых» паспортов (рис. 3).

Результаты работ по протеомике и энзимологии более детально представлены в опубликованных трудах отдела и диссертационных работах, приведенных ниже.

Монографии:

Техника биохимического исследования субклеточных структур и биополимеров растительной клетки (соавторы – В.Н. Решетников, О.П. Булко, О.К. Лаптева, М.Н. Масный, А.А. Масько, Р.А. Ненадович; под ред. А.С. Вечера). – Минск: Наука и техника, 1986. – 198 с.

Максимова В.П. Изучение свойств препаратов гидролаз разного происхождения, 1968.

Кандидатские диссертации:

Кремнева Л.С. Накопление рибофлавина *Eremothecium ashbyi* при культивировании на питательных средах. – 1966.

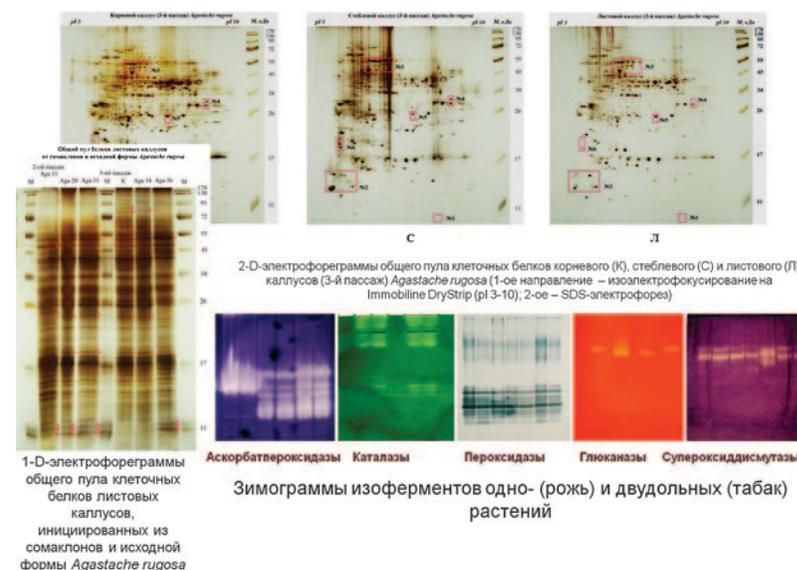


Рисунок 3. Электрофоретические исследования белков растений.

Максимова В.П. Изучение свойств препаратов амилазы различного происхождения. – 1968.

Василькевич О.К. Исследование состава и свойств некоторых компонентов в белковом комплексе клубней картофеля. – 1969.

Куликова А.Н. Исследование образования каротиноидов в дрожжах. – 1970.

Лемеза Н.А. Влияние света на активность некоторых оксидоредуктаз в проростках ржи и ячменя. – 1978.

Спиридович Е.В. Биохимическая характеристика α-амилазной системы зерновок тритикале и родительских форм (пшеницы и ржи). – 1990.

Гончарова Л.В. Особенности белкового комплекса и протеолитической активности озимого тритикале. – 1996.

Власова А.Б. Полиморфизм белковых фракций родственных клонов *Solanum tuberosum* в связи с их различным уровнем устойчивости к X- и L-вирусам картофеля. – 2002.

Королева Н.Ю. Экспрессия геномов ржи и шпелтицы у секалотритикум (*x Secalotriticum*) по цитоморфометрическим, биохимическим показателям и белковым маркерам. – 2005.

Шутова А.Г. Состав, свойства и применение фенольных и терпе-

новых соединений экстрактов и эфирных масел пряно-ароматических растений семейства Lamiaceae. – 2008.

Башилов А.В. Особенности биохимического состава и антиоксидантная активность представителей *Filipendula* Mill. и *Polemonium* L. – 2008.

Реализация информационных потоков распространяется также на биосинтез веществ вторичного метаболизма, которые в значительной части являются биологически активными веществами (БАВ), используемыми в качестве лекарственных средств, биокорректоров и пищевых добавок.

Исследователи отдела – к.б.н. Е.В. Спиридович, к.б.н. А.Г. Шутова, к.б.н. А.В. Башилов, А.В. Зубарев, Е.Д. Агабалаева, А.М. Деева, И.И. Паромчик, Н.В. Сергеенко, Е.А. Войцеховская, М.С. Китаева – в сотрудничестве с коллегами из БГУ (к.б.н. В.П. Курченко, д.б.н. В.М. Юрин), Института биоорганической химии (д.б.н. П.А. Киселев), Института химии новых материалов НАН Беларуси (акад. В.Е. Агабеков), Витебского медицинского университета (д.ф.н. Г.Н. Бузук, к.б.н. Л.А. Любаковская) на основе углубленных биохимических анализов (скрининга) выделили растения – продуценты, характеризующиеся высокой антирадикальной и антиоксидантной активностью, накапливающие значительное количество флаволигнанов, фитостероидов, антоцианов, эфирных масел и других веществ (рис. 4, 5, 6).

Научные разработки такого плана явились предпосылкой формирования и предметом выполнения заданий Государственной программы «Фитопрепараты» (2006–2010 гг.), а затем одноименных разделов в ГП «Инновационные биотехнологии» и «Импортозамещающая фармпродукция», которые имеют важное практическое значение.



Рисунок 4. Схема анализа вторичных метаболитов растений.

### Исследование антиоксидантной активности растительного сырья

**Используемые модельные системы:**

- перекисное окисление льняного масла;
- железо(II)-аскорбат-зависимое перекисное окисление митохондриальной фракции;
- окисление фосфатидилхолиновых липосом;
- электрохимическое окисления бромиз-анионов (кулометрия);
- фотосенсибилизирующая хемиллюминесценция (анализатор «Photochem»);
- амперометрия (анализатор «ЦветЯуза-01-АА»).

**Объекты исследования:**

- запчатка белая;
- таволга вязолистная;
- лабазник шестилепестный;
- мята перечная;
- синюха голубая;
- пятилисточник кустарниковый;
- камелия китайская.

**Исследования проводятся совместно с зарубежными научными центрами:**

- Российская Федерация;
- Социалистическая Республика Вьетнам.

**Результаты исследований:**

- установлены концентрационные эффекты антиоксидантной активности растительных экстрактов;
- определены некоторые параметры кинетики ингибирования перекисного окисления льняного масла растительными экстрактами.

**Получены охранные документы:**

- Антиоксидант: патент № 15671 Республика Беларусь;
- Ингибитор перекисного окисления: патент № 2460764 Российская Федерация.

Рисунок 1. Кинетика ингибирования перекисного окисления масла льня экстрактами таволги вязолистной

Рисунок 2. Анализатор антиоксидантной активности «Розылин»

Рисунок 3. Анализатор амперометрической активности «ЦветЯуза-01-АА»

Рисунок 4. Концентрационные эффекты антиоксидантной активности экстракта синюхи голубой

Рисунок 5. Методы исследования антиоксидантной активности.

### НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

#### БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Важнейшие научные результаты:

- разработаны направления практического использования эфирных масел растений в современных биотехнологиях

- В составе церкарицидных средств
- В виде композиций с повышенной антиоксидантной и антимикробной активностью (заявка на патент,
- Получение микрокапсулированного материала на основе альгиновой кислоты (совместно с ИХНМ НАН Беларуси) (заявка на патент)

Изображения микрокапсул, полученные методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии. Микрокапсулы окрашены родамином В. Флуоресцентное (А), оптическое (Б) и их комбинированное В) изображение

Капсулы-жемчужины на основе альгиновой кислоты: пустые (слева) и содержащие ЭМ душицы (справа)

Лиофилизированный микрокапсулированный материал с эфирными маслами растений

Рисунок 6. Направления практического использования эфирных масел растений в современных биотехнологиях.

## ЧАСТНАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Конечным этапом биосинтетических процессов является образование и накопление запасных веществ – белков, липидов, углеводов. Работы в области частной биохимии (отдельных культур) посвящались картофелю как с точки зрения накопления крахмала и других веществ, так и с позиции его переработки. Тематика, результаты исследований и практических разработок иллюстрируются нижеприведенным списком монографий и диссертаций.

Монографии:

1. Вечер А.С. Гончарик М.Н. Физиология и биохимия картофеля. – Мн.: Наука и техника, 1973. – 264 с.
2. Fizjologia i biochemia ziemniaka. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Zeshe. Warszawa, 1977. – 242 с.
3. Вечер А.С., Альсмик П.И., Амбросов А.Л., Гончарик М.Н., Мокроносов А.Т. Физиология картофеля – М.: Колос, 1979. – 272 с.
4. Паромчик И.И., Скачков Е.Н., Субоч Ф.И. Безотходная переработка картофеля. – Мн.: 1996. – 93 с.
5. Масный М.Н. Бульба: біохімія і якасьць. – Мн.: Навука і тэхніка. 1996. – 121 с.

Кандидатские диссертации:

1. Масный М.Н. Биохимическая характеристика сортов картофеля БССР по составу и свойствам клеточного сока. – 1967.
2. Бардышев М.А. Накопление минеральных элементов в различных органах картофеля в процессе вегетации. – 1971.
3. Левицкая М.В. Изменение углеводного комплекса картофельной мезги при различных способах ее гидролиза. – 1973.
4. Скачков Е.Н. Разработка технологии производства пищевой муки и кормовых протеиновых концентратов из картофеля. – 1988.
5. Городецкая Е.А. Электросепарация пищевой картофельной муки. – 1993.

Обобщенные данные явились основой создания безотходной технологии переработки картофеля путем механического обезживания (А.С. Вечер, И.И. Паромчик, Е.Н. Скачков, Е.И. Алексеева и др.), которая была внедрена на Климовичском крахмальном заводе Брянской области, используемая и сейчас. В практике хранения картофеля использовалась разработка «Задержание процесса прорастания картофеля гидразидом малеиновой кислоты» (Н.А. Жоровик, М.Н. Масный, В.Н. Решетников и др. Мн., 1968, 25 с.).

Изучение окислительно-восстановительных процессов, превращений сахаров, органических кислот и фенольных соединений в процессе созревания плодов и ягод дало основу практического применения полученных разработок в технологиях получения качественных игристых, натуральных и ароматизированных вин и безалкогольных напитков (см. перечень монографий и диссертационных работ).

Монографии:

1. Вечер А.С., Юрченко Л.А. Производство слабоалкогольных яблочных напитков и вин. – Мн.: Наука и техника, 1974. – 102 с.
2. Вечер А.С., Юрченко Л.А. Сидры и яблочные игристые вина. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 134 с.
3. Юрченко Л.А. Биохимия яблочного виноделия. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 166 с.

Докторские диссертации:

1. Юрченко Л.А. Научные основы и пути совершенствования технологии яблочных вин. – 1982.

Кандидатские диссертации:

1. Романовец Е.С. Биохимические процессы в производстве яблочных сортовых виноматериалов и игристых вин. – 1975.
2. Вейнер А.Г. Исследование состава и биохимических изменений комплекса летучих ароматических веществ яблочного сока при первичном и вторичном брожении. – 1977.
3. Брилевский О.А. Регулирование окислительно-восстановительных процессов в технологии игристых яблочных вин. – 1977.

Была разработана техническая документация на продукцию, в частности Республиканский стандарт БССР 657-75 «Вино натуральное яблочное легкое» (А.С. Вечер, Л.А. Юрченко, С.И. Василькевич) с продлением срока действия по постановлению Госплана БССР от 13.11.1980 г. № 27 до 1 марта 1986 г.

Натуральные вина и сидры производились в специализированном цехе совхоза «Любань» Вилейского района, было запланировано строительство завода в г. Орле.

Однако антиалкогольная кампания 1985–86 гг. вынудила свернуть винодельческую тематику.

В настоящее время выпуск вин с учетом разработок отдела осуществляется только в ЗАО «Первая дистиллярня» (Вертелищи, Гродненская обл.) учеником А.С. Вечера кандидатом технических наук Евгением Степановичем Романовцом.

Кроме указанных выше направлений, в разработках отдела нашли отражение пути использования пряно-ароматических растений (книга Л.А. Юрченко, С.И. Васильевич «Пряности и специи», Минск, «Полымя», 1989, 1995 г.), а также новых интродуцированных ягодных растений – голубики высокорослой и клюквы крупноплодной, брусники сортовой.

Были проведены интенсивные крупномасштабные разносторонние исследования этих культур коллективами лабораторий интродукции плодово-ягодных растений, химии растений, биотехнологии и биохимии растений ЦБС, результаты которых обобщены в капитальных монографических трудах: Ж. Рупасова, В. Решетников «Голубика высокорослая, оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси», изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2011, 470 с.; Ж. Рупасова, В. Решетников, Т. Василевская «Биохимический состав плодов видов сем. Ericaceae в условиях Беларуси (голубика высокая, брусника обыкновенная, клюква крупноплодная)», изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2011, 486 с. и др. Ж. Рупасовой, В. Решетниковым, Н. Павловским и А. Яковлевым были разработаны методические рекомендации «Совершенствование сортимента голубики высокорослой на основе культивирования сортов с высоким содержанием полезных веществ в ягодной продукции», одобренные научно-техническим советом секции растениеводства Главного управления растениеводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 03.11.2010 г., протокол № 13.

На основании проведенных биохимических исследований голубики высокорослой, имеющих научные данные и разработок В.Н. Решетниковым был составлен научно-аналитический доклад «Перспективы развития промышленного голубиководства в Республике Беларусь», результатом рассмотрения которого явилось принятие Бюро Президиума НАН Беларуси специального постановления № 415 от 16.09.2010 г. о развитии промышленного голубиководства. В постановлении отмечена приоритетность голубиководства, на ЦБС НАН Беларуси возложены функции головной организации по научно-техническому обеспечению формируемой подотрасли нетрадиционного плодоводства, образован Межведомственный совет по промышленному голубиководству (председатель акад. Решетников В.Н., ученый секретарь к.б.н. Спиридович Е.В.). Для решения вопросов обеспечения хозяйств посадочным материалом Со-

ветом Министров Республики Беларусь принято решение о создании в ЦБС НАН Беларуси биотехнологического комплекса по клональному микроразмножению голубики высокорослой (строительство будет завершено в 2014 г.).

Из перечня других интродуцированных культур биохимические исследования проводятся по отдельным перспективным видам лекарственных растений: расторопше пятнистой, пажитнику греческому, многоколоснику морщинистому, лапчаткам и др., нашедшим свое отражение в ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал» и ГП «Фитопрепараты».

#### КЛЕТОЧНЫЕ BIOTECHNOLOGII

Приоритетным направлением деятельности отдела, которое было инициировано в 1976–1977 гг. на основе тесного сотрудничества с научной школой чл.-корр. АН СССР Раисы Георгиевны Бутенко, стала биохимия и биотехнология культуры клеток и тканей *in vitro*.

В этом плане разрабатывались теоретические аспекты дифференциации клеток и тканей, их биохимия как объекта с измененной метаболической системой, вызванной новым типом питания и гормонального статуса.

Уже в 1981 году были получены жизнеспособные протопласты, которые образовывали колонии клеток (рис. 7). В 1986 г. была защищена первая в Беларуси кандидатская диссертация по культуре клеток Т.И. Фоменко. В 2002–2003 гг. развитие работ в области молекулярной биотехнологии представлено в кандидатских диссертациях Т.В. Василевко, О.В. Чижик, А.А. Ленец (Кузовковой).

Фоменко Т.И. Особенности ферментативного получения и функциональная активность протопластов тканей картофеля. – 1986.

Василевко В.Т. Модель переноса гена бактериальной полиглюкангидролазы ( $\beta$ -1,4-глюканазы) в растения табака как способ защиты растений от фитопатогенов. – 2002.

Чижик О.В. Белки изолированных клеточных ядер *Secale cereale* L. и *Nicotiana tabacum* L. при экспрессии и модификации генома. – 2003.

Ленец А.А. Биохимическая характеристика трансгенных NahC растений

*Nicotiana tabacum*, экспрессирующих бактериальный ген 1,2-дигидрокси-нафталиндиоксигеназы. – 2003.

Используя полученные научные данные, были развернуты работы по получению трансгенных растений (рис. 8).

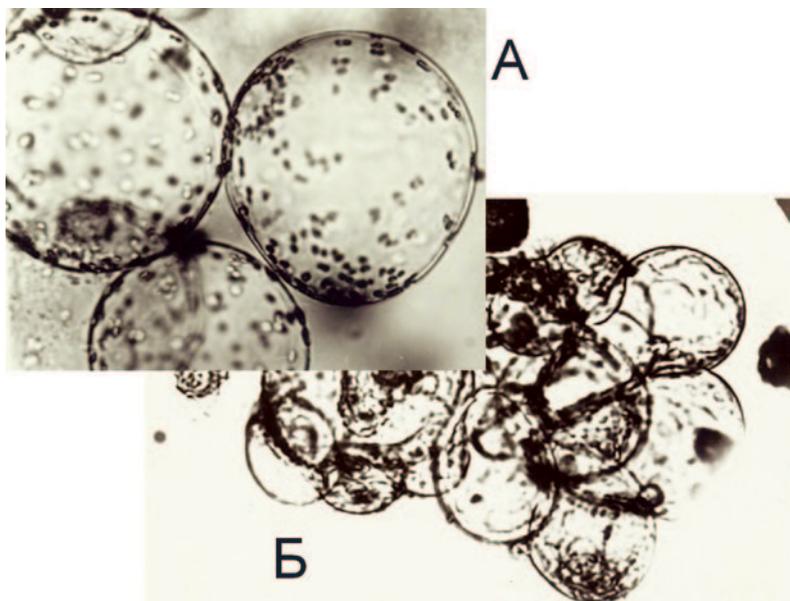


Рисунок 7. Протопласты мезофилла листа картофеля Белорусский-3, не приступившие к делению, (А) и начальные стадии формирования клеточных колоний в суспензии протопластов (Б).

Нахождение подразделения в составе Центрального ботанического сада дало возможность широкого использования биологического разнообразия мировой флоры, расширить и углубить изучение «биофабрик», определить их возможности в биосинтезе новых биологически активных веществ, создать базовую коллекцию асептических культур интродуцированных и аборигенных растений, сохранять редкие растения путем депонирования культур *in vitro* (рис. 11).

Указанные работы проводятся коллективами подразделений отдела, созданных в 2010 г.: это лаборатория клеточной биотехнологии (заведующая кандидат биологических наук Т.И. Фоменко, сотрудники: кандидат биологических наук О.В. Чижик, Л.Г. Бердичивец, В.Л. Филипена, Т.В. Мазур, О.В. Козлова, Н.Г. Брель, И.М. Чумакова, В.И. Горбачевич, И.П. Кондрацкая, Я.С. Сиволобова и др.), лаборатория прикладной биохимии (заведующая кандидат биологических наук Е.В. Спиридович, сотрудники А.В. Зубарев, Е.Д. Агабалаева, А.А. Дармель, А.Н. Юхимук, Л.Н. Быкова и др.).

### Технологии создания и испытания трансгенных растений

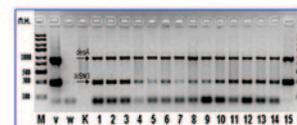


- Создана технология агробактериальной трансформации *in vitro* и *in planta* клевера лугового;
- Разработана технология получения трансгенных растений клюквы крупноплодной, экспрессирующих гетерологичный ген белка тауматина II с проявлением антигрибной активности и изменением вкуса плодов



Созданы трансгенные растения клевера лугового сорта Витебчанин, содержащих ген *licB*

Трансгенные растения клюквы крупноплодной



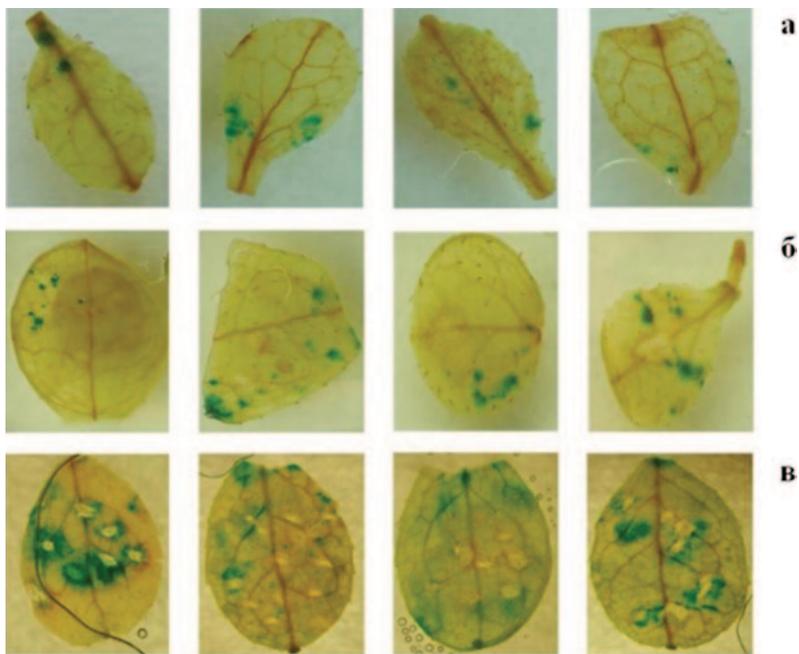
Впервые в Беларуси создано опытное поле для проведения испытаний непатогенных генно-инженерных организмов при их первом высвобождении в окружающую среду



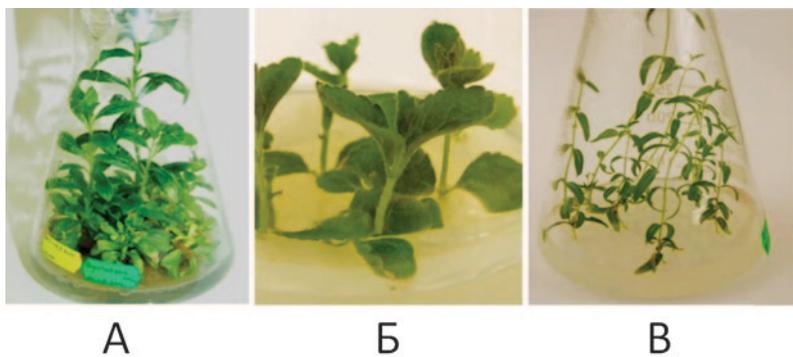
Рисунок 8. Получение трансгенных растений.



Рисунок 9. Регенеранты брусники обыкновенной сорта Red Pearl после проведения агробактериальной трансформации на среде, содержащей 100 мг/л канамицина.



**Рисунок 10.** Влияние ацетосирингона на транзистентную экспрессию GUS в листовых эксплантах брусники обыкновенной сорта Red Pearl: а – контроль; б – ацетосирингон при инокуляции; в – ацетосирингон при инокуляции и кокультивировании.



**Рисунок 11.** Воробейник лекарственный (А), кадило сармацкое (Б) и шлемник байкальский (В) в культуре in vitro.

Биотехнологическим разработкам способствовало молекулярно-генетическое тестирование и паспортизация растений, инициированная и развиваемая кандидатом биологических наук Е.В. Спиридович, с помощью которой организована группа в составе А.Б. Власовой, А.Н. Юхимука, М.С. Тухфатулиной, А.В. Зубарева. Работы проводятся в тесном сотрудничестве с сотрудниками Института леса НАН Беларуси доктором биологических наук В.Е. Подутовым и О.В. Борановым. Отдельные паспорта растений представлены на рис. 12.

Масштабное развитие получили прикладные работы по клональному микроразмножению интродуцированных растений, и прежде всего голубики высокорослой, сирени сортовой, рододендронов и др. культур в составе биотехнологического комплекса ЦБС НАН Беларуси.

Учитывая важность целенаправленных работ по сохранению и рациональному использованию биоразнообразия растений, в 1999 г. была инициирована, разработана совместно с Институтом генетики и цитологии и НПЦ по земледелию НАН Беларуси и затем утверждена Правительством Республики Беларусь Государственная программа «Создать национальный банк генетических ресурсов растений для выведения новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, сохранения и обогащения культурной и природной флоры Беларуси», которая успешно функционирует в настоящее время.

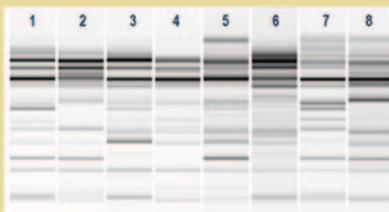
Основные научные и практические итоги и положения о развитии биотехнологии растений в Беларуси были изложены в научно-аналитическом докладе на заседании Бюро Отделения биологических наук НАН Беларуси (2012 г.) и опубликованы в журнале «Вестник фармации» (№3, 2012. – 70–77 с.).

Научные школы не могут продуктивно развиваться изолированно, без широкого научного и научно-технического сотрудничества. В деятельности отдела оно представлено многочисленными векторами. Прежде всего это коллективы учреждений НАН Беларуси: Института генетики и цитологии, Института биофизики и клеточной биоинженерии, Института микробиологии, НПЦ по биоресурсам, Института леса, Института экспериментальной ботаники, Института биоорганической химии, Института химии новых материалов, Научно-практического центра по земледелию, Института плодоводства; постоянное сотрудничество осуществляется с коллегами биологического факультета БГУ, фармацевтического Витебского медуниверситета, биологами Белорусского государственного педагогического университета, сотрудниками южных университетов – Полесского и Брестского.

## Молекулярно-генетическая сертификация 23 видов и сортов брусники обыкновенной



Для исследования генетического полиморфизма были использованы 9 RAPD и 5 ISSR праймеров, позволившие идентифицировать 68 и 130 ДНК-маркеров соответственно. Для каждого сорта был выявлен специфический набор генетических маркеров, что позволило успешно дифференцировать все сорта. Для сорта Sanna праймер UBC-810 позволил выявить уникальный маркер – UBC810<sub>Sanna</sub>.



ISSR-спектры сортов брусники обыкновенной, полученные при использовании праймера UBC-818. 1 – Red Pearl; 2 – Koralle; 3 – Erntesegen; 4 – Рубин; 5 – Erntekrone; 6 – Sussi; 7 – Костромская розовая; 8 – Sanna.

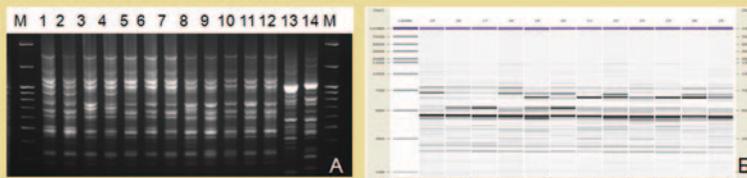
### Молекулярно-генетический паспорт брусники обыкновенной сорта Sanna

Праймеры	Маркеры
OPA-04	OPAC0 <sub>10</sub> , OPA04 <sub>100</sub> , OPA04 <sub>101</sub> , OPA04 <sub>102</sub> , OPA04 <sub>103</sub> , OPA04 <sub>104</sub> , OPA04 <sub>105</sub> , OPA04 <sub>106</sub> , OPA04 <sub>107</sub> , OPA04 <sub>108</sub>
OPA-10	OPA10 <sub>100</sub> , OPA10 <sub>101</sub> , OPA10 <sub>102</sub> , OPA10 <sub>103</sub> , OPA10 <sub>104</sub> , OPA10 <sub>105</sub> , OPA10 <sub>106</sub> , OPA10 <sub>107</sub> , OPA10 <sub>108</sub>
OPA-11	OPA11 <sub>100</sub> , OPA11 <sub>101</sub> , OPA11 <sub>102</sub> , OPA11 <sub>103</sub> , OPA11 <sub>104</sub> , OPA11 <sub>105</sub> , OPA11 <sub>106</sub> , OPA11 <sub>107</sub> , OPA11 <sub>108</sub>
OPA-14	OPA14 <sub>100</sub> , OPA14 <sub>101</sub> , OPA14 <sub>102</sub> , OPA14 <sub>103</sub> , OPA14 <sub>104</sub> , OPA14 <sub>105</sub>
OPA-16	OPA16 <sub>100</sub> , OPA16 <sub>101</sub> , OPA16 <sub>102</sub> , OPA16 <sub>103</sub> , OPA16 <sub>104</sub> , OPA16 <sub>105</sub>
OPJ-04	OPJ04 <sub>100</sub> , OPJ04 <sub>101</sub> , OPJ04 <sub>102</sub> , OPJ04 <sub>103</sub> , OPJ04 <sub>104</sub> , OPJ04 <sub>105</sub> , OPJ04 <sub>106</sub> , OPJ04 <sub>107</sub> , OPJ04 <sub>108</sub>
OPJ-04	OPJ04 <sub>100</sub> , OPJ04 <sub>101</sub> , OPJ04 <sub>102</sub> , OPJ04 <sub>103</sub> , OPJ04 <sub>104</sub> , OPJ04 <sub>105</sub> , OPJ04 <sub>106</sub> , OPJ04 <sub>107</sub> , OPJ04 <sub>108</sub>
OPJ-03	OPJ03 <sub>100</sub> , OPJ03 <sub>101</sub> , OPJ03 <sub>102</sub> , OPJ03 <sub>103</sub> , OPJ03 <sub>104</sub>
OPR-03	OPR03 <sub>100</sub> , OPR03 <sub>101</sub> , OPR03 <sub>102</sub> , OPR03 <sub>103</sub>
UBC-002	UBC002 <sub>100</sub> , UBC002 <sub>101</sub> , UBC002 <sub>102</sub> , UBC002 <sub>103</sub> , UBC002 <sub>104</sub> , UBC002 <sub>105</sub> , UBC002 <sub>106</sub> , UBC002 <sub>107</sub> , UBC002 <sub>108</sub>
UBC-008	UBC008 <sub>100</sub> , UBC008 <sub>101</sub> , UBC008 <sub>102</sub> , UBC008 <sub>103</sub> , UBC008 <sub>104</sub> , UBC008 <sub>105</sub> , UBC008 <sub>106</sub> , UBC008 <sub>107</sub> , UBC008 <sub>108</sub>
UBC-010	UBC010 <sub>100</sub> , UBC010 <sub>101</sub> , UBC010 <sub>102</sub> , UBC010 <sub>103</sub> , UBC010 <sub>104</sub> , UBC010 <sub>105</sub> , UBC010 <sub>106</sub> , UBC010 <sub>107</sub> , UBC010 <sub>108</sub>
UBC-019	UBC019 <sub>100</sub> , UBC019 <sub>101</sub> , UBC019 <sub>102</sub> , UBC019 <sub>103</sub> , UBC019 <sub>104</sub> , UBC019 <sub>105</sub> , UBC019 <sub>106</sub> , UBC019 <sub>107</sub> , UBC019 <sub>108</sub>
UBC-011	UBC011 <sub>100</sub> , UBC011 <sub>101</sub> , UBC011 <sub>102</sub> , UBC011 <sub>103</sub> , UBC011 <sub>104</sub> , UBC011 <sub>105</sub>
UBC-018	UBC018 <sub>100</sub> , UBC018 <sub>101</sub> , UBC018 <sub>102</sub> , UBC018 <sub>103</sub> , UBC018 <sub>104</sub> , UBC018 <sub>105</sub> , UBC018 <sub>106</sub> , UBC018 <sub>107</sub> , UBC018 <sub>108</sub>
UBC-019	UBC019 <sub>100</sub> , UBC019 <sub>101</sub>
IS-06	IS06 <sub>100</sub> , IS06 <sub>101</sub> , IS06 <sub>102</sub>

\*Красным шрифтом выделены уникальный, сортоспецифический маркер

## Молекулярно-генетическая сертификация пажитника греческого *Trigonella foenum graecum* L. (сорта Ovary Gold, Ovary 4, Metha, Ghahkamon)

Для исследования генетического полиморфизма были использованы 2 RAPD (OPJ-07, OPN-09) и 2 ISSR (UBC-807, UBC-840) праймеры. Для каждого сорта был выявлен специфический набор генетических маркеров.



Электрофоретическое разделение продуктов амплификации тотальной ДНК 5 сортов пажитника греческого в агарозном геле с праймером OPN 09 (А) и на Биоанализаторе-2100 с праймером UBC-807 (Б)

Составлены генетические паспорта четырех сортов пажитника греческого составлены по данным мультилокусного ДНК-маркирования, основанного на использовании RAPD и ISSR техник.

Праймер	Общая формула полиморфных фрагментов
OPJ-07	OPJ-07 <sub>256</sub> , OPJ-07 <sub>446</sub> , OPJ-07 <sub>486</sub> , OPJ-07 <sub>510</sub> , OPJ-07 <sub>642</sub> , OPJ-07 <sub>676</sub> , OPJ-07 <sub>612</sub> , OPJ-07 <sub>646</sub> , OPJ-07 <sub>700</sub> , OPJ-07 <sub>918</sub>
OPN-09	OPN-09 <sub>332</sub> , OPN-09 <sub>426</sub> , OPN-09 <sub>502</sub> , OPN-09 <sub>624</sub> , OPN-09 <sub>802</sub>
UBC 807	UBC-807 <sub>226</sub> , UBC-807 <sub>251</sub> , UBC-807 <sub>333</sub> , UBC-807 <sub>371</sub> , UBC-807 <sub>399</sub> , UBC-807 <sub>442</sub> , UBC-807 <sub>489</sub> , UBC-807 <sub>498</sub> , UBC-807 <sub>518</sub> , UBC-807 <sub>546</sub> , UBC-807 <sub>626</sub> , UBC-807 <sub>677</sub> , UBC-807 <sub>718</sub> , UBC-807 <sub>768</sub>
UBC 840	UBC-840 <sub>108</sub> , UBC-840 <sub>200</sub> , UBC-840 <sub>222</sub> , UBC-840 <sub>257</sub> , UBC-840 <sub>280</sub> , UBC-840 <sub>326</sub> , UBC-840 <sub>340</sub> , UBC-840 <sub>427</sub> , UBC-840 <sub>446</sub> , UBC-840 <sub>486</sub> , UBC-840 <sub>526</sub> , UBC-840 <sub>617</sub> , UBC-840 <sub>667</sub> , UBC-840 <sub>688</sub> , UBC-840 <sub>808</sub> , UBC-840 <sub>938</sub>

## Генотипические сертификаты (паспорта) сортов и форм *Potentilla fruticosa* (Dasiphora)

Сорт «Фонарик»	
UBC 808	1050, 810, 560, 540, 390, 370
UBC 811	1600, 1400, 1050, 970, 800, 680, 640, 610, 480, 440, 350
USB 818	1400, 1300, 1200, 1100, 1040, 950, 900, 700, 600, 550, 530
OPA 05	2500, 1500, 1300, 1150, 880
OPC 02	1970, 1775, 650
OPD 08	1700, 1560, 1160, 1030, 340
OPG 08	1600, 990, 750, 540, 360, 300



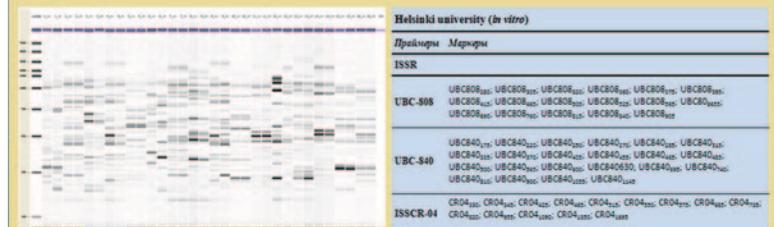
Сорт «Румянец»	
UBC 808	1400, 1050, 680, 560, 390
UBC 811	1600, 1500, 1400, 1050, 1000, 880, 800, 680, 640, 610, 480, 440
UBC 818	1400, 1300, 1200, 1100, 900, 700, 600, 550
OPA 05	2500, 1800, 1400, 1300, 880
OPC 02	—
OPD 08	1560, 1340, 1030, 340
OPG 08	1600, 990, 840, 470, 360, 300



В сертификатах указаны маркеры, обнаруженные при генотипировании сорта с определенным праймером. Сертификаты созданы для 14 форм и 4 сортов Курильского чая, поддерживаемых к коллекции ЦБС

## Молекулярно-генетическая сертификация 32 таксонов (виды и сорта) рода *Rhododendron* spp.

С целью молекулярно-генетической сертификации 32 таксонов рода *Rhododendron* L. проведено мультилокусное ДНК-маркирование с применением техники ISSR-PCR. Для изоляции препарата геномной ДНК использовали 2xCTAB-метод с модификациями [Doyle J. J. и Doyle J. L.]. ISSR-маркирование проводили с 3 предварительно отобранными информативными праймерами: UBC-808, UBC-840 и ISSCR-04. В результате был идентифицирован 181 ДНК-локус. Полученные данные позволили разграничить все исследуемые таксоны и составить молекулярно-генетические паспорта.



Электрофоретическое разделение продуктов амплификации тотальной ДНК 32 таксонов рода *Rhododendron* L. с праймером UBC-840 (Bioanalyzer 2100 / Agilent).

Молекулярно-генетический паспорт рододендрона сорта Helsinki university (Хельсинки университет) из коллекции in vitro



Рисунок 12. Молекулярно-генетическая паспортизация декоративных и лекарственных растений: брусники, курильского чая, пажитника, рододендронов.

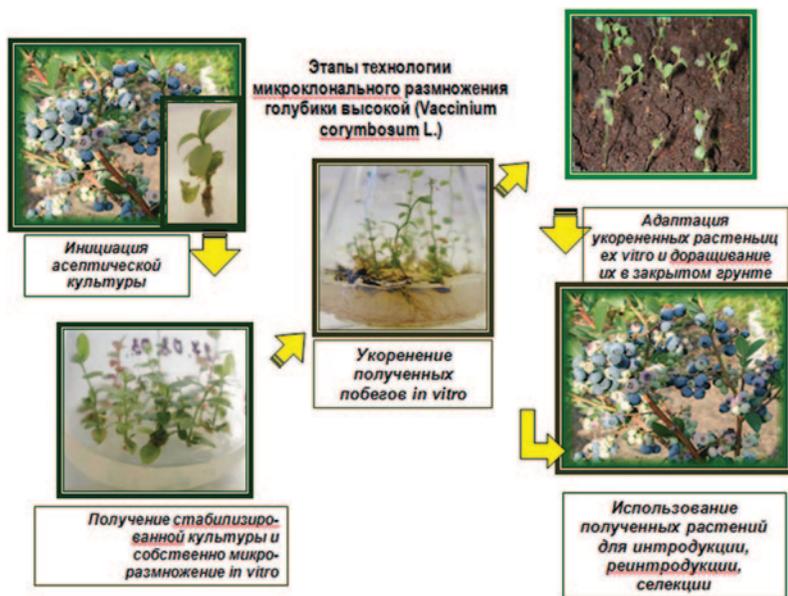


Рисунок 13. Технологическая схема получения саженцев голубики высокой клональным микроразмножением.



Рисунок 14. Рододендрон гибридный сорта Helsinki University на питательной среде для микроклонирования WPM с 5 мг/л 2иП и 1 мг/л ИУК.



Рисунок 15. Размножение герберы в культуре *in vitro*.



Рисунок 16. Технология сохранения популяций редких и исчезающих видов растений с использованием ДНК-маркирования, *in vitro* и *ex situ* консервация.

Сотрудничество с учреждениями стран СНГ представлено широким кругом участников, но особо следует отметить контакты с Главным ботаническим садом РАН, с которым совместно создан в 2009 г. Совет ботанических садов России и Беларуси (сопредседатели проф. Демидов и Решетников).

В конце 2012 г. Главным ботаническим садом РАН с участием ЦБС выдвинута (и уже поддержана) инициатива создания Совета ботанических садов Академий наук стран Содружества (11 государств). Постоянно поддерживается тесное сотрудничество с коллегами Украины, Уфимского научного центра и др.

Дальнее зарубежье представлено учреждениями Вьетнамской академии наук и биотехнологий, Западно-Венгерским университетом, с которыми проводятся работы по лекарственным растениям, ботаническими садами Кубы, Польши, Литвы и других стран.

В заключение можно констатировать, что научная школа биохимиков и биотехнологов растений НАН Беларуси – это богатое прошлое, значимое настоящее и перспективное будущее.

## ТВОРЧЫ ШЛЯХ АЛЕСЯ ВЕЧАРА (25.03.1905 – 4.05.1985)

Акадэмік У.М. Рашэтнікаў

Алесь Сцяпанавіча Вечара ведалі як вучонага і паэта ў двух напрамках дзейнасці, якіх аб'ядноўвае адзіны сэнс – творчасць. Сам Алесь Сцяпанавіч 29 мая 1981 года напісаў маленькі рукапісны артыкул пад назвай «Незабываемая радость научного творчества». Тэкст гэтага артыкула трэба прывесці цалкам. Вось ён: «Мне удавалось иногда первым затронуть нетронутые места чудесного мира биологии. Хорошо помню, как сорок с лишним лет тому назад у меня появилась мысль о единстве происхождения пластид – специфических органелл растений. Я почувствовал важность их выделения из растительных тканей и осуществил его. Все это легло в основу моего труда «Химическая природа пластид и методы их выделения», ставшего моей диссертацией (1950 г.) На основе этого труда я разработывал технологию пластидных пигментов и организовал производство каротиновых препаратов (Краснодар).

Новый подход оказался полезным и в такой, казалось бы, старой отрасли пищевой промышленности, как плодово-ягодное виноделие. Подмеченное вредное влияние избытка кислорода на качество вино-материалов позволило разработать новую технологию качественного виноделия с экономическим эффектом в несколько миллионов рублей.

Работы по биохимии картофеля явились важным заделом для решения задачи поверхностной асептики картофельных клубней путем регулирования на поверхности концентрации водородных ионов. Эта простая операция уже проведена в производственных условиях и вероятно получит широкое распространение. Уникальной является промышленная безотходная технология картофелепродуктов, и я хочу разделить испытываемую мною радость научного предвидения вместе с сотрудниками лаборатории биохимии и молекулярной биологии нашего института и с сотрудниками отраслевых институтов, активно принимавших участие в новых исследованиях. Такие примеры можно продолжить».

Цяжка сказаць, калі, у якія гады з'явілася ў Алесь Сцяпанавіча мара стаць на сцэжку творчай працы: мабыць, самыя першыя яе зачаткі былі ў 1910 годзе, калі да Зямлі набліжалася камета Галея,

і хлопчыка здзіўляла, пужала і вабіла надзвычайная з'ява. Дарэчы, гэтыя пачуцці Алесь Сцяпанавіч адлюстравіў у вершы «Комета Галея» ў 1984 годзе. Мабыць, мара творчасці з'явілася ў гады нямецкай і беларускай акупацыі на Случчыне, калі цяжкае жыццё ў роднай весцы Машчыцы, прыгнет чужаземцаў ускалыхнулі пачуцці юнака; а можа, камсамольскае жыццё 1923–1925 гадоў, калі ён працаваў за-гадчыкам хаты-чытальні ў Старадарожскім раёне, або ў бытнасць сакратара камсамольскай ячэйкі на Случчыне.

Гэта былі няпростыя, складаныя гады. Вось як аб гэтым пярэдыдзе жыцця юнака Алесь пісаў мне яго аднавясковец Барташевіч: «Мое внимание к Александру Степановичу и уважение к нему зародились в 1929 году, когда во время зимних каникул молодежь собиралась на вечерки в хате соседа Перегуда Юстына. Уже тогда Алеша и его товарищи вели разговор о литературе, о преимуществе ведения коллективного хозяйства, что вызывало горячие споры и ругань хозяина хаты. Это Алеша научил меня играть в шахматы и зажег любовь к книгам...»

У 1927–1929 гадах Алесь Сцяпанавіч – студэнт Горацкай сельскагаспадарчай акадэміі, тут ён актыўна пачаў займацца навуковай справай у гуртку пад кіраўніцтвам вядомага вучонага-фізіёлага і біяхіміка прафесара Ціхана Мікалаевіча Годнева, піша вершы. Гэтаму часу характэрны ўсеагульны творчы ўздым у рэспубліцы, назіралася надзвычайная цяга як сталых людзей, так і моладзі да навукі і беларускай літаратуры. Вынікам гэтага з'явілася стыхійнае ўзнікненне літаратурнага аб'яднання «Маладняк», філіі якога зацвердзіліся ва ўсіх акругах тагачаснай Беларусі.

Філія «Маладняка» ў 1925 годзе была заснавана і ў горадзе Оршы, якая сваю асноўную работу перанесла ў Горы-Горкі – Беларускаю сельскагаспадарчую акадэмію, якая была асноўнай крыніцай, з якой філія чарпала свае сілы, папаўняла свае рады.

Сярод актыўных членаў Аршанскай філіі «Маладняка» быў і студэнт Алесь Вечар, вершы і апавяданні якога з'явіліся не толькі каштоўным прыбыткам друкарскага органа «Аршанскі маладняк», але і беларускай літаратуры ў цэлым.

Аршанская філія дала беларускай літаратуры таленавітых паэтаў і празаікаў, сярод якіх, не гаворачы аб Юрыю Гаўруку, быў рабфакавец Тодар Кляшторны, вяскоўцы Мікола Нікановіч, Васіль Каваль, Юлій Таўбін, Уладзімір Прыбыткоўскі і многа іншых, і сярод іх – Алесь Вечар.

Вось як аб маладнякоўцу Алесю Вечару піша ў сваіх успамінах Максім Гарэцкі (М. Гарэцкі. “Успаміны, артыкулы, дакументы”. Мн., Мастацкая літаратура, 1984. 368 с.)

...«Алесь Вечар. Нарадзіўся 12 сакавіка (ст.ст.) 1905 г. у в. Малья Машчыцы, 10 в. на захад ад Слуцка. Бацькі – сяляне. Бацька памер ад брушнага тыфу, калі Алесю было месяцаў пяць. Алесь Вечар працаваў на гаспадарцы, быў загадчыкам хаты-чытальні, сакратаром камсамольскай ячэйкі. Год вучыўся ў сельскагаспадарчым тэхнікуме. Цяпер – студэнт Беларускай сельскагаспадарчай акадэміі ў Горках.

Друкуецца з 1925 г. Піша вершы і аповяданні, якія змяшчаліся, галоўным чынам, у «Аршанскім маладняку». Падрыхтаваў зборнік «Кола дзён».

У сваім першым друкаваным вершы «Дзве думкі» («Аршанскі маладняк», № 3, 1925 г.) Вечар закранае тую тэму, што навука дапамагае чалавеку вызначыць сваё месца ў жыцці і ў змаганні. Ва ўсіх яго вершах – амаль выключна сацыяльныя матывы.

У вершы «Нашы акорды» ён аглядае этапы на шляхах пралетарыяту, аглядае пройдзенае і зробленае, усаўляе сацыялістычнае будаўніцтва і выказвае пагарду да буржуазіі. Тут арыгінальная форма: вольны верш, моцныя вобразы і словы, паўнагучча, тут класіцызм і фабрычны рытм, так сказаць, імкненне да пралетарскага класіцызму. Толькі выраз «Білі свету старому па мордзе» – моцны, але грубы. Тон – узвышаны, рамантычны і класічны разам.

Часта любіць пісаць паэт аб пераломе ў жыцці вёскі, ён выяўляе імкненне да машынізацыі сельскай гаспадаркі, да калектывізацыі вёскі. Яго ідэал – культурнае падняцце сельскай гаспадаркі. У вершах «Стансы» яго матыў – трактары. У вершы «Канюшыны шум» ён пярэ пра гармонію жалезнага рытму машыны з прасторамі і чырванню шышак канюшыных. Ён між іншым кажа:

*Не кажыце мне вы, што машынны імпульс*

*Знішчыць паэтычнасць, колернасць лісіця.*

*Ён паэта толькі з вышыні Алімпа*

*Знізіцца прымусяць да крыніц жыцця.*

Адчуванне характава, імкненне да яго, выяўленне яго ў жыцці і ў паэтычнай творчасці, культ прыроды як крыніцы, з якой можна піць асалоду, – уласцівыя Вечару рысы. Яшчэ адзін яго матыў – каханне. Яно ў яго заўсёды бадзёрае, мажорнае.

У форме ён імкнецца да навізны, але дае зразумелую масам форму.

У мастацкай прозе Вечар яшчэ не аформіўся. Аповяданні ўзяты з гарадскога чыноўніцкага жыцця («Папяросніца ад Эпохі»), са змагання вясковага актывіста з кулакамі-бандытамі («Перамога») і з падпольнага жыцця ў Заходняй Беларусі («Бэзавы герой»).

І пасля сканчэння акадэміі, працуючы ў Мінску, Алесь Сцяпанавіч не парываў з літаратурай, рэдагаваў часопіс «Шляхі калектывізацыі», з’яўляўся нейкі час старшынёй Мінскай арганізацыі БелАПП (Беларускай арганізацыі пралетарскіх пісьменнікаў і паэтаў), у якую ўліўся і «Маладняк». Усе, хто ведаў Алеся Сцяпанавіча, прадракалі яму шырокую вядомасць, чакалі ўбачыць яго ў першых радах беларускай літаратуры.

Але звернемся да храналогіі жыцця. Скончана Горацкая акадэмія. Алесь Вечар накіраваны ў аспірантуру, з’яўляецца аспірантам Цэнтральнай хімічнай лабараторыі НІІ сельскай і лясной гаспадаркі Беларусі (г. Мінск), потым выкладчыкам Гарадскога тэхнікума Віцебскай вобласці, супрацоўнікам Камітэта хімізацыі пры Дзяржплане БССР, аграхімікам занальнай доследнай станцыі ў Сочы. Усё гэта адбывалася ў 1929–1932 гадах. У 1932-м з-пад пяра Аляксандра Сцяпанавіча з’яўляюцца дзве значныя друкаваныя навуковыя працы, і адна з іх – кніжка «Прамысловая сушка бульбы». Як бачым, першыя крокі ў навуцы звязаны з той сельскагаспадарчай культурай, якая ў Беларусі завецца “другім хлебам” і да якой Алесь Сцяпанавіч звяртаецца ў далейшым шмат разоў. Дарэчы, гаворачы па сакрэту, ён зваў бульбу – першым хлебам, а не другім, улічваючы ўсе яе якасці, якія нам, асабліва беларусам, добра знаёмыя.

1933–1937 гады. Малады вучоны ўжо з’яўляецца ў Мінску кіраўніком аддзела НІІ харчовай прамысловасці БССР, адначасова чытае курс хіміі і таваразнаўства пладоў і гародніны ў Беларускай інстытуце народнай гаспадаркі, а таксама лекцыі па тэхналогіі слабаалкагольных напояў і він у Беларускай палітэхнічным інстытуце.

Навуковая дзейнасць гэтага часу мае дачыненне да выяўлення хімічнага складу пладоў, клубнепладоў і ягад, распрацоўцы метадаў даследавання вітамінаў у прадукцыі расліннага паходжання. Па матэрыялах даследаванняў апублікаваны 2 кніжкі і 5 артыкулаў. Адзначым, што ў 1935 годзе Алесю Сцяпанавічу Вечару прысвайваецца навуковая ступень кандыдата хімічных навук і званне старэйшага навуковага супрацоўніка па спецыяльнасці «біяхімія раслін». Але можа ўзнікнуць пытанне, чаму з 1929 па 1937 год так многа зменена месц працы і жыхарства: Мінск–Гарадок–Мінск–Сочы–Мінск? Усё

гэта вынік ганення на маладога вучонага і паэта, якому не давалі магчымасці працаваць з-за высланай у Котлас маці, за ўдзел у «Маладняку», за «вольнадумства». У гэты час ён быў выключаны з радыё КПСС, і не дапамог нават зварот да Калініна. Прыйшлося пакінуць Беларусь і перабрацца ў Расію, у г. Краснадар, дзе і праходзіў значны перыяд творчасці вучонага і беларускага паэта з 1937 па 1959 год. У Краснадары ён працуе загадчыкам кафедры Кубанскага сельскагаспадарчага інстытута, які рэарганізуецца ў Інстытут вінаробства і вінаградарства, а затым – Інстытут харчовай прамысловасці.

Навуковая дзейнасць у краснадарскі перыяд была ў сваёй значнай частцы звязаная з хіміяй і тэхналогіяй расліннай сыравіны, тэхналогіяй вінаробства. Шмат увагі надаецца вызначэнню біялагічна актыўных рэчываў у раслін, спосабам іх ізалявання і практычнага прымянення. Вучоны атрымлівае аўтарскія пасведчанні на спосаб вылучэння караціну і канцэнтратаў гэтага рэчыва, а таксама на лячэбны полівітамінны прэпарат. На падставе гэтых работ быў пабудаваны даследні завод, а затым арганізавана прамысловая вытворчасць прэпаратаў на Краснадарскім вітамінным камбінаце, ініцыятарам заснавання якога быў Алесь Сцяпанавіч.

Акрамя таго, у гэты час вучоным было абгрунтавана прымяненне аскарбінавай кіслаты ў тэхналогіі шампанскіх він як сродка барацьбы з акісленнем вінаматэрыялаў, а таксама метады асвятлення він бентанітамі. Было шмат другіх распрацовак, якія прынеслі вядомасць Аляксандру Сцяпанавічу як біяхіміку.

Трэба асобна адзначыць, што ў краснадарскі перыяд зачыналіся піянерскія даследаванні пластыд, зарадзіўся новы навуковы напрамак – біяхімія ізаляваных пластыд раслін. Ужо ў 1947 годзе з'яўляюцца два значнальных артыкулы – «Пластыды растений как коллоидные системы витаминов» і «Пластыды моркови». Апошні быў надрукаваны ў часопісе «Біяхімія» задоўга да даследавання шэрага іншых вучоных як у СССР, так і за яго межамі.

Зразумела важнасці развіцця навуковай дзейнасці ў галіне біяхіміі пластыд прывяло Алеся Сцяпанавіча ў дактарантуру Інстытута біяхіміі імя Баха АН СССР да вядомага акадэміка Н. М. Сісакяна. Доктарантура была паспяхова скончана. У 1950 годзе Алесь Сцяпанавіч абараніў у гэтым жа інстытуце доктарскую дысертацыю, у 1951-м ВАКам яму была прысуджана вучоная ступень доктара біялагічных навук і званне прафесара на кафедры «Фізічная і калодная хімія».

Не трэба забывацца, што ўвесь гэты час вучоны, як выкладчык Краснадарскага політэхнічнага інстытута, аддае свае веды будучым шматлікім маладым спецыялістам. З'яўляюцца першыя вучні, якія працуюць над кандыдацкімі дысертацыямі. Але на працягу ўсяго краснадарскага перыяду Алесь Сцяпанавіч імкнецца вярнуцца ў Беларусь. Цяга да Радзімы яскрава прагучала ў вершы пад назвай «Акрыленны сон», які быў напісаны ў 1944 годзе:

*Я сёння Бацькаўшчыну сніў,  
Маю краіну-партызанку.  
Сярод лугоў і родных ніў  
Ішоў, як некалі, я ўранку.  
Ляжала на траве раса,  
Свяціла сонца ў кожнай кроплі,  
І, як расінка, быў я сам  
Празрытай радасцю ахоплен.  
Мне снілася, што я ізноў  
Знайшоў юнацтва на Айчыне,  
Што прамяністаю вясной  
Іду па ўзгорках і лагчынах,  
Што быццам толькі захачу  
Паскорыць рух мой нецярплівы,  
Над Беларуссю я лячу  
Палетам соладка імклівым.  
І дарагая Беларусь  
Дае ізноў мне шчасце-долю...  
Расінкі жменьмі бяру  
І мяю твар жывой вадою.  
Шчаслівы міг! Нібыта мне  
Быў матчын дар у сне прынесен.  
Насустрач сонцу і вясне  
Душа імкнулася да песень.  
У гэтых песнях палымнеў  
Сярод змагання і трывогі  
Агонь нянавісці і гнеў –  
Вялікі рыцар перамогі.  
Звіні ж, мой спеў, грымі, салют,  
Ляці, маёй Айчыны слава!  
Краіну сёння сніў сваю,  
Хай будзе сон мой яснай явай!*

Прыходзіць 1959 год. Алесь Сцяпанавіч па конкурсу выбіраецца загадчыкам адзела біяхіміі раслін Інстытута біялогіі АН БССР (цяпер Інстытут эксперыментальнай батанікі) і вяртаецца ў Мінск. Як ужо вядома вучонага агульны сход АН БССР выбірае яго членам-карэспандэнтам Беларускай акадэміі, а праз сем гадоў – акадэмікам АН БССР.

У Мінску Алесь Сцяпанавіч згуртоўвае вакол сябе калектыў маладых супрацоўнікаў, у ліку якіх кваліфікаваныя вучоныя – М.Ц. Чайка, Г.А. Масько, К. Лапцева, К.І. Прэдкель, Р.А. Ненадовіч і іншыя, якія разгортваюць даследаванні пластыд ліставога і неліставога паходжання. Пачынаецца і новы напрамак – вывучэнне нуклеінавых кіслот раслін, які цяпер шырока прадстаўлены ва ўсім свеце.

Нельга не адзначыць, што ў нашай акадэміі Алесь Сцяпанавіч заклаў асновы тэхнічнай мікрабіялогіі, калі на грамадскай аснове ўзначальваў аддзел мікрабіялогіі. Ужо ў 1961 годзе ў друку з'яўляюцца распрацоўкі па прамысловай вытворчасці бялковых кармоў, вітамінаў і іншых рэчываў на аснове перапрацоўкі бульбы і іншай сыравіны. У гэтых даследаваннях прынялі ўдзел А.С. Гурыновіч, С.І. Васількевіч, Г.Ф. Праказаў, Т.А. Рабушка, В.Р. Бабіцкая і іншыя.

Праводзяцца даследаванні бялкоў і ферментаў сельскагаспадарчых культур і ізаляваных пластыд. З мэтай пашырэння ўсіх гэтых работ у 1961–1962 гадах прымаецца шэраг аспірантаў, у ліку якіх І.В. Матошка, А.П. Булко, Л.С. Крэмнава, У.М. Рашэтнікаў, С.І. Курбатава, М.М. Масны і іншыя. У 1961 годзе выходзіць першая ў свеце манаграфія па біяхіміі пластыд «Пластыды растений» (Мн., «Наука и техника», 194 с.).

Асобна значным навуковым поспехам можна лічыць эксперыментальны доказ прысутнасці ДНК у складзе пластыд, што было зроблена на аснове новых прыёмаў выдзялення і ачысткі арганэл. Знаходжанне гэтага біяпалімеру, а таксама РНК і спецыфічных бялкоў, ужо тады сведчылі аб адкрыцці асаблівай, лакалізаванай у пластыдах бялоксінтэзуючай сістэмы, і, нягледзячы на недавер'е шэрагу вучоных, Алесь Сцяпанавіч адстойваў сваю ідэю. Цяпер мы ўсе ведаем, што гэта так і ёсць. Можна толькі здзіўляцца празарлівасці вучонага.

Паралельна з фундаментальнымі даследаваннямі закладваюцца асновы тэхнічнай біяхіміі. Распрацоўкі па гэтаму напрамку завяршаюцца практычнымі прапановамі, і вось значны поспех – у

Пінску арганізуецца біяхімічны завод па вытворчасці кармавых канцэнтратаў рыбафлавіну.

Усе тэарэтычныя даследаванні Алеся Сцяпанавіча, вучняў яго лабараторыі абавязкова звязаныя з пажаданнямі прадпрыемстваў народнай гаспадаркі. Алесь Сцяпанавіч наладжвае добры кантакт з інстытутамі, заводамі, саўгасамі. Ён – ініцыятар гаспадарчых работ і першы з вучоных аддзялення заключае гаспадарчыя дагаворы па мадыфікацыі крухмалаў, захоўванню бульбы з дапамогай хімічных рэчываў, прымяненню караціноідных фарбаў у харчовай прамысловасці, тэхналогіі яблычнага вінаробства.

Некаторыя з гэтых работ адначасова мелі глыбокі фундаментальны характар. Гэта датычыцца работ па плодова-ягаднаму вінаробству, якія з актыўным удзелам доктара тэхнічных навук Ліліі Аляксандраўны Юрчанка выліліся ў навуковы напрамак – біяхімію і тэхналогію высокакаснага плодова-ягаднага вінаробства з мэтай рацыянальнага выкарыстання ўраджаю яблык і расшырэння асартыменту натуральных, ігрыстых і араматызаваных яблычных він.

Значныя працы праведзены па духмяна-араматычных раслінах, якія атрымалі значны размах у сучасныя пярэды.

Вялікі ўздым мелі даследаванні па біяхіміі і фізіялогіі сартоў бульбы Беларусі, якія вяліся сумесна з вучонымі Беларускага НІІ плодаагародніцтва і бульбы – акадэмікам АН БССР Пятром Іванавічам Альсмікам, д.с.-х. навук М.Д. Ганчаровым, А.А. Вайтоўскай, аспірантамі і супрацоўнікамі лабараторыі – У.М. Рашэтнікавым, М.М. Масным, М.А. Бардышавым, В.К. Лапцевай, Г.Ф. Праказавым і інш. Вынікі даследаванняў прыведзены ў дысертацыях гэтых вучняў Алеся Сцяпанавіча і кнігах, апублікаваных сумесна з членам-карэспандэнтам АН БССР Міхасём Мікалаевічам Ганчарыкам – «Фізіялогія і біяхімія бульбы» (1973–1977 гг.). Трэба адзначыць, што кніга гэта выйшла таксама ў Польшчы і мае вялікі попыт.

Эксперыментальныя работы, якія датычацца біяхіміі бульбы, былі прадоўжаны ў тэхналагічным напрамку, і ўрэшце была распрацавана безадходная тэхналогія перапрацоўкі бульбы ў новыя, устойлівыя пры захаванні, прадукты. Работы развіваюцца супрацоўнікамі лабараторыі І.І. Паромчык, Я.М. Скачковым і іншымі. На новыя прадукты – бульбяную муку і канцэнтрат соку – вялікі попыт; арыгінальнасць прадуктаў і тэхналогіі абаронена 10 новымі аўтарскімі пасведчаннямі.

Навуковы талент Алеся Сцяпанавіча – шматгранны і глыбокі. Пятнаццаць гадоў таму ён выказаў ідэю аб неабходнасці паскоранага развіцця ў Акадэміі навук БССР новага навуковага напрамку – малекулярнай біялогіі (адносна раслінных аб'ектаў). Былі праведзены арганізацыйныя меры па планаванню тэматыкі, арганізацыі праграм, пашырэнню сувязі з інстытутамі Акадэміі навук СССР. Дзеля рэалізацыі гэтых работ да супрацоўнікаў лабараторыі (У.М. Рашэтнікава, В.К. Лапцевай, А.П. Булко, Р.А. Ненадовіч, Т.Ф. Сасноўскай, Л.Н. Шандрыкавай і інш.) далучаюцца маладыя даследчыкі, прышоўшыя з БДУ: А.А. Вечар, А.У. Спірыдовіч, А.А. Вяеўнік, І.В. Галдзянкова.

Алеся Сцяпанавіч задае тон даследаванням і піша кнігу «Молекулярныя носіцелі жыцця» (Мн., Наука і техника, 1977, 96 с.).

Саюз біяхіміі, малекулярнай біялогіі і тэхнічнай біяхіміі добра спалучаецца і дае свае вынікі. У галіне біяхіміі і малекулярнай біялогіі атрыманы грунтоўныя даследаванні па складу і характарыстыкам бялкоў і нуклеінавых кіслот расліннай клеткі, складу ліпідаў і бялкоў пластыд, вывучэнню працэсаў прарастання насення, біяхіміі антагенезу і калусагенезу. Гэтыя працы далі падставу выканання кандыдацкіх дысертацый адзначанага профілю, у ліку якіх дысертацыі Т.І. Фаменка, Т.Ф. Сасноўскай, Л.І. Шандрыкавай і іншых.

Зроблена шмат па метадыках біяхімічных даследаваннях, абгульнены звесткі па фізічнай біяхіміі – манаграфіі А.С. Вечара «Основы физической биохимии» (Мн., Вышэйшая школа, 1966, 350 с.) і «Основы физической биохимии растений» (Мн., Наука і техника, 1984, 264 с.)

Увесь час навуковая творчасць Алеся Вечара спалучаецца з паэзіяй. Выходзіць з друку кніга яго вершаў «Зварот да слова» (Мінск, Мастацкая літаратура, 1977).

Друкуюцца вершы ў часопісе «Полымя» (№ 2, 1982 г. «Ода дружбе народаў»), газеце «Літаратура і мастацтва», напрыклад, вершпаэма «Прамова да мемуараў» (ЛіМ, 1975 г.) і інш.

У 80-е гады асаблівы інтарэс вучонага выклікалі фізікахімічныя працэсы і ўласцівасці асобных малекул. Так, ён даследуе ўздзеянне вадародных іёнаў на біялагічныя аб'екты (брашура «Вадародныя іёны ў біясферы»), а таксама біяпалімераў, звязаных з спадчынай інфармацыяй, што адлюстравана ў многіх артыкулах вучонага.

Як ужо адзначалася, Алеся Сцяпанавіч шмат увагі надаваў павышэнню кваліфікацыі кадраў як у лабараторыі біяхіміі, так і ў лабараторыях іншых устаноў (Цэнтральным батанічным садзе, БДУ, інстытутах Аграрнай акадэміі навук). Ён з'явіўся навуковым кансультантам доктарскіх дысертацый У.Л. Калера, У.М. Рашэтнікава, Л.А. Юрчанка, навуковым кіраўніком аспірантаў і супрацоўнікаў, якія абаранілі 37 кандыдацкіх дысертацый як па біялагічных, так і па тэхнічных навуках.

Вучні акадэміка, доктара біялагічных навук, прафесара А.С. Вечара працуюць у Цэнтральным батанічным садзе НАН Беларусі, Інстытуце эксперыментальнай батанікі ім. В.Ф. Купрэвіча НАН Беларусі, Беларускім дзяржаўным універсітэце, Інстытуце мікрабіялогіі НАН Беларусі, Беларускім дзяржаўным эканамічным універсітэце, іншых установах. Яны працягваюць даследаванні, закладзеныя іх настаўнікам.

Уздзеянне А.С. Вечара на навуковую сферу біяхіміі правілася праз яго дзейнасць Старшынёй Беларускага біяхімічнага таварыства, якім ён кіраваў многія гады. Праз таварыства яго плённыя ідэі і рэальная падтрымка садзейнічалі развіццю біяхіміі ў Беларусі шляхам стварэння новых кафедраў, лабараторый, Інстытута біяхіміі АН БССР у г. Гродна. У вучонага былі добрыя прафесійныя і таварыскія адносіны з вядучымі біяхімікамі Акадэміі навук СССР (акад. Н.М. Сісанян, праф. В.Л. Крэтовіч, д.б.н. І.І. Філіповіч і інш.), вучонымі Польшчы, Украіны, Балгарыі, беларускімі біяхімікамі, у ліку якіх акадэмік Ц.М. Годнеў, праф. Л.С. Чаркасава, акад. Ю.М. Астроўскі, праф. А.Н. Разумовіч, чл.-кар. НАН Беларусі М.Ц. Чайка і многімі-многімі іншымі.

Нельга не адзначыць асабістыя ўласцівасці характару Алеся Сцяпанавіча – яго дэмакратычнасць, дабрату, карэктнасць, высокую інтэлігентнасць. Мне ўсё гэта добра знаёма і па рабоце, і па сумесных камандзіроўках па ўсяму Савецкаму Саюзу, і па паездках у саўгас «Любань» да выдатнага гаспадара Я.Ф. Мірановіча, і па нядзельных выездах у грыбныя мясціны. Я з захапленнем слухаў яго толькі што напісаныя вершы, гарача абмяркоўваў планы даследаванняў лабараторыі і перспектывы навукі, слухаў яго ўспаміны пра Слуцкую гімназію, жыццё ў Самаркандзе ў час вайны, работу ў Краснадары па розным напрамкам тэхнічнай біяхіміі і вінаробству, сваё дачыненне да Беларусі...

Чым жа закончыць артыкул аб вучоным, паэце, грамадзяніне? Лепш за усё – яго вершам-рэквіямам:

«Навука, па-мойму, падобна жыццю.  
Існуе яна не для славы,  
Якая звычайна прыходзіць к канцу –  
Існуе для лепшае справы...  
Мне вас, не прыйшоўшых,  
не прыйдзеца стрэць,  
Мой след зараўняеца сора.  
Я ўсё ж спадзяюся, не будзе  
старэць  
Мая навуковая школа».

Навуковая школа створана, працуе, след Алеся Сцяпанавіча Вечара не зараўняеца ні ў навуцы, ні ў паэзіі.

08.02.2008.



## ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ РЕШЕТНИКОВ (к 75-летию со дня рождения)



75 лет известному ученому в области биохимии и физиологии растений, сопредседателю Совета ботанических садов России, Беларуси и Казахстана, заведующему Отделом биохимии и биотехнологии, почетному директору Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС), заслуженному деятелю науки Республики Беларусь, доктору биологических наук, профессору, академику **Владимиру Николаевичу Решетникову**.

Владимир Николаевич Решетников родился 6 января 1938 г. в деревне Холопеничи Глусского района Могилевской области в семье служащих.

Мама Владимира Николаевича – Розалия Викентьевна Плащинская (Решетникова) – работала воспитательницей детского сада, а после рождения второго сына Володи посвятила себя воспитанию детей.

Отец – Николай Артемович Решетников, депутат Верховного Совета БССР, в 1938 г. был избран секретарем Логойского райкома партии, в 1939-м – первым секретарем райкома г. Мядель, куда и переехала семья. Во время Великой Отечественной войны Николай Артемович ушел на фронт,



Вова Решетников.



*Слева направо: Володя, Николай Артемович, Розалия Викентьевна, Евгений Решетниковы.*

Минском, Розалия Викентьевна ходила на земляные работы, старший сын Женя пас коров, Володя ему помогал. После войны семья воссоединилась и переехала в Полоцкую область.

Владимир Николаевич рано пошел в школу (вместе со своим старшим братом – Евгением), которую окончил в 1954 г. с золотой медалью и поступил в Московскую сельскохозяйственную академию им.

К.А. Тимирязева, где все годы обучения был старостой группы. Брат Владимира Николаевича Евгений тоже учился в Москве в Военном институте иностранных языков, затем – в МГУ, после окончания вуза работал в дипломатической сфере.

В студенческие годы Владимир Николаевич Решетников активно занимался спортом (играл в хоккей), верховой ездой, играл в студенческом ансамбле народных инструментов, увлекался гитарой, литературой, театром, а также охотой и рыбалкой. На третьем и четвертом курсах академии по комсомольской путевке ездил на



*В пионерском лагере Артек Владимир Решетников 2-й снизу.*

затем был отозван в Москву, где был назначен командиром партизанской бригады «Гроза». Мама Владимира Николаевича с детьми осталась в оккупации. По дороге в Минск у них отобрали все вещи, остановиться было негде, т.к. все боялись приютить семью командира. Устроились под



*Студент Владимир Решетников.*



*На фоне родных стен.*

Целину, работал на комбайне и занимался охотой – из-за удаленности места работы от основной базы обеды привозили редко и, кроме зерна, есть было нечего.

После окончания академии в 1959 г. он по собственному желанию был направлен на работу в Казахстан, где трудился в системе Госсортсети. В 1960 г. Владимир Николаевич вернулся в Беларусь и работал младшим научным сотрудником БелНИИ плодоводства, овощеводства и картофелеводства. В декабре 1962 г. В.Н. Решетни-



*Репетиция ансамбля (верхний ряд в центре – В. Решетников).*



*С другом Геннадием Мироновым.*



*После тренировки.*



*На природе.*



*На Целине.*



*Удачная охота.*

ков поступил в аспирантуру Института биологии АН БССР, в 1963-м женился на студентке Медицинского института Светлане Петровне Анисович (Решетниковой).

В 1967 г. под руководством академика А.С. Вечера успешно защитил кандидатскую диссертацию «Исследование азотсодержащих веществ и соотношение между ними в важнейших сортах картофеля БССР». В день защиты диссертации у него родилась дочь Ольга.

После защиты диссертации Владимир Николаевич работал младшим, а затем старшим научным сотрудником лаборатории биохимии и молекулярной биологии Института экспериментальной ботаники



*Аспирант В.Н. Решетников.*



*С учителем – академиком А.С. Вечером.*



*За трибуной (доклад на защите диссертации).*

АН БССР. В 1977 г. В.Н. Решетников был назначен ученым секретарем, а в 1978-м – заместителем директора по научной работе Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича. С 1985 г. по настоящее время Владимир Николаевич возглавляет Отдел биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, в котором успешно развивает исследования научной школы своего учителя академика А.С. Вечера, а также создает свои новые оригинальные научные направления.

В.Н. Решетников – один из инициаторов организации в Республике Беларусь работ по культуре протопластов с целью направленной реконструкции растительной клетки, создания коллекции винных дрожжей, соматклонов и протоклонов картофеля, трансгенных растений.

Владимир Николаевич создал научное направление по биохимии субклеточных структур растений, развивает исследования ответов ядер растительных клеток на воздействия фитогормонов и их синтетических аналогов, стрессовых факторов. Ранние

результаты исследований обобщены в монографиях «Пластиды и клеточные ядра высших растений», «Клеточные ядра высших растений: состав, структура, функции» и легли в основу докторской диссертации «Функциональная активность и специфичность пластид высших растений при полиплоидизации клеточного ядра», которую Владимир Николаевич успешно защитил в 1986 г. в Институте физиологии растений и генетики АН УССР в Киеве по специальности «физиология и биохимия растений».

В декабре 1997 г. В.Н. Решетников избран директором Центрального ботанического сада НАН Беларуси, в этой должности он проработал в течение 13 лет.

Первоочередной и важной вехой в развитии ЦБС явилась разработка Положения о научных объектах,



*В бюро президиума (1-й справа).*



*С М.В. Мясниковичем.*



*Демонстрационная оранжерея.*

составляющих национальное достояние и признание таковыми объектов ЦБС, занесенных в Государственный реестр под № 1 с выделением финансовых средств на содержание коллекций, Положения о ботанических коллекциях, перевод ЦБС в разряд научных учреждений первой категории по оплате работающих, привлечение труда безработных и др.

Особо следует отметить инициативу В.Н. Решетникова по приглашению в ЦБС Президента Республики Беларусь Лукашенко А.Г. (8 июля 1999 г.). Во время этого визита были сформулированы стратегические пути развития ЦБС, в том числе программно-целевые исследования, капитальное строительство, усиление материально-технической базы, природоохранный статус учреждения. Это означало развитие Центрального ботанического сада как научного и научно-производственного учреждения, выделение его исключительной роли в привлечении, изучении и сохранении мирового биологического разнообразия растений и использования его в науке, зеленом строительстве, пищевой промышленности, медицине. Требовалось активизировать республиканские и международные связи и повысить авторитет учреждения. Для осуществления коренной реконструкции Сада и повышения общей результативности научно-исследовательских работ были инициированы такие масштабные государственные программы, как «Фитопрепараты», «Реконструкция объектов ЦБС», «Генофонд», в ходе выполнения которых активизировалось плодотворное сотрудничество с министерствами и ведомствами, вузами, производственными предприятиями. С 2002 г. в качестве научного руководителя и координатора программы «Реконструкция объектов ЦБС» осуществлены крупные работы по модернизации материально-технической базы и научно-производ-

ственных сооружений учреждения, в 2007 г. построена и сдана в эксплуатацию первая на постсоветском пространстве экспозиционная оранжерея, предназначенная для сохранения биоразнообразия тропических и субтропических растений, образовательных и демонстрационных целей.

В Центральном ботаническом саду В.Н. Решетников широко развернул работы по биотехнологии растений, которые в настоящее время представлены следующими направлениями: сельскохозяйственная биотехнология, которая включает клональное микроразмножение, трансгенез растений, производство пищевых ингредиентов и продуктов функционального питания растительного происхождения; биотехнологические коллекции (коллекции культур клеток и тканей растений *in vitro*, ДНК-коллекции).

Академик В.Н. Решетников – крупный ученый в области биохимии, физиологии и биотехнологии растений. Им внесен важный вклад в изучение строения, биогенеза и функциональной активности субклеточных структур растительной клетки, свойств высокомолекулярных веществ растительного происхождения и их роли в регуляции биосинтетических процессов. В.Н. Решетников развил научные положения о структурной организации клеточных ядер и нуклеоидов пластид высших растений, выдвинул теоретические принципы взаимодействия двух автономных генетических систем растительной клетки, локализованных в ядрах и хлоропластах.

В настоящее время приоритетными являются исследования дезоксирибонуклеопротеидного комплекса, структурных белков и липидов ядер при экспрессии (онтогенезе) и реконструкции (трансгенезе) генома растений. В.Н. Решетниковым читается специальный курс лекций для студентов биологического факультета Белорусского государственного университета «Информационные структуры растительной клетки».

В.Н. Решетников – инициатор протеомных исследований в Республике Беларусь.

В 1963–65 гг. В.Н. Решетниковым и О.К. Лаптевой были начаты первые в Беларуси электрофоретические исследования белков клубней картофеля и установлена строгая сортовая специфичность белковых “спектров”, что на несколько лет опередило подобные выводы для запасных белков вегетативных органов растений. Во время стажировки в Москве в 1968 г. В.Н. Решетниковым был освоен только

что возникший метод электрофореза в полиакриламидном геле (в т.ч. двумерный) и широко внедрен в исследования не только лаборатории биохимии растений, но и многих других учреждений, поскольку не был представлен ранее ни в одном научном подразделении республики. В настоящее время под руководством В.Н. Решетникова в отделе биохимии и биотехнологии растений, используя самые современные методы протеомного анализа, проводятся исследования общего протеома клеток хозяйственно-ценных и лекарственных растений, а также субпротеомов органелл (компарментов ядра и хлоропластов).

В.Н. Решетников – один из основателей в Республике Беларусь такого научного направления, как *in vitro* культура клеток, тканей и органов растений и клональное микроразмножение растений. Под его руководством создана богатая *in vitro* коллекция хозяйственно-ценных и лекарственных растений (стевии, кадила сарматского, многоколосника морщинистого, расторопши пятнистой, сортовых растений сирени, рододендронов, голубики высокой, брусники обыкновенной, клюквы крупноплодной и др.), включающая соматклоны и культуру каллусной ткани. В отделе разработаны технологии клонального микроразмножения и дальнейшей адаптации *ex vitro* сортовых растений сирени, рододендронов, голубики высокой, брусники обыкновенной, клюквы крупноплодной для получения оздоровленного материала в промышленных масштабах. С подачи Решетникова В.Н. в Беларуси развернута Государственная программа промышленного голубиководства, он возглавляет Межведомственный совет по этому направлению.

Аналитический доклад академика В.Н. Решетникова «Перспективы развития промышленного голубиководства в Республике Беларусь» в 2010 г. дал новый импульс этому направлению. Выращивание и использование ягод голубики, которые принадлежат к перечню продуктов особо рекомендуемых для профилактики болезней «цивилизации» – нарушения кровообращения и новообразования, что особенно актуально для населения, подвергшегося радиоактивному воздействию в результате аварии на ЧАЭС, – началось во многих хозяйствах разной формы собственности на территории РБ.

Результаты успешной интродукции этой культуры в Беларуси, осуществленной ЦБС, опытно-производственные испытания заложенных плантаций на полях экспериментальной базы ЦБС Ган-

цевичского района, комплексные исследования с использованием биохимических и биотехнологических подходов позволили сохранить и увеличить видовое и сортовое разнообразие коллекции голубики высокорослой и довести до 40 сортов. В Отделе была создана документированная коллекция меристемных культур и ДНК-коллекция хозяйственно-ценных сортов голубики высокорослой, которая является основой использования этой культуры при разработке технологии производства посадочного материала для промышленных целей, оздоровленного через культуру *in vitro*, получения новых сортов с заданными качествами. Разрабатываемый прием инокуляции штаммами микоризы служит перспективным этапом в промышленной технологии культивирования голубики высокорослой.

В.Н. Решетников развернул исследования по биохимическому и молекулярно-генетическому тестированию интродуцированных растений из коллекционных фондов Центрального ботанического сада и представителей природной флоры Беларуси, в частности редких и охраняемых растений. Объектами разработок являются ботанические коллекции хозяйственно-ценных растений, например, голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.), амаранта (*Amaranthus* spp.), курильского чая кустарникового (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz, син. *Potentilla fruticosa* L., или *Dasiphora*), сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*) и др.

Под руководством В.Н. Решетникова в рамках программы «Фитопрепараты» ведутся работы по промышленному культивированию в Беларуси лекарственных и пряно-ароматических растений, разработке рецептур, способов и технологий их переработки и использованию в пищевой промышленности (безалкогольные напитки на основе натурального местного сырья, пищевые и биологически активные добавки, фиточаи и др.). Весомый вклад внес В. Н. Решетников в изучение запасных и биологически активных веществ растений, определение путей их использования в пищевой промышленности, обоснование новых технологий переработки сельскохозяйственной



продукции (картофеля, плодов, пряно-ароматических растений и др.) и внедрение разработанных технологий в производство. Особое внимание было уделено нетрадиционным ягодным культурам (клюквы крупноплодной, голубики высокой и др.) и развитию новой подотрасли «нетрадиционное плодоводство».

В.Н. Решетников – основатель в Республике Беларусь исследований в области биохимии и физиологии трансгенных растений. Одним из первых в Беларуси в начале 1990-х годов он инициировал работы по генетической трансформации растений. К настоящему моменту в отделе под руководством академика получены не только трансгенные модельные растения табака, но и генно-модифицированные растения гиацинта восточного, клевера лугового, клюквы крупноплодной и др. с улучшенными характеристиками.

В настоящее время под руководством В.Н. Решетникова в отделе биохимии и биотехнологии растений развиваются протеомика и эпигенетика растительной клетки и субклеточных структур (аспекты их биотехнологической реконструкции), биохимия и физиология дифференциации и дедифференциации клеток и тканей растений, регуляция метаболизма на повышенный синтез целевого продукта, а также биохимия биологически активных веществ уникальных представителей мировой флоры.

Для биотехнологических целей отдельным направлением Отдела явилось создание, поддержание и пополнение коллекции асептических культур хозяйственно-полезных растений ЦБС НАН Беларуси, коллекции трансгенных растений, ДНК-коллекции. С 2005 г. Отдел получил Свидетельство на коллекцию асептических культур хозяйственно-полезных растений. Постоянно пополняясь, эта коллекция сегодня содержит 241 наименование растений: 32 вида и более 200 культиваров из 11 семейств. Основное внимание на современном этапе сосредоточено на разработке методов культивирования тканей и клеток растений – продуцентов биологически активных веществ и разработке подходов содержания коллекции *in vitro* клеток лекарственных растений. В состав коллекции включены лекарственные растения: лофант морщинистый (*Agastache rugosa*), кадило сарматское (*Melitis sarmatica*), наперстянки (*Digitalis purpurea*, *D. lanata*, *D. grandiflora*), рута душистая (*Ruta graveolens* L.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi), синюха голубая (*Polemonium coeruleum* L.), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*).

Рациональное использование коллекционного материала также выразилось в совместной с Минлесхозом работой по организации сети дендрариев на территории РБ. Осуществлялось сотрудничество по благоустройству территорий с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерством лесного хозяйства, Минским городским комитетом по экологии, Мингорисполкомом. По его инициативе создан школьный дендрарий и зимний сад





в Лужковской средней школе Шарковщинского района Витебской области.

Личным вкладом в развитие научных исследований является обобщение данных и определение перспектив развития в научно-аналитических докладах («Интродукция и озеленение», «Развитие биотехнологии растений в Республике Беларусь»), формирование (участие в формировании) научных и научно-организационных советов: промышленное голубиководство, Совет ботанических садов России и Беларуси, совета по проекту «Сирень победы» и др. Все научные и научно-организационные работы выполняются масштабно и качественно.

Владимир Николаевич большое внимание уделяет подготовке научных кадров. Им создана белорусская школа биохимиков и биотехнологов растений, подготовлено 16 кандидатов и 2 доктора биологических наук, сейчас под его руководством проходят подготовку 4 аспиранта и 2 докторанта. В.Н. Решетников – автор более 400 научных работ, в том числе 11 монографий, 2 авторских свидетельств на изобретения и 12 патентов.

Одновременно академик В.Н. Решетников проводит большую работу по подготовке кадров в высшей школе – читает курс лекций в БГУ, является председателем государственной экзаменационной комиссии. Активно занимается пропагандой научных знаний, выступает в средствах массовой информации.



Академик В.Н. Решетников с учениками.

Научную работу В.Н. Решетников всегда успешно совмещает с большой научно-организационной и общественной деятельностью. Он являлся председателем Белорусского биохимического общества и Научного совета по проблемам физиологии и биохимии растений Отделения биологических наук НАН Беларуси, членом экспертного совета ВАК Беларуси, избирался председателем профкома института, членом Объединенного комитета профсоюза АН БССР и Минского областного совета профсоюзов. В.Н. Решетников – член ряда научных и научно-технических советов, советов по защите диссертаций. Сегодня научный и организационный авторитет В.Н. Решетникова явился основанием для приглашения его для работы в составе аттестационных комиссий БГУ, БГПУ, Института генетики и цитологии, Института физиологии НАН Беларуси, а также в редакционные советы журналов «Известия НАН Беларуси», серия биол. наук, «Труды БГУ», «Физиология и биохимия культурных растений» (Украина), «Вестник украинского общества генетиков и селекционеров» (Украина).

Академик В.Н. Решетников проводит активную международную деятельность в области биологии растений. Он инициатор научного сотрудничества с Кубой, Вьетнамом, Болгарией, Венгрией, Польшей, Латвией, странами СНГ. В 2009 г. был избран сопредседателем



*Составление договора о сотрудничестве с Республикой Куба.*



*На приеме в Китае.*



*Вьетнам.*



*Совет ботанических садов (Беларусь, Россия, Казахстан).*

Совета Ботанических садов России и Беларуси, в 2012 к Совету присоединился Казахстан.

Научная общественность высоко оценила вклад ученого в развитие науки, подготовку научных кадров, организацию научных исследований. В 1991 г. В.Н. Решетников избирается членом-корреспондентом Национальной академии наук Беларуси, в 1992-м ему присвоено звание профессора, он становится действительным членом Белорусской инженерной академии, академиком Нью-Йоркской

академии. В 2000 г. – избран академиком НАН Беларуси. В 2008-м В.Н. Решетникову за вклад в развитие фундаментальных и прикладных научных исследований по физиологии, биохимии и биотехнологии растений Указом Президента Республики Беларусь присуждено почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь» и присуждена премия НАН Беларуси за цикл научных публикаций. В.Н. Решетников награжден медалями «За доблестный труд», «За развитие биологической науки и промышленности», медалью в

связи с 80-летием НАН Беларуси, Почетными грамотами Верховного Совета БССР, Совета Министров Республики Беларусь, Комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды администрации Волгоградской области, Совета ботанических Садов России и Беларуси и др.

Школа жизни, полученное образование, активное общение с учеными Беларуси и зарубежья явились основанием для формирования широкого кругозора и общего высокого, неординарного культурного уровня. Чуткий и отзывчивый, принципиальный и честный Владимир Николаевич Решетников заслуженно пользуется глубоким уважением всех, кто встречался с ним, работает рядом с ним и знает его как ученого и общественного деятеля. Коллеги по работе сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, личного счастья и творческих свершений.

*Коллектив отдела биохимии и биотехнологии растений  
ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси».*

## СЕКЦИЯ 1

---

### СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТЕНИЙ

## THE BIOCHEMICAL ANALYSIS OF CEREAL AND LEGUMINOUS MIXES IN ORGANIC FARMING

L. Agafonova, A. Jermušs, J. Vigovskis, A. Švarta, D. Sarkanbārde  
Research Institute of Agriculture, Latvian University  
of Agriculture, Skrīveru Prov., Latvia,  
e-mail: ljucerna@inbox.lv

Forage products grown at Latvian organic farms are mainly used as a pure concentrate. Such forage is not balanced by content of amino acids. Therefore, there is a necessity to add purchased protein supplements, which leads to rise of forage price and is not always permitted in organic farming. [1,2] When forage has no or has insufficient amount of one or another essential amino acid, organism cannot develop successfully.[3] According to results of our field experiments, the highest amount of essential and non-essential amino acids was in a reference variant of pure pea stand (Z) – 16.18 %, content of essential amino acids was 7.77 %. Whole protein content in peas was 25.19 %, composed by such essential amino acids as lysine (1.36 %), methionine (0.20 %), leucine (1.34 %), tryptophan (0.21 %), valine (0.52 %), and partially non-essential amino acid tyrosine (0.48 %). Peas also had sufficient amount of arginine (1.74 %) and histidine (0.40 %) – organism can use these amino acids instead of methionine and phenylalanine. Admixture of peas (20 %) in barley sowing (ZM), compared to version with mix of barley and wheat (MK), increased amount of essential amino acids from 3.23 to 6.00 %. Taking into account that barley contains more amino acids than other cereal crops, peas and barley successfully complement each other. Mix of peas and wheat (ZK) had lower amount of amino acids, but content of tryptophan was higher than in versions with barley. Content of tryptophan in ZM was 0.15 %, and in ZK – 0.19 %. The lowest content of amino acids was observed in variants without pea component, where it was 9.07 %, including essential amino acids – 3.23 %. In ZM and ZMK, total content of amino acids was 11.73 and 13.71 % respectively, including lysine 0.66 and 0.96 % respectively. Non-essential amino acids are produced in bodies of animals, but content thereof in forage increase its feeding value. Significantly lower content of amino acids was in mix of cereal crops without peas (MK) – total

of 9.07 %. Depending on composition of different components in mixes, content of amino acids in other variants was within the range of 10.97 to 13.71 %. Obtained results show prospectivity of using grain mixes with leguminous component for forage purposes. Presence of peas in yield of mixes significantly increase content of essential amino acids by 47-80 %.

### References:

1. Agafonova L., Jansons A., Rancāne S. Pakšaugu un labību agrofotocenozes izveidošana bioloģiskas lauksaimniecības apstākļos // *Vide.Tehnoloģija.Resursi*, 2009 – Vol, 1, 25–27 June, p. 107–112.
2. Vigovskis J., Švarta A. Zirņu šķirnes bioloģiskajā lauksaimniecībā // *J.-Saimnieks*, 2007 – Vol, 6, p. 10–15.
3. Pozdišek, J., Henriksen, B. & Ponížil, A. 2011. Utilizing legume-cereal intercropping for increasing self-sufficiency on organic farms in feed for monogastric animals. *Agronomy Research* 9 (1–2), p.343–356.

## ANNUAL LEGUME CROP WILD RELATIVES IN SERBIA

### (ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК)

Vojislav Mihailović<sup>1</sup>, Aleksandar Mikić<sup>1</sup>, Branko Ćupina<sup>2</sup>,  
Đura Karagić<sup>1</sup>, Sanja Vasiljević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup> University of Novi Sad, University of Agriculture, Novi Sad, Serbia

Since the abundance of genera and species within the family of legumes (*Fabaceae* Lindl. (syn. *Leguminosae* Juss. и *Papilionaceae* Giseke)), there is a large number of annual legume crop wild species having a great significance in improving their cultivated relatives. Species, such as red-yellow (*Pisum sativum* Sm.) or Ethiopian (*Pisum abyssinicum* A. Braun) peas play an important role of introgressing the resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum* L.) and numerous diseases to cultivated pea (*Pisum sativum* L.). On the other hand, there is a certain number of annual legume crop wild relatives that showed a considerable potential for forage production. Two of them is large-flowered vetch (*Vicia grandiflora* Scop.) and narrow-leaved vetch (*Vicia sativa* subsp. *nigra* (L.) Ehrh.), both characterized by extreme winter hardiness, earliness and, in many populations, high and quality forage yield. The main obstacle in successful pre-breeding activities in these two wild vetches major problem that needs to be solved is indetermined stem growth and non-uniform maturity, leading to low and economically non-reliable seed yield. Similar performance, although much less studied so far, has French vetch (*Vicia serratifolia* Jacq.), one of the closest botanical relatives of faba bean (*Vicia faba* L.), with high forage yield and much better resistance to pod dehiscence than two previously mentioned vetch species. Although often considered cultivated crop, both Hungarian (*Vicia pannonica* Crantz) and hairy (*Vicia villosa* Roth) still suffer from many undesirable agronomic traits that may be solved by more detailed evaluation of the existing wild populations in many European floras. Among vetchlings (*Lathyrus* spp.), there are yellow (*L. aphaca* L.) and red (*L. cicera* L.) vetchlings that are characterized by a relatively short growing season and satisfying forage yield, enabling them appropriate to fit into many modern crop rotations. A half-domesticated relative of cultivated pea, 'tall' pea (*P. sativum* L. subsp. *elatius* (Steven ex M. Bieb.) Asch. & Graebn.), may produce up to 50 t ha<sup>-1</sup> of fresh forage. During 2011 and

2012, a project ERA-168/01 *Sustainable Preservation of Indigenous South East European Legumes and Their Traditional Food and Feed Products* (SEELEGUMES) has been carried out within the EU SEE-ERA.NET Plus programme, gathering together 19 partnering organisations from 14 European countries. One of the greatest achievements of the project was a re-discovery of numerous crop wild relatives of cultivated annual legumes in local floras, with a specific emphasis on 'tall' pea (*Pisum sativum* L. subsp. *elatius* (Steven ex M. Bieb.) Asch. & Graebn.). During 2011 and 2012, five expeditions have been made to the upper flow of the river Pčinja and on the slopes of the mountain Kozjak, where a population of *Pisum sativum* L. subsp. *elatius* was monitored in situ, from the stages of full bloom in late May 2011, full seed maturity in late June 2011, autumn emergence in October 2011, spring revival in March 2012 and the next reproductive stage in early June 2012. A morphological and chemical analysis of the forage and grain dry matter confirmed a considerable potential of *Pisum sativum* L. subsp. *elatius* for cultivation, while a prominent resistance to low temperatures has also been assessed.

Acknowledgements: project 31024 of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia and bilateral project KORMOBOB between Belarus and Serbia (2012–2013).

## **AGASTACHE FOENICULUM PURSH. AS A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES**

Paly I.N.

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center, Ukraine

e-mail: runastep@ukr.net

The cultivar of *Agastache foeniculum* Pursh. – Pamiati Kapeleva selected in NBS-NSC has been studied.

The plant has a pleasant mint-anise odor and sweet taste. In blooming inflorescences essential oils with the scent of anise and fennel present. For the medical purposes both an above-ground and an underground part of plants and their essential oils are used. The bases of the pharmacological effects are: essential oils, flavonoids and microelements.

The raw material *A. foeniculum* contains such vitally important for human macro- and trace elements as magnesium, calcium, phosphorus, nitrogen, iron, zinc, copper, nickel, cobalt, lead, barium, cadmium.

In the scientific medicine *A. foeniculum* is applied in the Phytomedications with immunostimulatory and radioprotective effects. Flavonoids presented in the above-ground parts of plants, cause non-specific anti-tumor activity. Herbal medicines of *A. foeniculum* (teas, herbal teas, tinctures and extracts), have a calming effect on the central nervous system and have an anticonvulsant effect, reducing blood pressure [1]. Infusion of flowers is used internally and outward at paralysis (particularly of the facial nerve) and neuralgias [2].

*A. foeniculum* has been tested in the herbals with cardiovascular and anti-inflammatory effects during the sanatorium treatment of the children from the Chernobyl area. There have been some positive results. It is recommended for pectoral, heart and stomach fees [3, 4].

The essential oils of *A. foeniculum* have anti-inflammatory, analgesic, anticonvulsant, antispasmodic, immunostimulant, radioprotective, stimulating hematopoiesis effects. As inhalations they have a calming effect on the psychical and emotional state. These essential oils possess a fungicidal activity [5]. Content of the essential oils in *A. foeniculum* is up to 1.43% of the dry mass.

*A. foeniculum* is a perspective medical culture with original and valuable properties. It is a fine honey plant [6].

### **List of the used literature sources:**

1. Application of of essential oils traditional plants and new plants in Russia – lofanta anisic (*Lophanthus anisatus* Benth.) A.H. Abdelaziz, A.V. Velikorodov, A.G. Tyrkov [etc.] // Natural Science. – 2009. – № 3. – P. 78-86.
2. Essential oil crops and pryanoaromaticeskies plants for use in herbal medicine / [W.D. Rabotyagov, N.N. Bakova, L.A. Hlypenko, T.F. Golubeva]. – Yalta, 1998. – 82 p.
3. Prospects for the use fitosborov at children affected by the Chernobyl catastrophe / L.A. Hlypenko, T.N. Golubov, W.D. Rabotyagov [etc.] // untraditional plant growing, ecology and health: VI Intern. Scientific-practical conference. Conf. : Proc. – Simferopol, 1997. – P. 422–423.
4. Approaches to antiviral phytotherapy / U.A. Smirnov, T.L. Kiseleva, A.E. Smirnov [etc.] // Traditional medicine. – 2009. – № 17. – P. 47–59.
5. The study of the chemical composition and antifungal activity of essential oil *Lophanthus anisatum* Benth. / A.V. Velikorodov, V.B. Kovalev, A.G. Tyrkov [etc.] // Chemistry of plant raw materials. – 2010. – № 2. – P. 143–146.
6. Krivtsov N.I. Especially for bees / N.I. Krivtsov // Beekeeping. – 2008. – № 7. – P. 20–25.

## ИЗУЧЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МАСЛА СЕМЯН *TRIGONELLA FOENUM GRAECUM* L. РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Агабалаева Е.Д.<sup>1</sup>, Спиридович Е.В.<sup>1</sup>, Скаковский Е.Д.<sup>2</sup>, Ламоткин С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
plechischik@rambler.ru

<sup>2</sup> ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», г. Минск,  
sed@ifoch.bas-net.by

*Trigonella foenum graecum* L. – однолетнее пряно-ароматическое и лекарственное растение сем. *Fabaceae*, обладающее антидиабетическим, гипохолестериновым, лактогонным действием. Высушенные листья и семена применяются как специи.

Целью работы было изучение жирнокислотного состава масла семян *Trigonella foenum graecum* L. различного географического происхождения. Объектом исследования служили семена *Trigonella foenum graecum* L., любезно предоставленные профессором Ш. Макай (Западно-Венгерский университет): образцы из Сирии – Н-26 (I), 19X (II), D19 (III), из Испании – Obanos (IV), Chiadoncha (V), Blidet (VI), из Франции – Gers (VII), из Индии – Metha (VIII). Масло выделяли кипящим гексаном в аппарате Сокслета в течение 10 часов, затем гексан испаряли. Для проведения ГЖХ использовали хроматограф Кристалл 5000.1 с кварцевой капиллярной колонкой длиной 60 м. Предварительно проводилась дериватизация образцов масла для получения метильных эфиров жирных кислот (ЖК). Показатель преломления и кислотное число определяли согласно ГОСТу 5482-90 и ГОСТу 10858-77.

Выход масла семян *Trigonella foenum graecum* L. составил 5,70–6,42%, показатель преломления ( $n_d^{20}$ ) – 1,469–1,479, кислотное число – 9,40–16,80 мг КОН/г. Было установлено, что масла семян *Trigonella foenum graecum* L. различного географического происхождения в основном состоят из линолевой (31,3–38,3%),  $\alpha$ -линоленовой (9,2–30,6%), олеиновой (14,0–21,3%), пальмитиновой (9,5–13,6%), стеариновой (2,9–5,0%) жирных кислот (таблица 1).

Таблица 1. Содержание ЖК в семенах *Trigonella foenum graecum* L.\*

Наименование ЖК	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Выход масла, %	6,70	6,42	6,75	5,74%	6,20	6,35	6,10	5,70
Миристиновая	0,1	–	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Пентадекановая	–	–	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–
Пальмитиновая	12,4	13,6	9,7	11,1	9,9	10,3	10,1	9,5
Маргариновая	–	–	0,2	0,3	–	–	0,3	–
Стеариновая	4,6	2,9	4,4	5,0	4,5	4,7	4,5	3,6
Олеиновая	21,3	17,6	14,0	20,0	15,0	18,3	17,5	17,3
Вакценовая	1,0	–	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5
Линолевая	38,3	32,2	35,6	35,8	35,5	37,0	36,5	31,3
Арахиновая	–	–	–	1,5	1,5	–	–	–
$\gamma$ -линоленовая	1,1	–	1,3	–	0,2	1,5	1,5	0,9
$\alpha$ -линоленовая	15,2	9,2	30,6	22,5	27,3	23,9	23,4	18,2
Бегеновая	–	–	–	–	2,1	–	–	–
$\Sigma$ полиненасыщ., %	54,6	41,4	67,5	58,3	63,0	62,4	61,4	50,4
$\Sigma$ 1 ненасыщ., %	76,9	59,0	82,1	78,9	78,6	81,3	79,3	68,2
$\Sigma$ 2 насыщ., %	17,1	16,5	14,4	18,1	18,1	15,1	15,1	13,3
$\Sigma$ 1/ $\Sigma$ 2	4,5	3,6	5,7	4,4	4,3	5,4	5,3	5,1

\*Примечание: «–» содержание ЖК меньше 0,1%.

Масло семян *Trigonella foenum graecum* L. содержит большое количество ненасыщенных жирных кислот (59,0–82,1%), из них полиненасыщенные жирные кислоты составляют 41,4–67,5%. Отмечено, что максимально высокое содержание ненасыщенных жирных кислот характерно для сортов D19, Blidet и Gers, а минимальное – для 19X и Metha. Таким образом, масло *Trigonella foenum graecum* L. может быть использовано при добавлении в косметическую продукцию как природный аналог витамина F.

## АМАРАНТ (*AMARANTHUS*) – ПЕРСПЕКТИВНАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

Алексеева Е.И.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Беларусь,  
e-mail: helena\_aleks@mail.ru

Объектами исследований являлись белосемянные сорта амаранта «сэм», «крепыш» и «кизлярец» видовой принадлежности (*Amaranthus hypochondriacus*), пригодных для возделывания в климатических и агротехнических условиях Беларуси и их дальнейшей переработки в функциональные пищевые продукты.

Установлено высокое содержание крахмала (до 70%) и белков (14–20%). Биологическая ценность белков напрямую зависит от баланса незаменимых аминокислот и их ферментативной атакуемости протеолитическими ферментами, указывающей на то, какой из продуктов переработки наиболее полно усваивается организмом человека.

Ферментативное разжижение продуктов переработки семян амаранта проводили с бактериальной альфа-амилазой из *Bacillus amyloliquefaciens* – BAN-480 L (480 единиц килоНовоамилазной активности).

**Условия разжижения:** концентрация суспензии муки составляла 100 г в 600 мл воды; величина pH 5,9–6,2; температура 82–85°C; количество альфа-амилазы 0,1 мл (дозировка составляет 1 л/т сухих веществ продукта); продолжительность процесса – 1 ч. После окончания процесса разжижения суспензию доводили до кипения (100°C) для инактивации ферментного препарата в течение 2–3 минут. Затем разжиженный продукт подвергали гидролизу с использованием глюкоамилазы из *Aspergillus niger* марки Dextrozyme 225/75 L (225 амилоглюкозидазных и 75 пуллулантазных единиц Ново).

**Условия осахаривания:** содержание сухих веществ суспензии – 15–19%; величина pH 4,3–4,5; температура – 60±2°C; продолжительность – 48 ч; количество глюкоамилазы 0,1 мл (дозировка – 1 л/т сухих веществ муки). В процессе гидролиза отбирали пробы продукта через каждые 12 ч, кипячением инактивировали действие глюкоами-

лазы, фильтровали и определяли в ней содержание редуцирующих веществ химическим способом – методом Лейна-Эйнона. [1].

Установлено, что в процессе разжижения альфа-амилазой продуктов переработки семян амаранта содержание редуцирующих веществ составляло от 15,3% до 18,9%. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования продуктов переработки семян амаранта и для получения сахаристых веществ, и для использования в зерновых продуктах быстрого приготовления в качестве пищевой добавки.

### Список использованных литературных источников:

1. Ковалева О.В. Протеолитические ферменты и ингибиторы протеаз из растений и их влияние на пищеварительные протеиназы позвоночных животных: Дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 1998. – 293 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ ДОБАВКА «ФИТОТОНУС»

Алексеева Е.И., Варавина Н.П.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,

e-mail: helena\_aleks@mail.ru

В рамках программы ГНТП «Фитопрепараты» лабораторией биохимии и биотехнологии растений был разработан препарат в форме биологически активной добавки, которая восполняла комплексное содержание недостающих в обычном питании биологически активных элементов в легкоусвояемой форме, оказывала тонизирующее и общеукрепляющее действие без побочного воздействия на организм при длительном применении и обладала конкурентоспособностью на рынке среди препаратов данного класса и доступностью по цене, так как производилась только на основе местного лекарственного сырья. Основным сырьем для производства БАД стали женьшень, клюква крупноплодная.

Женьшень (корень) (*Panax ginseng* C.A. Mey) – одно из самых популярных лекарственных растений еще с древности, и сейчас его благотворное воздействие на организм изучается учеными всего мира. Женьшень – не только стимулирующее и тонизирующее средство, но и сильнейший адаптоген, улучшающий защитные силы организма. Пищевые и лечебно-профилактические достоинства клюквы крупноплодной обусловлены содержанием в ней многих нужных для человека соединений: сахаров, органических кислот, фенолов, витаминов, тритерпеноидов, дубильных и пектиновых веществ, микроэлементов. Полисахариды клюквы представлены клетчаткой, гемицеллюлозами и пектиновыми веществами. После событий на Чернобыльской АЭС лечение клюквой приобрело особую актуальность.

На основе проведенных биохимических исследований и с учетом терапевтических доз входящего сырья были разработаны технические условия ТУ ВУ 100233786. 022-2007 и рецептуры биологически активной добавки «Фитотонус».

Таблица 1. Биохимический состав биологически активной добавки «Фитотонус»

№ п.п.	Показатели	Значение
1.	Глюкоза, %	3,93
2.	Фруктоза, %	2,30
3.	Сахароза, %	3,26
4.	Сумма растворимых сахаров, %	9,49
5.	Гидропектин %	1,88
6.	Протопектин %	4,59
7.	Сумма пектиновых веществ, %	6,47
8.	Собственно антоцианы, мг %	5,30
9.	Лейкоантоцианы, мг %	42,1
10.	Сумма антоциановых пигментов, мг %	47,4
11.	Катехины, мг %	1339,0
12.	Флавонолы, мг %	1173,63
13.	Сумма биофлавоноидов, мг %	2560,03
14.	Фенолкарбоновые кислоты, мг %	429,17

При сушке сырья для производства БАД устанавливали технологические режимы, при которых максимально сохранялись действующие вещества (витамины, ферменты, микроэлементы, флавоноиды и др.) и их сочетания.

Опытно-промышленная партия биологически активной добавки «Фитотонус» была выпущена в виде капсул на РУП «Минскинтеркапс». Испытания по показателям качества и безопасности были проведены в ГУ «Республиканский центр научно-практической гигиены».

## ЭФИРНЫЕ МАСЛА ИНТРОДУЦЕНТА *THYMUS TALIJEVII (LAMIACEAE)*

Алексеева Л.И., Груздев И.В.

Институт биологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН,  
Сыктывкар, alexeeva@ib.komisc.ru

Традиционно растения рода *Thymus* L. (*Lamiaceae*) используются как источники эфирных масел [1]. Эфирные масла растений *T. talijevii* Klok. et Schost. (тимьян Талиева), произрастающих в Интинском районе Республики Коми России (66°30' с. ш. 60°00' в. д.) имеют необычный состав, который имеет высокое содержание бициклических сесквитерпенов [2]. Известно, что для представителей рода *Thymus* характерно низкое содержание бициклических сесквитерпенов [1]. Является ли увеличение биосинтеза сесквитерпенов, включая бициклических, влиянием факторов стресса или других факторов, в настоящее время не известно. Цель исследования – изучение изменения компонентного состава эфирных масел *T. talijevii* Klok. et Schost. при интродукции в более низкие широты (61°40' с. ш. 50°48' в. д.) в г. Сыктывкаре (Республика Коми).

В составе эфирных масел *T. talijevii* из природной популяции идентифицировано 36 соединений, в интродуцированном – 34 соединения. В эфирном масле интродуцированного растения *T. talijevii* значительно ниже содержание сесквитерпенов в сравнении с эфирным маслом *T. talijevii* из природной популяции (23% и 74% соответственно), среди сесквитерпенов ниже содержание бициклических сесквитерпенов (12% и 54%) и ациклических сесквитерпенов (1% и 6%). В составе сесквитерпенов эфирного масла интродуцированного растения *T. talijevii* уменьшилось содержание оксида кариофиллена, кариофиллена,  $\delta$ -кадинена,  $\tau$ -кадинола,  $\alpha$ -кадинола, не обнаружен  $\gamma$ -гурьюнен, кубенол.

Сравнение состава эфирного масла растений *T. talijevii*, произрастающих в природных популяциях, и эфирного масла интродуцированных растений позволяет говорить о том, что биосинтез сесквитерпенов связан с влиянием экологических условий произрастания. Известно, что у видов *Thymus*, произрастающих на территории Северной Европы, распространен  $\tau$ -кадинольный хемотип [1]. Возможно, что высокое содержание бициклических сесквитерпенов в

эфирном масле *T. talijevii* связано с более холодным климатом места произрастания. Адаптация *T. talijevii* к низким температурам сопровождается увеличением биосинтеза сесквитерпенов, в частности, бициклических сесквитерпенов. При перенесении в более теплые климатические условия происходит снижение биосинтеза сесквитерпенов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Программы интеграционных исследований УрО РАН «Ресурсный и биотехнологический потенциал растений Урала и сопредельной территории европейского северо-востока России – продуцентов важнейших групп биологически активных веществ» № 12-И-4-2072.

### Список использованной литературы:

1. Thyme: The genus *Thymus* / Eds E. Stahl-Biskup, F. Saez. London, New York, Francis, 2002.
2. Алексеева Л.И., Груздев И.В. Полиморфизм эфирных масел тимьянов европейского северо-востока России и Урала // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 6. – 771–780 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ *FILIPENDULA ULMARIA* (L.) MAXIM. В РАМКАХ ТЕОРИИ СОСТОЯНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИ ПОВЫШЕННОЙ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ

Башилов А.В.<sup>1</sup>, Линник И.А.<sup>2</sup>, Мурылева Е.В.<sup>2</sup>, Мазец Ж.Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,

<sup>2</sup>Белорусский государственный педагогический  
университет им. М. Танка, Минск,  
anton.bashilov@gmail.com

На сегодняшний день установлены адаптогенные свойства у более сотни растений и лекарственных сборов, среди которых весьма перспективным является *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (таволга вязолистная). Это фоновый вид для флоры Беларуси. Последние десять лет в научно-исследовательских организациях республики активизировались исследования в области биохимии, фармакологии и путей практического использования таволги вязолистной.

В 2008 г. *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. внесена в Государственную фармакопею Республики Беларусь. Фармакопейными видами растительного сырья стали трава (стандартизируется по содержанию эфирных масел) и соцветия (стандартизируются по содержанию флавоноидов). Разрабатываются все более совершенные методики стандартизации растительного материала, например, определение флавоноидов методом жидкостной хроматографии (Д.В. Моисеев // Вестник фармации. – 2011. – № 4 (54) – С. 36–42).

Исследования в области фармакологии показали, что экстракты и фракции, полученные из растения, обладают: ноотропной, гепатопротекторной, антигипергликемической, антибластомной, антидислипидемической, церебропротективной, ангиопротективной, антиоксидантной и антимикробной активностью.

Все перечисленные свойства *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. согласуются с теорией состояния неспецифически повышенной сопротивляемости (далее – СНПС), которая обосновывает использование фитопрепаратов в медицинской практике как эффективный способ усиления действия современных методов терапии. А от-

дельно взятые фармакологические эффекты обсуждаемого вида, являются частными проявлениями его способности вызывать СНПС.

При сравнении адаптогенной активности отдельных биологических видов и сборов на их основе явные преимущества выявлены у последних. Этот системный принцип в действии природных компонентов проявляется еще и в том, что отдельные составляющие, как правило, обладают меньшей адаптогенной активностью по сравнению с суммарными препаратами.

На основе наземной части *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (дополнительные компоненты: *Pentaphylloides fruticosus* (L.) O. Schwarz, *Mentha piperita* L., *Camellia sinensis* (L.) Kuntze) разработаны фитокомпозиции, используемые в качестве тизанов и обладающие антиоксидантным, противовоспалительным и антиульцерогенным действием (за счет отдельных растительных компонентов, входящих в их состав).

Таким образом, арсенал адаптогенов достаточно велик и имеет большие возможности для дальнейшего развития. В связи с этим весьма актуальным является создание фитокомпозиций на основе отечественного растительного сырья, обладающего адаптогенной активностью.

Исследования в области фармакологии вторичных метаболитов растительного происхождения подтверждают состоятельность, высокую теоретическую и практическую значимость теории СНПС. Специалисты в области здравоохранения признают необходимость усиления развития профилактического направления в современной медицинской науке.

## СКРИНИНГ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ТАВОЛГИ ВЯЗОЛИСТНОЙ, ПЯТИЛИТНИКА КУСТАРНИКОВОГО, МЯТЫ ПЕРЕЧНОЙ И КАМЕЛИИ КИТАЙСКОЙ

Башилов А.В.<sup>1</sup>, Мурылева Е.В.<sup>2</sup>, Линник И.А.<sup>2</sup>, Шутова А.Г.<sup>1</sup>, Мазец Ж.Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,

<sup>2</sup>Белорусский государственный педагогический

университет им. М. Танка, Минск,

anton.bashilov@gmail.com

Цель работы – скрининг бактерицидной активности (далее – БА) водных экстрактов соцветий *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., травы *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz, ферментированного листа *Camellia sinensis* (L.) Kuntze и травы *Mentha piperita* L.

Получение экстрактов: к 1 г растительного сырья прибавляли 8 мл дистиллированной воды, нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 минут. Охлаждали до комнатной температуры и фильтровали.

Скрининг БА: использовали 5 культур микроорганизмов: *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*. Посев осуществляли сплошным газоном. На бумажные диски диаметром 8 мм наносили по 10 мкл экстракта (повторность трехкратная), контроль – стерильная вода. Культивирование проводили при комнатной температуре 4 суток. Степень БА определяли в сравнении со степенью ингибирования роста бактериальных культур в присутствии и в отсутствии экстрактов и выражали в %.

Установлено, что изученные образцы обладали разной степенью БА. В наибольшей степени БА выявлена по отношению к культуре *Bacillus subtilis*. Наиболее устойчивыми колониями к БА изученных экстрактов были *Sarcina lutea* и *Pseudomonas fluorescens*. Максимальная БА из всех изученных образцов установлена для *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. и в наибольшей степени была выражена по отношению к *Bacillus polymixa* – 80% (*Sarcina lutea* – 50%, *Bacillus subtilis* – 60%, *Pseudomonas putida* – 20%, *Pseudomonas fluorescens* – 30%). Экстрактивные вещества *Mentha piperita* L. ни в одной из пяти бактериальных культур не оказали БА. Водный экстракт

*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz оказал БА по отношению: *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Pseudomonas putida*, 20%, 50% и 20% соответственно. Самый низкий уровень БА из исследованных растительных экстрактов выявлен для *Camellia sinensis* (L.) Kuntze: экстракт не обнаружил БА по крайней мере в отношении: *Sarcina lutea*, *Bacillus polymixa* и *Pseudomonas fluorescens* (*Bacillus subtilis* 30%, *Pseudomonas putida* 10%).

Таким образом, проведен скрининг БА растительных составляющих на примере пяти культур тест-микроорганизмов. Установлено, что изученные водные экстракты обладали разной степенью БА. В наибольшей степени БА выявлена по отношению к культуре *Bacillus subtilis*. Наиболее устойчивыми колониями к БА растительных экстрактов были *Sarcina lutea* и *Pseudomonas fluorescens*. Максимальная БА из всех изученных образцов установлена для *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.

# СОДЕРЖАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА *MONARDA FISTULOSA L.*, ИНТРОДУЦИРОВАННОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ

Бедуленко М.А.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

В последнее время в мире активно ведутся исследования с перспективными интродуцированными видами лекарственных и пряно-ароматических трав. Особое внимание ученых ближнего и дальнего зарубежья привлекают растения сем. *Lamiaceae*. Это позволяет обеспечить сохранность аборигенных дикорастущих видов и позаботиться о биоразнообразии растительных ресурсов. Одним из очень перспективных видов для интродукции считается вид *Monarda fistulosa L.*

Известно, что большая часть эфиромасличных культур обладает лечебными свойствами. Содержащиеся в них эфирные масла состоят из многих компонентов и являются вторичными метаболитами растений. Их накопление происходит неравномерно и зависит от целого ряда факторов. Среди ранее изученных факторов многие авторы (Шутова А.Г. 2007, Белоус О.А., 2010 г. и др.), кроме вегетативного состояния и фазы растений, условий хранения сырья и подготовки его к анализу, температурного режима и количества осадков, акцентируют внимание на минеральном питании растений.

Наши исследования проводились в 2011–2012 гг. в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси путем постановки полевого стационарного опыта. Изучалось влияние таких факторов, как кислотность почвы, дозы макро- (N, P, K) и микро- (Cu, Zn, B) удобрений на содержание массовой доли эфирного масла монарды дудчатой.

Дерново-подзолистая супесчаная почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  – 4,92, гумус – 2,73%, содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 198 мг/кг ( $P_2O_5$ ), 136 мг/кг ( $K_2O$ ). Содержание подвижных форм микроэлементов составило: Cu – 4,00 мг/кг, Zn – 4,70 мг/кг, B – 0,31 мг/кг почвы.

Массовую долю эфирного масла определяли методом гидроdistилляции по А.С. Гинзбургу из надземной массы сырья в конце первого года вегетации в пересчете на абсолютно сухое сырье.

В результате исследований установлены различия по содержанию эфирного масла в вегетативной массе монарды дудчатой в зависимости от применения доломитовой муки, макро- и микроудобрений.

По всем вариантам наблюдались достоверные различия между неизвесткованным и известкованным фонами. Так, содержание массовой доли эфирного масла по вариантам составило 0,68–1,21 % (в зависимости от дозы удобрений) на неизвесткованном фоне и 0,96–1,33 % – на известкованном. Относительная прибавка к контролю по содержанию эфирных масел составила от 20 до 40%.

Применение микроудобрений изучалось нами на варианте с оптимальной дозой макроудобрений ( $N_{80}P_{60}K_{90}$ ) как на неизвесткованном, так и на известкованном фонах. Достоверных различий на этих вариантах по содержанию эфирных масел в надземной части растений от абсолютно сухого сырья не наблюдалось, но с учетом биомассы при пересчете на единицу площади на вариантах с применением меди и бора были достоверные различия до 35%.

Таким образом, в наших исследованиях установлено, что на содержание эфирных масел в вегетативной массе монарды дудчатой, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве, фактор известкования и применения азотных, фосфорных и калийный удобрений, а также микроудобрений оказывает положительное влияние.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ STS-МАРКЕРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НИЗКОЛИНОЛЕНОВЫХ ГИБРИДОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Вакула С.И.<sup>1</sup>, Леонтьев В.Н.<sup>2</sup>, Титок В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск,  
Svettera@yandex.ru

<sup>2</sup> УО «Белорусский государственный технологический университет», Минск,  
Leontiev@bstu.unibel.by

<sup>3</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск,  
V.Titok@cbg.org.by

Пищевая и техническая ценность растительного масла определяется уровнем и качеством входящих в него жирных кислот (ЖК). Мажорным компонентом льняного масла (>50%) является  $\alpha$ -линоленовая кислота (АЛК) – полиненасыщенная  $\omega$ -3 ЖК, играющая важную роль в энергетическом и пластическом обмене клетки [1]. Применение EMS-мутагенеза позволило получить низко-АЛК (солинные) формы льна и идентифицировать два независимых локуса, контролирующих уровень АЛК в масле семян [2]. Исследования показали, что снижение синтеза АЛК связано с нарушением в генах *LuFad3A* и *LuFad3B*, кодирующих ферменты десатуразы ЖК [3], ответственные за образование двойной связи в  $\Delta^{15}$  положении молекулы линолевой кислоты [4]. Комбинирование диких и мутантных аллелей в геноме льна позволяет получать растения, содержащие 30–35% АЛК.

С целью создания отечественных солинных сортов льна масличного получены гибриды поколений  $F_1$  и  $F_2$ , сочетающие гены высоко- и низко-АЛК сортов. Для оценки аллельного состава *LuFad3* генов в гибридном материале льна масличного были использованы STS-маркеры к доминантным (немутантным) аллелям *LuFad3A* и *LuFad3B* [5].

Значения йодного числа (ЙЧ) родительских высоко-АЛК сортов составляет 170–178 ед., солинных форм – 134–135 ед. В поколении  $F_2$  максимальные уровни АЛК и ЙЧ масла составляли 49,7% и 152 ед., соответственно (Omega×Amon), минимальные 18,0% и 102 ед., соответственно (Amon×Lirina). У некоторых гибридных комбинаций ЙЧ масла составляет 102–110 ед., что ниже, чем у низко-АЛК ро-

дительских сортов. В этом случае снижение ЙЧ масла обусловлено увеличением содержания мононенасыщенной олеиновой кислоты до 37–40% при 21–23% у родительских растений. В масле всех исследованных гибридов  $F_2$  выявлены повышенные, по сравнению с типичным содержанием, уровни стеариновой и олеиновой ЖК.

Проведен молекулярно-генетический анализ 16 гибридных линий  $F_2$ , полученных от четырех комбинаций скрещивания. STS-маркеры к доминантным аллелям не позволяют идентифицировать гетерозиготные генотипы, однако удобны для выявления рецессивных гомозигот – солинных генотипов льна. Типирование показало, что из 16 гибридов  $F_2$ , 3 образца – рецессивные гомозиготы по гену *LuFad3A*, 5 – гомозиготы по рецессивной аллели гена *LuFad3B*, обе мутации отмечены у двух линий от  $F_2$  (Amon×Pучеек, Flanders×Amon).

В зависимости от аллельного состава *LuFad3* генов семена гибридов низко- и высоко-АЛК сортов льна накапливают от 18,0 до 49,7% АЛК. Использование STS-маркеров к доминантным аллелям *LuFad3* генов позволило идентифицировать  $F_2$  гибриды, перспективные для селекции низко-АЛК форм льна масличного.

### Список использованной литературы:

1. Oomah B.D. Flaxseed as a Functional Food Source / B.D. Oomah // J. Sci. Food Agric. – 2001. – Vol. 81, № 8. – P. 889–894.
2. Rowland G.G. An EMS-induced Low-Linolenic-Acid Mutant in McGregor Flax (*Linum usitatissimum* L.)/G.G. Rowland // J Plant Sci. – 1991. – № 71. – P. 393–396.
3. Two Fad3 Desaturase Genes Control the Level of Linolenic Acid in Flax Seed / P. Vrinten [et al.] // Plant Physiol. – 2005. – Vol. 139, № 1. – P. 79–87.
4. Лось Д.А. Структура, регуляция экспрессии и функционирование десатураз жирных кислот / Д.А. Лось // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. –163—198 с.
5. SSR-based Linkage Map of Flax (*Linum usitatissimum* L.) and Mapping of QTLs Underlying Fatty Acid Composition Traits / S. Cloutier // Molecular Breeding. – 2010. – Vol. 10. – P. 1-15.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО, ВЫРАЩИВАЕМОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Вакула С.И.<sup>1</sup>, Титок В.В.<sup>2</sup>, Кильчевский А.В.<sup>1</sup>, Хотылева Л.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск, Svettera@yandex.ru

<sup>2</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, V.Titok@cbg.org.by

Семена льна – природный комплекс биологически активных веществ (альфа-линоленовой кислоты (АЛК), белков, лигнанов), характеризующихся благоприятным воздействием на здоровье человека. Соотношение компонентов семени определяется генотипом и условиями выращивания. Уровень изменчивости качественного и количественного состава семян льна масличного достаточен для направленной селекциинутрицевтически ориентированных генотипов с высоким содержанием биологически активных компонентов.

Для разработки модели сорта льна масличного с оптимальным для условий РБ биохимическим профилем семян нами были использованы литературные данные по мировым коллекциям ВИР (Россия) и PGRC (Канада) и результаты наших многолетних исследований изменчивости хозяйственно-ценных признаков 27 сортов льна масличного в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси. Модель включает 8 параметров (таблица 1) биохимического состава семян, в качестве стандартов представлены сорта «ручеек» (Россия) и «lirina» (Германия).

**Таблица 1. Параметры модели сорта льна масличного для условий Республики Беларусь**

Признак	«ручеек»	«lirina»	Модель сорта
Вегетационный период, сутки	83,0	100,0	80,0–87,0
Урожайность семян, ц/га	11,9	11,8	15,0–17,0
Масличность семян, %	47,4	48,9	< 49,0
Йодное число масла, ед.	167,6	158,1	180,0–185,0
Альфа-линоленовая кислота (АЛК), %	45,8	43,7	45,0–52,0
Содержание белка, %	20,9	22,3	21,0–22,0
Растворимые полисахариды (РП), %	10,0	9,3	10,0–12,0
Содержание фитиновой кислоты, мг/г	32,7	38,3	30,0–32,0
Содержание P <sub>неорг</sub> , мг/г	1,9	2,1	3,0–3,5
Зольность, %	3,6	4,1	4,0–4,5

Предлагаемый нами идеатипнутрицевтически ориентированного сорта льна масличного для условий РБ характеризуется раннеспелостью, высокой урожайностью, короткостебельностью. Между содержанием масла и белка в семени льна выявлена обратная корреляционная зависимость ( $r=0,47$ ), что обуславливает выбранное оптимальное соотношение накопления масла и белка – 2,3:1. Высокая концентрация АЛК повышаетнутрицевтическую ценность сорта, однако способствует окислению и снижает сроки хранения масла, альтернативой могут являться соевые сорта льна, масло которых содержит 2–3% АЛК, и более стабильно при термической обработке. Содержание РП подвержено значительным колебаниям (3–9%) в зависимости от степени зрелости льносемена и от сортовых особенностей. Показана роль РП в снижении риска возникновения ряда заболеваний, поэтому в модели заложена верхняя граница уровня накопления РП в семени льна. Поскольку фитиновая кислота является антинутриентом с полезными для здоровья физиологическими функциями, то благоприятным представляется снижение содержания фитина до 30–32 мкг/г и, соответственно, повышение уровня неорганических фосфатов до 3–3,5 мкг/г. Оптимизированное содержание зольных веществ в стандартном семени льна составляет 4,0–4,5%.

Реализация установленных нами модельных параметров биохимического состава семян в сорте позволит достигнуть максимально возможного качества льна масличного, выращиваемого в условиях Беларуси.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ (*RUBUS CHAMAEMORUS L.*), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ

Вогулкин К.Э., Вогулкина Н.В., Шандрикова Л.Н.  
Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, г. Витебск,  
e-mail: vogolkin@tut.by

На территории Беларуси до 2005 года было известно около 12 мест произрастания морошки приземистой – в основном в северных регионах Витебской области. Здесь морошка находится в угнетенном состоянии, так как слабо плодоносит и четко не определяется ее как полевая, так и пространственная структура.

В своих исследованиях мы поставили целью изучить динамику изменения биохимического состава растения как комплекса показателей, отражающих состояние морошки приземистой в определенных условиях произрастания Россонского района Витебской области. Биохимический состав был изучен в основные фазы сезонного развития: вегетации, массового цветения и созревания плодов. Содержание антоциановых пигментов, катехинов, флавонолов, фенолкарбоновых и свободных органических кислот, а также растворимых сахаров проводили по общепринятой методике (Ермаков и др. 1987). Установлено, что основная локализация абсолютного большинства компонентов биохимического состава морошки приземистой осуществляется в корневище, в меньшей степени в листьях и совсем незначительно в ягодах.

В зависимости от характера погодных условий вегетационного периода в них установлены следующие диапазоны сезонного варьирования их относительного содержания в сухом веществе: для аскорбиновой кислоты – 61,6–90,5 мг%, фенолкарбоновых кислот – 320–400 мг%, катехинов – 420–590 мг%, биофлавоноидов в целом – 1185–2007 мг%: свободных органических кислот – 1,1–1,9%, растворимых сахаров 2,9–5,65%. Аналогичные показатели для листьев и корневищ у морошки приземистой превышали в 1,3–2,5 и 1,6–3,2 раза, соответственно. Наиболее устойчивыми к изменению погодных условий следует признать показатели накопления в фитомассе фенолкарбоновых кислот и флавонолов с предельными значе-

ниями сезонных различий не более 15–20%. Наиболее выраженные межсезонные различия наблюдались у сахарозы и глюкозы, достигавшие в относительном накоплении 95–105% в надземной фитомассе. Для ряда соединений – антоциановых пигментов и аскорбиновой кислоты – верхняя граница этих различий не выходила за пределы 50–70%. Менее подвержены влиянию метеофакторов оказались параметры накопления в растении катехинов, для которых верхний порог отклонений не превышал 25–40%.

Таким образом, выраженное нивелирование межсезонных различий в темпах накопления в надземной сфере морошки приземистой большинства полезных веществ в период массового цветения говорит о целесообразности заготовки лекарственного сырья именно в этот период.

## БИОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *MONARDA*

Ворнику З.Н., Железняк Т.Г., Тимчук К.С., Филип Б.С.  
Институт генетики и физиологии растений Академии наук  
Республики Молдова, ул. Пэдурий, 20, 2002, Кишинэу,  
Республика Молдова, ах. 55 61 80, e-mail: igcanc@yahoo.com

Спрос на лечебные препараты, созданные на основе биологически активных веществ растительного происхождения, постоянно растет. В связи с этим актуальным является поиск новых сырьевых источников получения этих веществ из известного многообразия лекарственных и эфиромасличных растений.

Монарда является одной из перспективных эфиромасличных растений, поскольку ее эфирное масло обладает сильным бактерицидным действием, имеет выраженное радиопротекторное, антиоксидантное, антиканцерогенное действие. В мировой флоре монарда представлена более чем 20 видами. Наиболее интересными, культивируемыми как эфиромасличные растения, являются *Monarda citriodora* Cerv., *Monarda didyma* L., *Monarda punctata* L., *Monarda fistulosa* L., *Monarda x hybridahort* и др. Нами были изучены 2 вида монарды – *M. citriodora* Cerv., полученная из Никитского ботанического сада, и *M. fistulosa* L., полученная из Киевского ботанического сада, на содержание и компонентный состав эфирного масла. Содержание эфирного масла определялось методом гидродистилляции водяным паром при помощи аппаратов Гинзберга, компонентный состав – на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором GC-MS.

Основными органами локализации эфирного масла являются цветения и листья. Эфиромасличным сырьем служит надземная облиственная часть растения, срезанная на высоте 20–25 см от поверхности почвы.

Было изучено 3 экоформы *Monarda citriodora*, отличающихся окраской цветков. Максимальное содержание эфирного масла в сырье этой формы отмечалось в фазе массового цветения. В формах с розовыми цветками содержание варьирует от 0,311 до 0,368% в свежем сырье и 1,166–1,562% в абсолютно сухом. В формах с белыми цветками содержание 0,404–0,512% в свежем сырье и 1,562–1,763% в абсолютно сухом. Самым высоким содержанием эфирного масла ока-

залось в формах с фиолетовыми цветами – 0,512–0,791% в свежем и 1,847–2,432% в абсолютно сухом сырье.

Для *Monarda fistulosa* было выяснено, что максимальное содержание эфирного масла формируется в фазе начала массового цветения и составляет 0,644–0,930% от сырой массы и 2,457–3,092% в пересчете на абсолютно сухую массу. Компонентный состав эфирного масла определялся в двух образцах. Было идентифицировано более 30 компонентов, основными из которых являются фенолы, терпены и спирты. Образец № 1 содержит: карвакрол (50,7%), тимол (14,3%), терпинен (14,6%), мирцен (2,3%), 3-туйен (2,0%), лимонен (0,9%), пинен (0,5%), пара-цимол (5,3%), 1-октен-3-ол (2,5%), линалоол (1,2%), терпинеол-4 (0,5%) и другие. Образец № 2 содержит: карвакрол (33,7%), тимол (22,7%), терпинен (21,9%), мирцен (2,0%), 3-туйен (1,5%), пинен (0,4%), пара-цимол (4,7%), 1-октен-3-ол (2,4%), терпинеол-4 (0,8%) и другие. Состав эфирного масла этих двух образцов практически является однотипным. Преобладающими компонентами являются карвакрол и тимол с той лишь разницей, что соотношение карвакрол:тимол в 1-м образце составляет 3,5, а во 2-м – 1,5. Содержание терпинена во 2-м образце выше на 7%. Во 2-м образце содержание фенолов ниже, чем в 1-м, а терпенов выше, что придает этому маслу более приятный цветочный запах.

Масло монарды обладает высокой бактерицидной активностью, подавляет рост патогенной микрофлоры, уничтожает споры плесени. Рекомендуются онкобольным, прошедшим курс химиотерапии, используется при лечении лучевой болезни, астме и бронхите. В косметологии входит в состав антивозрастных кремов и тонирующих средств. Монарда используется как полезная душистая пряность, улучшающая пищеварение.

## ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ РАСТЕНИЙ ТЕРПЕНОВОГО РЯДА КАК ВОЗМОЖНЫЙ ФАКТОР ВИДООБРАЗОВАНИЯ У РАСТИТЕЛЬНОДНЫХ НАСЕКОМЫХ

Воронова Н.В., Курченко В.П., Буга С.В., Сенкевич Г.Г., Макарова Л.А.  
Белорусский государственный университет, Минск,  
voronoff@list.ru

Эволюция насекомых-фитофагов происходит в тесном взаимодействии с их кормовыми растениями. Большинство видов тлей имеют четко очерченный круг растений-хозяев, нередко включающий родственные формы, которые, однако, существенно дивергировали в биохимическом отношении. Так, *Macrosiphum gei* Koch в условиях Беларуси питается на *Geum urbanum* L., *Aegopodium podagraria* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) и *Chaerophyllum aromaticum* L. Мы оценили взаимосвязь состава вторичных метаболитов кормовых растений тлей и уровня генетической дивергенции экологических рас *M. gei*.

Тлей с четырех названных растений-хозяев сравнили с использованием последовательностей митохондриального гена *COI*, ядерного гена *EF1a*, а также двух групп нейтральных генетических маркеров: RAPD (4 пары праймеров) и STR (5 локусов) [1]. Обнаружили, что тли с *G. urbanum* и *Ch. aromaticum* имеют собственные гаплотипы *COI* ( $p=0,9\%$ ) и *EF1a* ( $p=1,3\%$ ), варьируют по RAPD-спектру (достоверность формирования узлов на дендрограмме 100%), а также 2-м из 5-ти STR-локусов.

Для выяснения степени зависимости тлей от питания на конкретном растении-хозяине провели ряд тестовых пересадок тлей по схеме *G. urbanum* ↔ *Ch. aromaticum*. Тли из разных клонов были неспособны переходить с одного кормового растения на другое [2].

Вторичные метаболиты экстрагировали из стеблей *G. urbanum*, *A. podagraria* и *Ch. aromaticum* этанолом и определяли методом газовой хроматографии. В экстрактах *Ch. aromaticum* наблюдалось высокое относительное содержание терпеновых соединений: сабинена – 16,50%, 1S-β-пинена – 1,86%, γ-терпинена – 10,53%, β-кариофиллена – 1,12%. В *A. podagraria* были отмечены: D-лимонен – 1,12%, лево-β-элемен – 3,09%, β-кубебен – 5,39% и α-транс-фарнезен – 4,68%, характерные только для этого растения. Экстракты *G. urbanum* содер-

жали малые количества терпеновых соединений, обнаруживаемых в *A. podagraria*, но отсутствующих в *Ch. aromaticum*, в частности, катехол (4,91% и 1,20%) и гидрохинон (3,03% и 0,54% в сныти и гравилате, соответственно). В сумме экстракты *Ch. aromaticum* содержали 39,4% терпеновых соединений, *G. urbanum* – 4,8% [3]. Также в экстрактах содержались большие количества транс-фитола: 21,38% в *A. podagraria*, 16,52% в *Ch. aromaticum* и 51,23 % в *G. urbanum*. Сравнение кладограмм, построенных на основе анализа последовательности *COI* тлей, адаптированных к различным растениям, с одной стороны, и на анализе сходства вторичных метаболитов терпенового ряда их кормовых растений, с другой, показало формирование идентичных узлов на графиках.

Поскольку большинство терпеновых соединений обладают выраженными инсектицидными свойствами, можно заключить, что высокое содержание терпенов в *Ch. aromaticum* в сравнении с *G. urbanum* вызвало формирование специфических адаптаций у тлей, питающихся на *Ch. aromaticum*. Это привело к накоплению генетических и экологических различий, приближающих данные формы к видовому рангу.

### Список использованной литературы:

1. Воронова Н.В. Генетический полиморфизм в комплексе *Macrosiphum gei* Koch, 1855 (Rhynchota: Homoptera: Aphididae) / Н.В. Воронова, С.В. Буга, В.П. Курченко // Труды БГУ. – 2011. – Т. 5, ч. 1. – 171–178 с.
2. Воронова Н.В. Морфологическая и экологическая гетерогенность в комплексе *Macrosiphum gei* Koch, 1855 (Rhynchota: Homoptera: Aphididae) / Н.В. Воронова, С.В. Буга // Вестник МГУ им. А.А. Кулешова. – 2010. – № 1(35). – 89–99 с.
3. Aphids *Macrosiphum gei* Koch as a model of the recent host-adapted speciation in phytophagous insects / N.V. Voronova et al. // EMBL Symposium: New model systems for linking evolution and ecology, Heidelberg, 1–4 May, 2013. – P. 105.

## PLANT SECONDARY METABOLITES AS A PRESUMABLE FACTOR OF SPECIATION IN PHYTOPHAGOUS INSECTS

N.V. Voronova, V.P. Kurchenko, S.V. Buga, G.G. Senkevich, L.A. Makarova  
Belarusian State University, Minsk,  
voronoff@list.ru

Evolution of phytophagous insects occurs in a close connection with their host-plants. Most species of phytophages have clearly defined lists of host-plants that often include close related species of plants which still significantly diverged in their biochemical. The aphid species *Macrosiphum gei* Koch feed on *Geum urbanum* L., *Aegopodium podagraria* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) and *Chaerophyllum aromaticum* L. in Belarus. We examined the interrelationship between host-plant secondary metabolite content of host-plants and the level of genetic divergence of host-adapted population in *M. gei*.

Aphids from four host-plants were compared using *COI* (mitochondrial) and *EF1a* (nuclear) genes and two groups of non-coding markers: RAPD (4 pair of primers) and STR (5 loci) [1]. It was found out that the aphids from *G. urbanum* and *Ch. aromaticum* had their own haplotypes of *COI* ( $p=0.9\%$ ) and *EF1a* ( $p=1.3\%$ ). They also varied in RAPD spectre (bootstrap index of nodes forming was 100 %) and in 2 from 5 STR loci.

The number of testing replacements of aphids was made according the scheme *G. urbanum* ↔ *Ch. aromaticum* to clarify the level of aphid dependence on particular plant feeding. The aphids from different clones were not able to switch for feeding to another plant [2].

Plant secondary metabolites were extracted with ethanol from steams of *G. urbanum*, *A. podagraria* and *Ch. aromaticum* and then identified by gas chromatography. There was a high relation level of terpenes in *Ch. aromaticum* extract: Sabinene 16.50 %, 1S-β-Pinene 1.86 %, γ-Terpinene 10.53 %, β-Caryophyllene 1.12 %. In *A. podagraria* we observed D-Limonene 1.12 %, left-β-Elementene 3.09 %, β-Cubebene 5.39 %, α-trans-Farnesene 4.68 %. *G. urbanum* extract contained a low level of terpenes which also were found in *A. podagraria* but not in *Ch. aromaticum*, in particular Catechol (4.91% and 1.20%) and Hydroquinone (3.03 % and 0.54 % in *G. urbanum* and *A. podagraria* respectively). In sum *Ch. aromaticum* contained 39.4 % of terpenes and *G. urbanum* – 4.8 % [3]. Extract did also

contain large amount of trans-phytol: 21.38 % in *A. podagraria*, 16.52 % in *Ch. aromaticum* and 51.23 % in *G. urbanum*. Comparison of the trees which were constructed on *COI* sequences of four host-adapted aphids and on similarity of terpene contents of their host-plants showed that there were identical nodes on the trees.

Since most terpenes have marked insecticidal properties we can conclude that the high level of terpenes in *Ch. aromaticum* versus *G. urbanum* caused a formation of some special adaptations in aphids which fed on *Ch. aromaticum*. It led to accumulation of genetic and ecological differences which makes these forms closer to species.

### References

1. Voronova, N.V. Genetic polymorphism in *Macrosiphum gei* Koch, 1855 complex (Rhynchota: Homoptera: Aphididae) / N.V. Voronova, S.V. Buga, V.P. Kurchenko // Proceedings of BSU. – 2011. – Vol. 5, Iss. 1. – P. 171–178.
2. Voronova, N.V. Morphological and ecological heterogeneity in *Macrosiphum gei* Koch, 1855 complex (Rhynchota: Homoptera: Aphididae) / N.V. Voronova, S.V. Buga // Proceedings of MSU n.a. A.A. Kuleshov. – 2010. – N. 1(35). – P.89–99.
3. Aphids *Macrosiphum gei* Koch as a model of the recent host-adapted speciation in phytophagous insects / N.V. Voronova et al. // EMBL Symposium: New model systems for linking evolution and ecology, Heidelberg, 1–4 May, 2013. – P. 105.

## АКТИВНОСТЬ ЛЕКТИНОВ В СЫРЬЕ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (*URTICA DIOICA* L.)

Гринченко Д.Г.

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава,

e-mail grassman@i.ua

Известно, что лектины – это белки неимунной природы, относящиеся к классу гликопротеинов и обладающие свойством специфично и обратимо связывать углеводные лиганды биополимеров без изменения их ковалентной структуры [1]. Белки, обладающие лектиновой активностью, содержатся в различных органах растений, включая стебель, листья, корни, клубни, луковичи, корневища, а также корневые клубеньки и генеративные органы [2]. В настоящее время активно изучается и обсуждается роль и значение лектинов в лекарственных растениях. Украинские исследователи считают, что лектины являются важным фармакологическим началом лекарственных растений, обладают специфичностью к эритроцитам групп крови человека и могут регулировать поступление физиологически активных веществ растений в организм человека [3]. Аналогичное мнение высказывают белорусские ученые, считая, что лектины принимают участие в активации углевод-специфических путей биосигнализации в клетках крови, в том числе иммунокомпетентных, выполняя функцию регуляторов их функциональной активности, что, возможно, является важной составляющей общего фармакологического эффекта лекарственных растений [4].

По данным Willy J. Reumans, только экстракты, полученные из корневищ крапивы двудомной агглютинируют трипсинизированные эритроциты человека. Другие части растения (листья, стебли, цветы и семена) гемагглютинации не дают [цит. по 1]. По результатам исследований представителей дикорастущей флоры Беларуси, установлено присутствие лектинов и фитогемагглютинирующая активность в экстрактах листьев крапивы двудомной [4].

Нами было исследована активность лектинов в листьях сырья крапивы двудомной, собранного в период цветения на производственных плантациях крапивы двудомной в ТОВ «Фитосовхоз «Радуга» АР Крым.

Исследование проводилось методом агглютинации эритроцитов человека с визуальной оценкой полученных результатов. На иммунологических планшетах с U-образными лунками готовили серии последовательно разведенного экстракта листьев крапивы в физиологическом растворе, а также буферных растворах с диапазоном рН=4,0–8,0 (по Мак-Ильвену) и добавляли суспензию эритроцитов. После инкубации результат агглютинации определяли визуально. Оценка гемагглютинирующей активности экстрактов листьев крапивы двудомной выражалась в баллах (от 0 до 3) [4].

Результаты исследования экстрактов листьев крапивы двудомной показали максимальную суммарную активность лектинов в щелочной зоне (рН=7,0–8,0) – до 15 баллов и кислой (рН=4,5) – до 11 баллов, что свидетельствует о высокой физиологической активности лектинов в экстрактах листьев крапивы двудомной.

### Список использованной литературы:

1. Антонюк В.О. Лектини та їх сировинні джерела. – Львів: ПП «Кварт», 2005. – 554 с.
2. Сытников Д.М. Участие лектинов в физиологических процессах растений // Д.М. Сытников, С.Я. Коць – Физиол. и биохим. культ. растений. – 2009. – Т. 41. – № 4 – 279–296 с.
3. Поспелов С.В. Лектины лекарственных растений: стратегия поиска, оценка активности и возможное фармакологическое действие // С.В. Поспелов, В.М. Самородов – Продуктивність і якість сільськогосподарської продукції / Наук. праці Полтавського СГІ. Т. 17. – 1995. – 177–183 с.
4. Лектины лекарственных растений дикорастущей флоры Беларуси: перспективы использования // О.Л. Канделинская, Е.Р. Грищенко, Л.В. Обуховская [и др.] – Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2011. № 2. – 169–182 с.

## РОЛЬ НИЗКО- И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ ПЛОДОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. И *VACCINIUM ULIGINOSUM* L.

Деева А.М., Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Решетников В.Н.  
ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,  
Минск, Республика Беларусь, a\_makarevich@tut.by

В процессе метаболизма образуются соединения кислорода, которые разрушают структуру и вещества клетки. В результате эволюции у аэробов возникли защитные механизмы, к которым относятся специализированные ферментные и неферментные антиоксидантные системы, которые содержат разные низко- и высокомолекулярные соединения. К высокомолекулярным антиоксидантам относят мембраносвязанные и цитозольные ферменты (каталаза, пероксидазы, супероксиддисмутаза и трансферазы). Низкомолекулярные антиоксиданты разделяют на водорастворимые (антоцианы, аскорбиновая кислота и др.) и жирорастворимые (токоферолы, каротиноиды, убихинон).

Для оценки изменения активности антиоксидантной системы плодов голубики в течение вегетационного периода мы измеряли количественное содержание низкомолекулярных антиоксидантов, а также величину активности одних из основных ферментов антиоксидантной защиты каталазы, пероксидазы и показатель перекисного числа в зеленых и спелых плодах 14 сортов *Vaccinium corymbosum* L. (голубика высокая) Bluecrop, Blueray, Bluerose, CarolinaBlue, Darrow, Duke, Elisabeth, HardyBlue, Herbert, Jersey, Nelson, Northblue, Northland, Patriot и *Vaccinium uliginosum* L. (голубика топяная).

В результате полученных данных было установлено, что содержание низкомолекулярных биологически активных соединений в результате созревания повышается. Содержание суммы фенольных соединений в изученных сортах голубики повысилось в 1,2–2,8 раза, в их составе содержание антоциановых пигментов увеличилось в 100–9000 раз, количество витамина С в процессе созревания повысилось в 1,0–1,8 раза. По результатам эксперимента содержание каротиноидов в зеленых плодах *Vaccinium corymbosum* L. колебалось в пределах от 2,74±0,15 мг/100 г для сорта «northblue» до 6,44±0,27

мг/100 г для сорта «nelson», а в спелых – от 12,93±0,18 мг/100 г для сорта «northland» до 56,14±1,66 мг/100 г для сорта «hardyBlue».

Установлено, что активность каталазы в зеленых плодах колеблется в пределах от 16,8±0,9 мМ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/мл экстракта до 144,8±1,9 мМ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/мл экстракта, тогда как в спелых плодах снижается, находясь в диапазоне от 4,9±0,2 мМ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/мл экстракта до 39,6±0,7 мМ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/мл экстракта. Активность каталазы в зеленых плодах выше в среднем в 2,5–5 раз, а для сорта «herbert» в 29,5 раза. Активность пероксидазы в зеленых плодах выше, чем в созревших в среднем в 1,5–3,5 раза. Степень увеличения перекисного числа в процессе созревания плодов голубики колебалась в среднем в пределах 20–50%. Коэффициент корреляции между показателями активности каталазы, пероксидазы – перекисное число в зеленых плодах был выше 0,55.

Созревание плодов, сопровождавшееся значительным увеличением количества антоцианов, привело к уменьшению активности каталазы и пероксидазы, что может косвенно свидетельствовать о роли антоцианидинов в системе антиоксидантной защиты растения. При этом наблюдаемое постоянство величины перекисного числа в плодах при их формировании и созревании свидетельствует о поддержании постоянства в функционировании антиоксидантной системы за счет попеременного действия: как высокомолекулярных, так и низкомолекулярных антиоксидантов, уменьшения активности ферментной защиты при повышении содержания основных низкомолекулярных антиоксидантов, таких как антоцианы в процессе созревания. Из вышесказанного можно предположить, что роль антоцианов как участников антиоксидантной системы в процессе созревания повышается, что на фоне снижения активности антиоксидантных ферментов позволяет поддерживать стабильность развития растения.

# БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ: ДЕЙСТВИЕ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БОБОВЫХ И ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

Домаш В.И.<sup>1</sup>, Азизбеян С.Г.<sup>2</sup>, Соколик А.И.<sup>3</sup>, Шарпио Т.П.<sup>1</sup>,  
Забрейко С.А.<sup>1</sup>, Иванов О.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича  
НАН Беларуси», г. Минск  
e-mail: domash@biobel.bas-net.by

<sup>2</sup> ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», г. Минск,  
e-mail: mechanochem@ifoch.bas-net.by

<sup>3</sup> Белорусский государственный университет, г. Минск

Растения являются богатым источником биологически активных веществ в виде аминокислот, функциональных пептидов и белков, витаминов, макро- и микроэлементов, эфирных масел и др. Выделение этих веществ из природного сырья и обработка ими растений может служить для повышения устойчивости и урожайности сельскохозяйственных культур. Нами из побочных продуктов переработки картофеля получен биостимулятор роста растений тубелак, на основе свободных аминокислот, витаминов, микро- и макроэлементов и др. и средство защиты растений туберит, на основе ингибиторов протеиназ. Весьма эффективным является и созданный нами биопрепарат наноплант на основе наночастиц микроэлементов. Установлено, что препараты оказывают положительное действие на рост, развитие и снижение поражаемости болезнями бобовых и злаковых культур. В связи с существующей проблемой адаптации растений к неблагоприятным факторам среды немаловажное значение имеет изучение физиолого-биохимических механизмов действия биологически активных препаратов. Наши исследования показали, что замачивание семян люпина узколистного в 0,5-процентной культуральной жидкости фитопатогенов рода *Alternaria*, *Colletotrichum* и *Fusarium* в присутствии 0,4-процентного стимулятора роста тубелак, 1-процентного средства защита туберит и 0,035-процентного раствора нанопланта способствует нивелированию действия инфек-

ции. Препараты способствовали повышению активности нейтральных и щелочных протеаз в среднем на 45% по отношению к контролю. Установлено также, что действие засоления и тяжелых металлов вызывало ингибирование роста и развития 20-дневных растений люпина и ячменя, снижало активность протеаз, антиоксидантную активность и повышало содержание пролина. Препараты нивелировали действие стрессоров, в результате чего повышалась активность щелочных протеаз и ингибиторов трипсина в среднем на 24%, а антиоксидантная активность – на 38%. Наиболее высокое повышение антиоксидантной активности наблюдалось при действии нанопланта (на 70%), что говорит о связи протекторного действия препаратов с активностью этого показателя. Нами также установлено, что действие адаптогенов связано с изменением функционирования ион-транспортных систем плазматических мембран клеток корня растений. Препараты способствуют значительному предотвращению ингибирования калия и повышению стимуляции ацидофикации.

Важнейшей реакцией клеток растений на действие стрессоров является синтез особых стрессовых биополимеров, образующих группы высокомолекулярных и низкомолекулярных белков. Защитная роль стрессовых белков в растениях подтверждается фактами гибели клетки при введении ингибиторов синтеза белка при воздействии стрессора. Биотический и абиотический стресс сопровождается увеличением содержания реактивных форм кислорода, в том числе и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. В ответ на это наблюдается усиление экспрессии ингибиторов сериновых и цистеиновых протеиназ, которые, действуя на активность протеолитических ферментов, контролируют общую скорость процесса старения.

Полученные сведения вносят определенный вклад в раскрытие механизма действия биологически активных веществ и могут быть использованы в сельском хозяйстве для повышения устойчивости растений к стрессорам биотической и абиотической природы.

## АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫДЕЛЕНИЙ *AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE

Еременко Ю.А.  
Донецкий ботанический сад НАН Украины, Донецк,  
er\_yu\_al@mail.ru

*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle широко культивируется на юго-востоке Украины как быстрорастущая порода в лесных насаждениях, широко применяется в озеленении городов, часто встречается в парках, скверах, аллеях, садах, кладбищах. В исследуемом регионе вид активно «уходит» из мест культуры, распространяется семенами и корневыми отростками и на юго-востоке Украины имеет статус инвазионного вида. Существует все больше доказательств связи высокой конкурентной способности дичающих древесных интродуцентов с их аллелопатическими свойствами [1, 2]. Так, одна из гипотез успешности инвазионных видов – «нового оружия» (Novel Weapon Hypothesis), основывается на аллелопатических и других биохимических взаимодействиях растений [3]. В подтверждение этой гипотезы также указывается и тот факт, что некоторые инвазионные виды часто создают заросли, успешно и активно вытесняя другие виды, что является необычным явлением для природных сообществ. Для определения потенциальной аллелопатической активности древесно-кустарниковых видов и ее сравнительных характеристик важно изучить биохимическую активность листового опада, так как именно листья ежегодно составляют большую массу органических остатков.

Экспериментальные данные, полученные при проведении серии биотестов по методике А.М. Гродзинского [4], показали, что вытяжки из листового опада *A. altissima* обладали сильным ингибирующим действием. Для анализа аллелопатических свойств использовался индекс аллелопатической активности [2]. Так, высокие концентрации экстрактов (1:10) этого вида полностью подавляли прорастание семян редиса, значительно тормозили рост проростков кресс-салата и имели высокие показатели условных кумариновых единиц (выше 1000 УКЕ) и индекса аллелопатической активности (0,95). Для более объективной оценки аллелопатических свойств водорастворимых веществ листового опада, наряду с общепринятыми в аллелопатиче-

ских исследованиях концентрациями (1:10), было исследовано действие колинов в концентрациях, близких к существующим в природных условиях (1:100 и 1:200). Аллелопатические свойства *A. altissima* изменялись в зависимости от концентрации, но даже в соотношении 1:200 содержали 65 УЕК, имели высокий показатель индекса аллелопатической активности (0,33) и угнетали ростовые процессы тест-объектов на 40–50%. Анализ данных проведенных исследований свидетельствует, что листовая опад *A. altissima* содержит водорастворимые аллелопатически активные вещества, которые действуют в основном как ингибиторы роста. Вполне возможно, что активное распространение и успешное проникновение этого вида в различные экотопы предопределено не только биологическими, но и аллелопатическими свойствами. Необходимо более детально исследовать аллелопатические свойства инвазионных видов, т.к. это может быть одной из причин их успешного проникновения в растительные сообщества.

### Список использованной литературы:

1. Csiszar A. Allelopathic effect of invasive woody plant species in Hungary / A. Csiszar // Acta Silv.Lign. – Hung, 2009 – P. 9–17.
2. Симагина Н.О. Динамика аллелопатической активности *Vupleurum fruticosum* L. в течение вегетации и онтогенеза / Н.О. Симагина, Н.Ю. Лысякова // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. – Т. 24 (63), № 4., Симферополь, 2011, – 273–281 с.
3. Callaway R.M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability / R.M Callaway, W.M. Ridenour // Front. Ecol. Environ. 2004. – № 2. – P. 419–426.
4. Гродзінський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин / Андрій Михайлович Гродзінський. – Київ: Наук. думка, 1973. – 206 с.

## ЧАБЕР ГОРНЫЙ – ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Железняк Т.Г., Ворнику З.Н., Тимчук К.С.

Институт генетики и физиологии растений Академии наук Республики Молдова, ул. Пэдурий, 20, 2002, Кишинэу, Республика Молдова.

Fax.55 61 80, e-mail: igcanc@yahoo.com

В настоящее время при внедрении в производство новых лекарственных, пищевых и парфюмерно-косметических изделий все чаще используют растительное сырье, которое содержит биологически активные вещества, к числу которых относятся и эфирные масла. Среди множества видов ароматических растений, используемых для производства натуральных эфирных масел, особый интерес представляет чабер горный (*Satureja Montana* L.)

Чабер горный – полукустарник, вид рода чабер (*Satureja*) семейства яснотковые (*Lamiaceae*) – сильно ветвистый вечнозеленый полукустарник высотой до 70 см и диаметром 60–70 см, в культуре возделывается в странах Западной Европы.

В данном сообщении приводится сравнительная характеристика содержания и химического состава эфирного масла нового сорта чабера горного «альфа-14» и местной популяции (контроль). Массовая доля эфирного масла определялась методом гидродистилляции водяным паром с помощью аппаратов Гинзберга, компонентный состав – на газовом хроматографе GC-MS с масс-спектрометрическим детектором. Органолептические и физико-химические показатели качества масла определялись, согласно действующему ГОСТу 14616.0-12-78. Содержание эфирного масла, полученного из наземной части растений в период массового цветения, варьирует в пределах 0,583–0,629% в свежем сырье и 1,606–1,792% – в абсолютно сухом, против 0,461–0,503% в свежем сырье и 1,379–1,413% – в абсолютно сухом у контроля.

Эфирное масло представляет собой легкоподвижную прозрачную жидкость желтого цвета с коричнево-красным оттенком, с сильным пряно-бальзамическим ароматом. Удельный вес при 20°C составляет 0,898–0,922 г/см<sup>3</sup>, коэффициент рефракции – 1,485–1,492, кислотное число 3,7–5,9 мг КОН/г, растворимость в 75° спирте (объем:объем) 1: 1,75–2,0.

Масло чабера имеет сложный химический состав, включающий фенолы, углеводы, спирты, сложные эфиры и др. Хроматографически было идентифицировано свыше 20 компонентов, основными из которых являются фенолы – карвакрол и тимол, содержащихся в количестве 81,013% в чабере сорта «альфа-14» и 72,116% – в контроле. В состав масла в небольших количествах также входят пара-цимен (4,927%), гамма-терпинен (7,538%), 3-карен (1,590), альфа-терпинен (0,660%), бета-терпинен (1,018%), лимонен (0,667%), бета-кариофиллен (1,286%), бета-бисаболен (1,012%), бета-мирцен (0,526%), борнеол (1,028%), 1-октен-3-ол (0,940%), 1-терпинен-4-ол (0,875), %) и другие компоненты.

Содержащиеся в эфирном масле карвакрол и тимол определяют его применение в медицине как сильное антисептическое, бактерицидное, фунгицидное средство. Это масло – отличный помощник при дерматитах и фурункулезе. В народной медицине используется в составе тонизирующего, успокаивающего и гипотензивного сборов и как средство, улучшающее пищеварение. Масло проявляет активные антиоксидантные свойства. В пищевой промышленности широко используется для ароматизации кулинарных и колбасных изделий, мясных и рыбных консервов. Применяется при производстве ликеро-водочной и парфюмерно-косметической продукции.

Эфирное масло получило высокую парфюмерную оценку (4,5 балла) и положительное заключение медико-санитарной экспертизы Минздрава Республики Молдова. На эфирное масло чабера горного разработана научно-техническая документация, используемая при производстве данного вида продукции.

## ОБРАЗОВАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРЯНО-ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУРАХ СЕЛЕКЦИИ ВНИИССОК

Загоскина Н.В.<sup>1</sup>, Лапшин П.В.<sup>1</sup>, Гинс М.С.<sup>2</sup>, Гинс В.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева» РАН,  
Москва, e-mail: phenolic@mail.ru

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур  
РАСХН, пос. ВНИИССОК Московской обл.,  
e-mail: lab308@vniissok.ru

Известно, что фенольные соединения (ФС) образуются во всех высших растениях, но уровень их накопления и состав могут значительно отличаться. Это зависит от генетических характеристик видов, условий культивирования, а также действия техногенных факторов.

К числу интересных и широко используемых представителей растительного царства относятся пряно-зеленные культуры, обладающие тонким ароматом и целебными свойствами. К их числу относятся тимьян, лаванда, мята и другие виды. Аромат этих растений обусловлен наличием в них эфирных масел, в то время как фармакологические свойства – другими вторичными метаболитами, в том числе и фенольной природы. Известно, что в настоящее время ФС являются одними из активно изучаемых биологически активных веществ растительного происхождения.

Поскольку одной из задач ВНИИ селекции и семеноводства РАСХН является получение новых сортов, в том числе и пряно-зеленных культур, то целью нашей работы являлось изучение накопления в них различных ФС.

Объектом исследования являлись три представителя семейства яснотковых (Lamiaceae): лаванда анисовая (*Lophanthus anisatus* Benth., сорт «снежок»), тимьян кошачий, или тимьян лимонный (*Nepeta cataria* var. *citriodora*, сорт «бархатный») и мята перечная (*Mentha piperita* L., сорт «ментол»). Все эти сорта были получены во ВНИИ селекции и семеноводства РАСХН. Растения собирали, высушивали при 45–50°C и хранили в темноте в стеклянном эксикаторе. ФС извлекали из листьев и соцветий 96-процентным этанолом. В экстрактах спектрофотометрическим методом определяли суммарное содержание ФС и содержание флавоноидов.

Как свидетельствуют литературные данные, наиболее распространенной культурой являются мята перечная и тимьян кошачий, тогда как лаванда анисовая лишь в последние годы начал культивироваться в средней полосе России. Для всех этих растений характерен специфический «мятный» запах и целебные свойства.

Суммарное определение содержания ФС в этанольных экстрактах служит показателем способности растительных тканей к образованию этих вторичных метаболитов. Как показали наши исследования, наиболее высокий их уровень был в листьях лаванды анисовой. В соцветиях мяты перечной он был на 30% ниже, а в соцветиях тимьяна кошачьего составлял лишь 4–5% от такового в листьях лаванды. Еще одним широко распространенным классом ФС, синтезируемым во многих растительных тканях, являются флавоноиды – вещества, обладающие Р-витаминной капилляроукрепляющей активностью. Наибольшее их накопление отмечено в листьях лаванды, а наименьшее – в соцветиях тимьяна. При этом различия в содержании этих веществ были выражены в меньшей степени, чем в случае суммарного накопления ФС.

Таким образом, в пряно-зеленных культурах селекции ВНИИССОК наибольшее количество ФС образуется в листьях лаванды анисовой, по сравнению с соцветиями мяты перечной и особенно тимьяна кошачьего. Выявленные различия в уровне полифенолов у этих культур представляют практический интерес, и исследования в этом направлении будут в дальнейшем продолжены с целью изучения особенностей фенольного метаболизма этих пряно-зеленных культур.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ШИСТОСОМНОГО ЦЕРКАРИОЗА

Зубарев А.В., Спиридович Е.В.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,  
av.zubarev01@gmail.com, spiridovich@cbg.basnet.by

Основными направлениями на пути поиска решений задачи снижения степени шистосомного церкариоза должны стать:

- создание средств защиты купающихся от фактора, вызывающего заболевание, – церкарий шистосоматид (свободно живущая в водоеме личиночная стадия паразитов отряда трематод семейства *Schistosomatidae*);
- разработка путей и средств, снижающих титр церкарий в водоеме.

В основе этих решений предполагается использование продуктов естественного происхождения, с ярко выраженным свойством снижать способность к инвазии или жизнеспособность церкарий.

Нами была поставлена задача получить эфирные масла ряда представителей различных ботанических семейств и исследовать их влияние на церкарии шистосоматид с целью выявления образцов, обладающих свойствами, значительно снижающими жизнеспособность личинок, либо их способность к дальнейшему распространению путем провоцирования реакций, предшествующих внедрению в потенциального хозяина. Данные эфирные масла будут рекомендованы для создания средств борьбы с личинками шистосоматид и профилактики церкариозного дерматита.

Исследованы на наличие церкарицидных свойств эфирные масла ряда лекарственных, пряно-ароматических и декоративных растений (47 видов и форм) коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Выявлены виды растений, эфирные масла которых обладают высоким церкарицидным действием на личинок *Trichobilharzia* spp. Наиболее токсичными для церкарий и перспективными для использования при производстве средств индивидуальной защиты и профилактических косметических препаратов являются эфирные масла сосны кедровой стланиковой (*Pinus pumila* (Pall.) Regel.), ели шерохо-

ватой (*P. asperata* Mast.), сосны черной (*Pinus nigra* J.F. Arnold), душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.).

Наиболее перспективными для производства препаратов, понижающих титр патогенных церкарий в водоеме (части водоема) за счет снижения способности церкарий к инвазии и дальнейшему распространению путем провоцирования реакций, предшествующих внедрению в потенциального хозяина, являются эфирные масла туи западной (*Thuja occidentalis* L.) и ее декоративных форм, ели Глена (*P. glehnii* Mast.), пижмы бальзамической (*Pythrum balsamita* L.), иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.), кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.), многоколосника морщинистого (*Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Ktze.). Использование этих эфирных масел оказалось бы весьма эффективным при изготовлении ловушек и систем заградительных баков.

Эфирные масла сосны горной (*Pinus mugo* L.), сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), пихты белой (*Abies alba* L.), чабера горного (*Satureja montana* L.), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), любистока аптечного (*Levisticum officinale* L.) показали свою высокую пригодность для производства обоих типов названных препаратов.

Церкарицидные свойства эфирных масел зависят от качества растительного материала, которое в свою очередь зависит от сроков заготовки сырья, от условий его сушки и хранения, от используемых органов и частей растений.

В целом эфирные масла растений способны сыграть значительную роль в решении проблемы шистосомного церкариоза.

# СПОСОБНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ГЛИКОЗИДОВ ИЗ *VERBASCUM DENSIFLORUM* BERTOL УЛАВЛИВАТЬ *IN VITRO* ПЕРОКСИЛ РАДИКАЛЫ

Иванова Р.А., Машенко Н.Е., Кинтя П.К.

Институт генетики и физиологии растений, Академия наук Молдовы,  
Республика Молдова, Кишинэу, MD-2002, ул. Пэдурий, 20,  
ralivanova@yahoo.com

Коровяк скипетровидный (*Verbascum densiflorum* Bertol), семейство норичниковых (*Scrophulariaceae*), широко используется в народной медицине в качестве противовоспалительного и отхаркивающего средства при воспалении легких, бронхитах, коклюше, туберкулезе легких и других заболеваниях, сопровождающихся образованием трудно отделяемой мокроты. Благодаря богатому химическому составу и содержанию биологически активных веществ как в надземной части растения, так и в корнях, область его применения значительно расширилась в последние годы. Установлено [1], что в надземной части растения содержатся соединения фенольной природы, в состав которых входят флавоноиды, кумарины и оксикоричные кислоты, что является основанием для изучения антиоксидантных свойств экстрактов из этого вида коровяка. Путем обработки надземной части *Verbascum densiflorum* Bertol 50% водным этанолом при кипячении с последующим разделением полученного экстракта на Sephadex LH-10 и Silicagel L 40/100 $\mu$  нами получена фракция, содержащая сумму двух трудноразделимых гликозидов – дегидрокониферол-9'-О- $\beta$ -D-глюкозопиранозид и дегидрокониферол-9-О- $\beta$ -D-глюкозопиранозид, выделенных ранее из *Verbascum saviifolium* Bois [2]. Учитывая фенольную природу данных соединений, целью настоящей работы явилось тестирование их способности улавливать свободные радикалы. Исследование проводили *in vitro* по отношению к пероксилрадикалам, искусственно индуцируемым 2,2-азобис(2-амидинопропан)дигидрохлоридом [3]. Установили, что экстракт обладает значительной антиоксидантной активностью. Показатель IC<sub>50</sub> – концентрация гликозидов, улавливающая 50% свободных радикалов, была равной 193,59 $\pm$ 12,51 $\mu$ М. Полученные нами данные хорошо согласуются с результатами ис-

следований антиоксидантных свойств экстрактов из *Verbascum spp.*, при использовании и других методов оценки их способности ингибировать свободно-радикальное окисление [4]. Кроме того, выявлено, что антиоксидантная активность исследуемого нами экстракта находится в прямой пропорциональной зависимости от содержания активных гидроксильных групп фенольных остатков, входящих в состав исследуемых гликозидов.

## Список использованной литературы:

1. Алкилани А.М. Фармакогностическое изучение травы коровяка скипетровидного (*Verbascum densiflorum* bertol.). Автореферат дисс. канд. фарм. наук. Пятигорск, Россия, 2006, 28 с.
2. Akdemir Z.S., Tatli I.I., Bedir E., Khan I.A. Neolignan and phenylethanoid glycosides from *Verbascum saviifolium* Boiss. Turk J.Chem., 2004, 28, 621–628 p.
3. Иванова Р.А., Прида А.И., Касьян И.Г. Влияние содержания полифенольных соединений на антирадикальную активность растительных экстрактов. Материалы IX Международного съезда «Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения», ФИТОФАРМ-2005. Санкт-Петербург, Россия, 2005, 83–87 с.
4. Tatli I.I., Takamatsu S., Khan I.A., Akdemir Z.S. Screening for free radical scavenging and cell aggregation inhibitory activities by secondary metabolites from Turkish *Verbascum* species. Z. Naturforsch, 2007, 62 c, 673–678 p.

# ПОЛУЧЕНИЕ КЛАТРАТОВ БЕТА-ЦИКЛОДЕКСТРИНА С СИНТЕТИЧЕСКИМИ ФИТОПРОСТАНОИДАМИ

Капустин М.А.<sup>1</sup>, Радевич В.С.<sup>1</sup>, Курченко В.П.<sup>1</sup>,  
Пашковский Ф.С.<sup>2</sup>, Лахвич Ф.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, Минск,  
e-mail: maximkapustin84@gmail.com, kurchenko@tut.by

<sup>2</sup>Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск

В настоящее время разработка пестицидов нового поколения, обладающих высокой специфичностью действия в отношении патогенов и максимальной безопасностью для биосферы является чрезвычайно важной и актуальной задачей. С этих позиций наиболее перспективным направлением представляется применение биологически активных веществ природного происхождения и их синтетических аналогов – «биорациональных пестицидов». Использование таких препаратов основано на естественных принципах биорегуляции [1]. Ведущая роль в активации и ингибировании биохимических процессов в растительном организме принадлежит фитопростаноидам – биомолекулам, относящимся к группе оксипинов. В растениях субстратом для синтеза фитопростанов преимущественно являются линолевая и линоленовая кислоты [2, 3]. Образующиеся оксигенированные продукты обладают широким спектром биологических активностей и вызывают в растительном организме различные физиолого-биохимические эффекты [4]. Характерными чертами нативных простаноидов являются непродолжительность действия, обусловленная коротким временем жизни, и выраженные гидрофобные свойства нативных соединений и их синтетических аналогов [5]. В ИБОХ НАНБ были проведены работы по получению химически устойчивых синтетических аналогов фитопростаноидов.

Целью нашей работы являлось получение водорастворимой формы этих простаноидов путем образования клатратных комплексов с бета-циклодекстрином. Клатраты были получены методом соиспарения. Мольное соотношение компонентов бета-циклодекстрин:простаноид в реакционной смеси составило 2:1. В результате нами был получен сухой порошок, представляющий комплексы включения трех структурно различных простаноидов с бе-

та-циклодекстрином. Растворимость полученных комплексов включения в дистиллированной воде составила 1,5, 1,2 и 2,14 г/л. Доля молекул бета-циклодекстрина, образовавших клатраты с молекулами простаноидов, составила 91,6%, 91,2% и 89,6%, соответственно.

Таким образом, была показана возможность перевода гидрофобных синтетических простаноидов в водорастворимую форму путем образования клатратных комплексов с бета-циклодекстрином. Полученные результаты могут иметь важное практическое значение при разработке новых форм регуляторов метаболических процессов в растительных организмах.

## Список использованной литературы:

1. Лахвич Ф.А. Биорегуляторы: лечебные и диагностические препараты. Химические средства защиты растений / Наука народному хозяйству. Мн., 2002. – 611–641 с.
2. Thoma I. The isoprostanoid pathway in plants / I. Thoma, M. Krischke, C. Loeffler // *Chemistry and Physics of Lipids*. – 2004. – Vol. 128. – 135–148 p.
3. Stumpe M. Formation of oxylipins by CYP74 enzymes / M. Stumpe, I. Feussner // *Phytochemistry Reviews*. – 2006. – Vol. 5. – 347–357 p.
4. Колупаев Ю.Е. Жасмоновая кислота у растений: синтез, сигналинг и физиологические эффекты при стрессах / Ю.Е. Колупаев, Ю.В. Карпец // *Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія.*, – 2010. – Т. 1, № 19. – 21–33 с.
5. Cyclopentenone isoprostanones induced by reactive oxygen species trigger defense gene activation and phytoalexin accumulation in plants / I. Thoma [et al.] // *The Plant Journal*. – 2003. – Vol. 34. – 363–375 p.

## **ZIZYPHUS JUJUBA MILL. – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Карнатовская М.Ю., Палий А.Е., Гребенникова О.А.  
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр НААН,  
пгт Никита, г. Ялта  
e-mail: karnatovskaya@gmail.com, onlabor@yandex.ua,  
oksaganagrebennikova@yandex.ru

В Украине зизифус начали изучать с середины прошлого столетия как перспективную субтропическую плодовую культуру. Одиночные экземпляры зизифуса были завезены в Никитский ботанический сад – Национальный научный центр (НБС-ННЦ) в 1934 году, а коллекционные посадки начали создавать в 1953-м [4].

В середине 90-х годов на экспериментальном участке опытного хозяйства «Новокаховское» НБС-ННЦ (Херсонская область) были высажены саженцы 15 сортов и форм зизифуса.

В качестве объектов исследования были выбраны плоды двух сортов («радослав», «синит») и двух форм (3/12, 5/6) зизифуса урожая 2012 года, выращенные на экспериментальном участке в ОХ «Новокаховское».

Биохимический состав определяли в полностью созревших плодах. Содержание лейкоантоцианов определяли колориметрически по методу Свейна-Хиллса [1], суммы фенольных веществ – по Фолину-Чиокальтео [2], флавонолов – спектрофотометрически [5], сухих веществ – гравиметрически [1], свободных органических кислот – методом кислотно-основного титрования [1], аскорбиновой кислоты – титрованием с йодатом калия [3], количество моно- и дисахаридов – по Бертрану [3]. Значения всех показателей приведены на сырую массу.

В результате проведенных исследований установлено, что плоды данных сортов и форм зизифуса отличаются высоким содержанием аскорбиновой кислоты (321,64–548,90 мг/100 г), сахаров (24,84–28,74 г/100 г), в частности, моносахаридов (9,72–25,47 г/100 г) и низкой кислотностью (0,31–0,42 г/100 г).

Максимальная концентрация аскорбиновой кислоты выявлена в плодах сорта «синит», минимальная – в плодах формы 5/6. По содер-

жанию сухих веществ выделяются плоды сорта «радослав» (37,75%). Во всех образцах выявлено высокое содержание фенольных соединений – от 272 мг/100 г (форма 5/6) до 377 мг/100 г (сорт «синит»).

В целом плоды сортов, по сравнению с формами, отличаются более высокими концентрациями аскорбиновой кислоты, суммы сахаров и сухих веществ. Однако плоды формы 3/12 по содержанию перечисленных выше компонентов близки к плодам изученных сортов, а по содержанию моносахаридов даже превосходят их (25,47 г/100 г).

Полученные данные позволяют отнести плоды зизифуса к перспективным источникам биологически активных веществ.

### **Список использованной литературы:**

1. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 22 с.
2. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: Таврида, 2002. – 259 с.
3. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков // Труды Гос. Никитск. ботан. сада. – 1999. – Т. 108. – 121–129 с.
4. Синько Л.Т. Зизифус – одна из ценнейших субтропических плодовых пород на юге Советского Союза // Итоги работ по субтропическому плододству. – Ялта: ГНБС. – 1971. – Т. 52. – 31–53 с.
5. Спектрофотометрический метод количественного определения содержания полифенолов в сухом экстракте из надземной части *Melilotus officinalis* (L.) Pall. и в его лекарственной форме / И.И. Чемесова, С.Л. Чубарова, Е.И. Саканян, Б.К. Котовский [и др.] // Растит. ресурсы. – 2000. – Т. 36, Вып. 1. – 86–91 с.

# СОДЕРЖАНИЕ НЕЗАМЕНИМЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ВАЖНОГО ЗВЕНА ТРОФИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НАЗЕМНЫХ ВОДОЕМОВ

Кириченко К.А.<sup>1</sup>, Любушкина И.В.<sup>1,2</sup>, Побежимова Т.П.<sup>1</sup>, Соколова Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Сибирский институт физиологии и биохимии растений» СО РАН, Иркутск, e-mail kuzma@sifibr.irk.ru

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail estel\_86@mail.ru

Клетки животных не способны синтезировать ряд химических соединений. Они должны поступать с пищей. В эту группу входят витамины, незаменимые аминокислоты и эссенциальные жирные кислоты. В зависимости от положения двойной связи в молекуле жирной кислоты их условно можно разделить на ряд семейств. Наиболее важными представителями семейств полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) являются линолевая и линоленовая. Пресноводные экосистемы рассматриваются как важные источники  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот. Источниками веществ для протекания пластического и энергетического метаболизма являются растения. Высшим водным растениям в водоемах принадлежит важная трофическая и средообразующая роль.

Было проведено сравнительное исследование относительного содержания жирных кислот в тканях трех видов макрофитов: *Elodea canadensis* Michx., *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton crispus* L. из реки Ангара. Водные растения собирались в верхнем течении реки Ангара на левом берегу стандартными методами гидроботаники. После содержания в лаборатории для анализа отбиралась усредненная проба биомассы, состоящая из нескольких побегов целиком (стебель с листьями) весом 1 грамм. Липиды экстрагировали смесью хлороформ:метанол (2:1). Жирные кислоты анализировали в виде метиловых эфиров методом газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. Относительное содержание жирных кислот определяли в весовых процентах от общего их содержания в исследуемом образце. Статистическую значимость раз-

личий в контрольной и экспериментальной выборках оценивали с помощью критерия Вилкоксона–Манна–Уитни.

Жиринокислотный состав исследованных видов носит видоспецифичный характер. Все три вида содержат жирные кислоты с углеродной цепью длиной от 14 до 22 атомов. У исследованных видов на кислоты с длиной цепи 16 и 18 атомов углерода приходилось более 95%. Ненасыщенные жирные кислоты преобладают у всех исследованных видов: 79,9% у *M.spicatum*, 80,1% у *P.cryspus* и 75,61% у *E.canadensis*. Только среди насыщенных жирных кислот были отмечены молекулы с нечетным числом атомов – пентадекановая (C15:0), гептадекановая (C17:0), генайкозановая (C21:0). Суммарное содержание этих кислот составляло: 0,29% у *P.cryspus*, 0,32% у *M.spicatum*, 0,80% у *E.canadensis*. Генайкозановая кислота была обнаружена только у *E.canadensis*. Синтез этих кислот отличается от такового для кислот с четным числом атомов и происходит через пропионил-кофермент А. Из семейства  $\omega$ -6 диеновых жирных кислот обнаружена линолевая кислота (C18:2 $\omega$ 6), ее содержание уменьшалось в ряду *M.spicatum* 26,22%, *E.canadensis* 18,58%, *P.cryspus* 8,29%. Наибольшее содержание приходилось на  $\alpha$ -линоленовую кислоту (C18:3 $\omega$ 3) из семейства  $\omega$ 3 триеновых жирных кислот. Ее содержание составляло 50,56%, 54,01%, 63,06% у *M.spicatum*, *E.canadensis*, *P.cryspus*, соответственно. Исследованные виды водных растений можно рассматривать как важный источник незаменимых жирных кислот для животного населения водоемов. В связи с этим в качестве биологически активных добавок к кормам, используемым в сельском хозяйстве и при рыбозаведении, можно использовать высшие водные растения в виде экстрактов или сухого порошка.

**СОРГО САХАРНОЕ**  
**(*SORGHUM SACCHARATUM (L.) PERS.*)**  
**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК РАСТВОРИМЫХ**  
**САХАРОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО**  
**ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Киршибаев Е.А.<sup>1</sup>, Сарсенбаев Б.А.<sup>1</sup>, Сиявский Ю.А.<sup>2</sup>, Байсеитова Г.А.<sup>1</sup>,  
Камунур М.<sup>1</sup>, Нокербекова Н. К.<sup>1</sup>, Сулейменова Ж.А.<sup>2</sup>, Сарыбаева Э.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии и биотехнологии растений МОН РК, Алматы,  
sbat08@rambler.ru

<sup>2</sup> Казахская академия питания, Алматы,  
Sinyavskiy@list.ru

Наблюдающееся глобальное изменение климата является одной из ключевых экологических проблем Земли, которое сопровождается увеличением температуры, уменьшением водных ресурсов, снижением выпадения осадков, расширением площадей районов засух и опустыниванием [1]. В этой связи возникает необходимость подбора устойчивых видов для возделывания. К наиболее перспективным видам относится сорго, особенно сорго сахарное. Растение сахарного сорго представляет собой высокорослый куст (200–350 см) с сочными стеблями. Содержание растворимых сахаров в стеблях в молочно-восковую спелость достигает 20%. Урожайность стеблей сорго – 50–60 и более т/га. Биологические особенности этой культуры позволяют получать хороший урожай зеленой массы даже на очень бедных почвах и солончаках в условиях выпадения около 200 мм осадков в год. Способность растений сахарного сорго аккумулировать большое количество растворимых сахаров делает его потенциальным источником сырья для пищевой промышленности [2]. По содержанию сахаров сок стеблей сахарного сорго не уступает соку сахарного тростника, а вот по составу существенно отличается. Если в соке сахарного тростника содержится только сахароза, то в соке сахарного сорго, кроме сахарозы, есть много фруктозы, глюкозы и растворимого крахмала, препятствующего кристаллизации сахара. Поэтому из сока сорго производят не кристаллический сухой сахар, а сорговый мед и патоку, обладающие высокой питательной ценностью благодаря повышенному содержанию моносахаров. Именно поэтому актуальность использования сладких сиропов

сорго значительно возрастает. В наше время общество обеспокоено состоянием пищевой промышленности: не хватает продуктов из натурального сырья, а имеющаяся продукция не соответствует требованиям по количеству минеральных веществ и витаминов. Сахар из сорго, в отличие от свекольного, является диетическим продуктом, который можно употреблять большим сахарным диабетом. В состав сладких сорговых сиропов входят легкоусвояемые микроэлементы и витамины, которых нет в сахаре свеклы и тростника. Эти факторы делают сахар из сорго уникальным и напоминают по своему действию на организм человека биологически активные добавки или мед. На сегодня в различных странах мира создано большое количество пищевых продуктов на основе соргового меда. Учитывая изложенное в Институте биологии и биотехнологии растений МОН РК, получены экспериментальные данные, отражающие биологическую продуктивность и сахаристость стеблей сортов сорго сахарное. Показана динамика накопления растворимых сахаров в главном и боковых побегах сорго сахарное и закономерности распределения сахаров по органам и междуузлиям. Получены биомасса стеблей, сок и сироп для использования в биотехнологии производства БАД и новых продуктов диетического питания. Отработаны технологии извлечения сока из стеблей и концентрирования до состояния патоки. Разработаны рецептуры безалкогольных прохладительных напитков и пищевого молочного продукта для профилактики анемии различного генеза на основе сиропа из стеблей сорго сахарное.

**Список использованной литературы:**

1. Итоги работы рабочей группы и межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) от 23.04.2007 г.
2. Alternative, field crops manual, Purdue University, Acctssed, 2011.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ У ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *POTENTILLA* L.

Китаева М.В.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск;

e-mail: kitai\_m@tut.by

Известно, что ни один класс фенольных соединений не оказывает такого многочисленного и разнообразного воздействия на биологическую активность клеток человека и животных, как флавоноиды. Диапазон лечебных свойств флавоноидов очень широк, накоплены данные о благоприятном влиянии флавоноидов на состояние капилляров кровеносной системы, также спазмолитическом, антиаритмическом, седативном, антибактериальном, противовирусном, противоопухолевом и симпатомиметическом их действии на организм.

Большинству видов *Potentilla* L. характерно высокое содержание флавоноидов, в частности, флавонолов. Для оценки растений *Potentilla alba* L., *Potentilla recta* L. и *Potentilla rupestris* L., произрастающих в центральной агроклиматической области Республики Беларусь, как новых источников лекарственного сырья, обладающих повышенным содержанием Р-витаминных веществ, нами был изучен характер распределения и динамика накопления флавоноидов по органам растений в течение жизненного цикла растений в 2010–2012 гг.

При изучении сезонной изменчивости количественного содержания флавоноидов в пересчете на рутин [1] в процессе жизненного цикла растений выявлена следующая закономерность: максимальное накопление флавоноидов у изучаемых нами растений приходилось на две основные фазы развития – фазу бутонизации и фазу цветения. Значения максимального содержания флавоноидов для репродуктивных органов – в пределах от 2,69±0,11% до 3,15±0,10% достигало у *P. alba* L. в фазу массового цветения; в листьях от 2,11±0,03% до 2,52±0,07% фиксировалось в начале вступления растений в фазу цветения и в корневищах от 0,12±0,004% до 0,14±0,005%; пик накопления в стеблях наблюдался в фазу массовой бутонизации от 1,14±0,04% до 1,25±0,04%. Для растений *P. recta* L. и *P. rupestris* L. такого разброса максимальных показателей по накоплению флавоноидов в отдельных вегетативных и репродуктивных органах по

фенофазам не наблюдалось. Максимум содержания флавоноидных веществ в репродуктивных органах от 1,56±0,04% до 1,92±0,06% и от 8,96±0,22% до 10,1±0,39%, соответственно, наблюдался в фазу массовой бутонизации, при этом в фазу цветения показатели снижались незначительно. Также в эту фазу развития в листьях и стеблях накопление флавоноидов было максимальным. В корневищах двух лапчаток пик максимума приходился в фазу массового цветения и составлял от 0,23±0,01% до 0,27±0,01% и от 0,22±0,01% до 0,26±0,01%, соответственно.

В результате проведенного эксперимента было отмечено, что накопление флавоноидов в растениях *P. alba* L., *P. recta* L. и *P. rupestris* L. на протяжении трех лет было неодинаковым. Так наилучшие показатели накопления данных веществ у *P. alba* L. установлены в 2012 году, у *P. recta* L. и *P. rupestris* L. в 2011-м. Изменения содержания веществ фенольной природы могут быть связаны с действием различных эдафических факторов в исследуемые годы. Следует также отметить, что для растений *P. alba* L. и *P. recta* L. в наших климатических условиях характерно явление вторичного цветения, которое наблюдается в августе–сентябре. Отмечено, что в фазу вторичного цветения показатели накопления флавоноидов в органах растений по сравнению с фазой первичного цветения в 1,5–2 раза меньше, но при этом в листьях составляет не менее 0,90±0,02% и цветках 1,30±0,01% в обоих растениях. Явление вторичного цветения может представлять интерес и служить дополнительным источником сырья при сборах и заготовках лекарственного растительного сырья *P. alba* L. и *P. recta* L. в Республике Беларусь.

### Список использованной литературы:

1. Шимко О.М. Поиск новых видов сырья лапчатки / О.М. Шимко, О.М. Хишова, Л.В. Кухарева // Вестник фармации. – 2008. – № 4 (42). – 1–3 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА КИЗИЛА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*CORNUS OFFICINALIS* SIEB. ET ZUCC.)

Клименко С.В.<sup>1</sup>, Джан Т.В.<sup>2</sup>, Коновалова Е.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, г. Киев

<sup>2</sup>Институт фармакологии и токсикологии НАМН Украины, г. Киев

<sup>3</sup>Киевский медицинский университет УАНМ, г. Киев, zakucilo@gmail.com

Абориген Северо-Восточного Китая и Кореи кизил лекарственный достаточно распространен в Евразии, а в Великобритании он используется даже шире, чем кизил настоящий (*Cornus mas* L.).

Исследования биоэкологических особенностей кизила лекарственного в условиях интродукции в лесостепи Украины (Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, НБС) показали, что растения обильно цветут и плодоносят.

На родине кизил широко известен как лекарственное растение: в народной медицине листья кизила используют как желчегонное, сахароснижающее и мочегонное средство при нервных заболеваниях и атрофии мышц. Исследования, проведенные *in vitro* и *in vivo*, показали многогранный защитный эффект экстракта плодов кизила против диабета и его осложнений, в частности, диабетической нефропатии. Иридоиды плодов кизила благоприятствуют нейрогенезу, ангиогенезу и улучшению неврологических функций благодаря стимуляции фактора роста эндотелия сосудов.

Целью данной работы было исследование состава биологически активных веществ листьев и плодов кизила лекарственного, интродуцированного в НБС. Исследование состава летучих соединений проводили хромато-масс-спектрометрическим методом на газовом хроматографе Agilent Technologies 6890. Содержание фенольных соединений определяли общепринятыми методами: флавоноидов – по реакции из алюминия хлоридом, танинов – по реакции из фосфорномолибденовольфрамовым реактивом. Содержание фракций полисахаридов определяли спектрофотометрическим методом по реакции из антронсерным реактивом. Исследовали влияние экстракта плодов кизила на гематологические показатели венозной крови крыс.

В результате проведенного исследования установлено наличие 40 летучих веществ в листьях и 52 веществ в плодах кизила, из которых

общими для листьев и плодов кизила оказались 20 веществ – некоторые углеводороды, фурфурол, 2-метокси-4-винилфенол, эвгенол, каприновая, лауриновая, миристиновая и линоленовая кислоты, сквален. В составе летучих соединений листьев кизила доминируют эфиры 5-этинил-3-пиридинкарбоновой кислоты (23,29 мг), в плодах кизила – пальмитиновая кислота (4,29 мг%). Сравнивая состав летучих соединений листьев и плодов кизила, следует отметить значительную разницу в содержании линалоола и линалоолоксида. Содержание линалоола выше в листьях (2,31 мг%), а линалоолоксида – в плодах (1,19 мг% и 1,96 мг% транс- и цис-изомера, соответственно).

Максимальное содержание флавоноидов и танинов наблюдается в конце июля – начале августа (вторая фаза роста побегов) и составляет 2,04% суммы флавоноидов в перерасчете на рутин и 4,50% танинов, адсорбирующихся кожным порошком, в перерасчете на пирогаллол. Содержание танинов, адсорбирующихся кожным порошком, в плодах намного ниже – 0,55% в перерасчете на пирогаллол. Среди фракций полисахаридов в плодах кизила преобладает фракция гемицеллюлоз – 9,73% в перерасчете на галактуроновою кислоту. В сумме гемицеллюлоз 11% составляет гемицеллюлоза А. В листьях кизила доминирует фракция пектиновых веществ – 6,70% в перерасчете на галактуроновою кислоту.

При введении экстракта плодов кизила у крыс повышается уровень лейкоцитов венозной крови за счет увеличения количества лимфоцитов и уменьшения количества моноцитов, что указывает на возможный иммуносупрессорный эффект; в сочетании с уменьшением количества тромбоцитов экстракт плодов кизила может быть эффективным при лечении ревматоидного артрита.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПЛОДОВ ШИПОВНИКА СОБАЧЬЕГО

Кобринец Л.А.<sup>1</sup>, Прилуцкая О.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> БрГТУ, Брест, lakobrinetch@mail.ru

<sup>2</sup> БрГТУ, Брест, bstu2006@yandex.ru

Большинство лекарственных растений содержат биологически активные вещества (БАВ) с широким фармакологическим действием. БАВ участвуют во многих окислительно-восстановительных реакциях организма, входят в состав ферментов, улучшают обмен веществ. Они способны усиливать неспецифические защитные реакции, т.е. играть роль биостимуляторов, повышающих уровень жизнедеятельности всего организма [1].

Большинство БАВ обладают антиоксидантными свойствами. Антиоксиданты препятствуют окислению активных химических соединений в клетках организма человека, что снижает риск развития различных заболеваний, в том числе связанных с действием физических, химических, радиационных, бактериологических и других факторов окружающей среды. При сниженном поступлении антиоксидантов в организм человека активируются реакции образования активных форм кислорода (АФК) в клетке. Повышенное содержание АФК может привести к гибели клеток, их перерождению, а также повышает риск развития онкологической патологии.

К БАВ относят фитогормоны, витамины, флавоноиды, терпеноиды, углеводы и другие органические и неорганические вещества.

В настоящее время медицина стремится к внедрению и использованию растений, содержащих различные биологически активные вещества, а также растений, используемых в народной медицине. К ним относятся растения шиповника, в частности, шиповник собачий *Rosa canina*, который используется при заболеваниях мочевого пузыря, печени, всех инфекционных заболеваниях и как желчегонное средство.

Цель наших исследований – фитохимическое изучение плодов шиповника для использования его как источника БАВ и антиоксидантов в медицине и ветеринарии.

Предварительное исследование спиртового экстракта проводилось качественными реакциями на содержание основных групп БАВ:

- на флавоноиды – цианидиновая проба [2];
- на терпеновые сапонины – реакция пенообразования, реакция с концентрированной серной кислотой [3];
- на витамины [3, 4];
- на карбоновые кислоты и их производные [3, 5];
- на углеводы [3, 4].

В плодах шиповника собачьего обнаружены флавоноиды, фруктоза, витамины С, А, Е, лимонная кислота. Учитывая наличие в плодах шиповника таких БАВ, как витамины С, А, Е, а также флавоноиды, шиповник собачий может использоваться в медицине и ветеринарии для создания лекарственных препаратов, обладающих антиоксидантными свойствами.

### Список использованной литературы:

1. Фоменко М.Г. Фитотерапия хронических заболеваний / М.Г. Фоменко, Г.Ф. Фоменко. – Ростов-на-Дону, 2000. – 175 с.
2. Клышев Л. К. Флавоноиды растений / Л.К. Клышев, В.А. Бандюкова, Л.С. Алюкина. – Алма-Ата, 1978. – 219 с.
3. Гринкевич Н.И. Химический анализ лекарственных растений / Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич. – М.: Высш. школа, 1984. – 162 с.
4. Кучеренко Н.Е. Биохимия: Практикум / Н.Е. Кучеренко [и др.] – К.: Выща школа, 1988. – 128 с.
5. Мелентьева Г.А. Фармацевтическая химия / Г.А. Мелентьева, Л.А. Антонова. – М.: Медицина, 1985. – 480 с.

## КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СОСЕН

Коваленко Н.А.<sup>1</sup>, Супиченко Г.Н.<sup>1</sup>, Леонтьев В.Н.<sup>1</sup>, Шутова А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск, chembstu@ Rambler.ru

<sup>2</sup> Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск

Эфирные масла сосен обладают широким спектром биологической активности, проявляя антимикробные, противовоспалительные, ранозаживляющие, иммуномоделирующие свойства. Важную роль в проявлении терапевтических свойств эфирных масел играет оптическая активность входящих в их состав соединений.

Цель настоящего исследования – сравнительное изучение распределения энантиомеров  $\alpha$ -,  $\beta$ -пиненов, камфена и лимонена в эфирных маслах представителей рода *Pinus* из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси методом газо-жидкостной хроматографии.

Объектами исследования являлись эфирные масла *Pinus mugo* Turra (сосна горная), *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная), *Pinus koraiensis* Sieb. Et Zucc. (сосна кедровая корейская), *Pinus cembra* L. (сосна кедровая европейская) из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Эфирные масла получали из охвоенных концов ветвей сосен длиной 30–40 см методом перегонки с водяным паром. Разделение компонентов эфирного масла выполняли на хроматографе «Цвет 800», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и оборудованном капиллярной колонкой Cyclosil B длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм и неподвижной фазой  $\beta$ -циклодекстрин (0,25 мкм), в режиме программирования температуры. В качестве реперных компонентов для расчета обобщенных индексов удерживания (GI) использовали *n*-алканы C<sub>7</sub>–C<sub>16</sub>. Идентификацию компонентов эфирных масел и их энантиомеров проводили с использованием эталонных соединений. Количественные определения проводили методом внутренней нормализации без использования поправочных коэффициентов.

Существенные различия в количественном составе эфирных масел исследованных видов сосен (таблица) прослеживаются по содержанию основных компонентов –  $\alpha$ - и  $\beta$ -пиненов, камфена,  $\Delta^3$ -карена и лимонена.

Таблица. Содержание основных компонентов эфирных масел сосен

Вид сосны	$\alpha$ -пинен	камфен	$\beta$ -пинен	$\Delta^3$ -карен	лимонен
сосна горная	29,93	6,58	6,85	3,35	6,27
сосна обыкновенная	24,50	7,78	5,75	14,60	2,89
сосна кедровая корейская	16,98	9,34	3,01	18,86	18,22
сосна кедровая европейская	55,26	1,01	3,06	0,26	8,20

Эфирное масло каждого из изученных видов сосны характеризуется свойственным ему соотношением энантиомеров  $\alpha$ -,  $\beta$ -пиненов, камфена и лимонена. Во всех образцах отмечено преобладание R(+)-форм  $\alpha$ -пинена и S(-)-форм  $\beta$ -пинена. Камфен в исследованных маслах также представлен преимущественно в виде левовращающих форм, за исключением эфирного масла сосны горной, где основной вклад вносят R(+)-формы. Характер распределения энантиомеров лимонена в эфирных маслах зависит от вида сосны. Масла сосны горной и обыкновенной содержат практически равные количества R(+)- и S(-)-форм лимонена, в то время как масла кедровой корейской и кедровой европейской сосен обогащены S(-)-лимоненом.

Проведенные исследования позволили установить особенности распределения основных компонентов и их энантиомеров в эфирных маслах некоторых видов сосен из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Ковбасенко Р.В.<sup>1</sup>, Дмитриев А.П.<sup>1</sup>, Дульнев П.Г.<sup>2</sup>,  
Ковбасенко В.М.<sup>3</sup>, Ящук В.У.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАНУ, Киев,  
e-mail: kovbasenko@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт биоорганической химии и нефтехимии НАНУ, Киев

<sup>3</sup> ННЦ «ИМЭСХ» НААНУ, Глеваха, e-mail: wurst-man@yandex.ru

<sup>4</sup> Институт агроэкологии НААНУ, Киев

Стремительный прорыв в биологических исследованиях новых регуляторов роста растений должны стабильно обеспечить прогрессирующие нанотехнологии. Использование достижений нанотехнологий в биологии содействовало появлению нового направления – нанобиотехнологии. Это направление изучает внутреннее действие наночастиц на живые системы и разрабатывает способы их применения [1, 2]. Наночастицы металлов менее токсичны для вегетирующих растений по сравнению с солями тех же металлов и выгодно отличаются пролонгированным воздействием на биологические объекты [3]. В своих исследованиях нами установлена высокая эффективность аквакарбоксилатных наночастиц биогенных элементов в сочетании с регуляторами роста растений на продуктивность овощных культур, а также для некоторого снижения их пораженности патогенами за счет определенного повышения устойчивости растений к ним. Полевые исследования осуществляли с применением общепринятых стандартизированных методик [4].

Поставленная задача по разработке эффективных препаратов решалась нами за счет создания композиций, которые включают биогенные элементы (железо, цинк, марганец, медь, молибден, кобальт) в виде аквакарбоксилатных наночастиц этих элементов, которые были созданы [5], в концентрации от 25 до 400 мг/л и с добавлением до 500 мл/л одного из широко применяемых в растениеводстве регуляторов роста растений биогенного происхождения – эндофит LI или неофит.

Вегетативную массу растений обрабатывали в следующие фазы: огурец – начало цветения; картофель и томат – начало бутонизации

из расчета 3,0 л/га предложенной композиционной смеси при норме расхода рабочего раствора до 350 л/га.

В результате проведенных полевых исследований было показано, что применение предложенного нами нового регулятора роста растений, созданного с применением нанобиотехнологии, дает возможность повысить урожайность картофеля на 23,8%, томата – на 24,6%, а огурца – на 26,3%. Кроме этого, фитопатологические учеты пораженности овощных культур основными заболеваниями показали некоторое снижение их показателей. Так, развитие бактериоза на листьях огурца снизилось на 4,2%, альтернариоза на картофеле – на 5,6%, а на томате – на 4,8%. Нами также был показан рост содержания сухого вещества в плодах томата на 0,2%.

### Список использованной литературы:

1. Сыч В.Ф., Дрождина Е.П., Курносова Н.А. и др. Введение в нанотехнологии. Ульяновск.: УГУ, 2008. – 101 с.
2. Ковбасенко Р.В., Дульнев П.Г., Дмитриев О.П., Ковбасенко В.М. Застосування нанотехнологій при індукції резистентності овочевих культур до хвороб. // Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції: «Актуальні проблеми підвищення ефективності виробництва овочевої продукції та насінництва». – 2011. – 121–123 с.
3. Коваленко Л.В., Фолманис Г.Э. Биологически активные нанопорошки железа. М.: Наука, 2006. – 124 с.
4. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. За ред. Г.Л. Бондаренка і К.І. Яковенка. – Харків.: Основа, 2001. – 369 с.
5. Патент України на винахід №35580 від 25.09.2008. Бюл. № 18, 2008.

# ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПЛОДОВ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE

Колбас Н.Ю.<sup>1</sup>, Решетников В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»,  
Брест, n.kolbas@gmail.com

<sup>2</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск

В последние десятилетия активно изучается роль отдельных классов фенольных соединений в профилактике и лечении многих заболеваний человека [1]. Перспективными источниками данных биологически активных веществ являются различные части растений. Разработка фитопрепаратов и биологически активных добавок предусматривает детальное изучение биохимического состава той или иной лекарственной формы с целью добиться максимального лечебного или профилактического эффекта, а также дать рекомендации по стандартизации фармакологической продукции и установлению ее подлинности.

Объектами данного исследования служили водно-этанольные экстракты плодов пяти представителей семейства Rosaceae Juss – *Amelanchier spicata*, *Rubus caesius* L., *Rubus fruticosus* L., *Rubus nessensis* W. Hall. и *Rubus idaeus* L. Для получения экстрактов использовали высушенные плоды, которые дважды обрабатывали 70-процентным этанолом в условиях инертной атмосферы азота, при температуре +22°C и максимальном давлении 1500–1700 psi с применением экстрактора ASE-350 («Dionex Corporation», США).

Основными фенольными компонентами водно-этанольных экстрактов плодов изученных растений являются антоцианы, флавонолы и флаван-3-олы. Данные о качественном и количественном составе антоцианов представлены в статье [2]. Общее количество фенольных соединений водно-этанольных экстрактов плодов изученных растений варьируют от 0,83 до 1,45 мг галловой кислоты на мл. В порядке снижения этого показателя водно-этанольные экстракты можно расположить следующим образом: *R. nessensis* > *R. caesius* ≈ *A. spicata* > *R. fruticosus* > *R. idaeus*. Содержание флавонолов составляет от 22,40 до 131,61 мкг кверцетина на мл водно-этанольного экстракта

и уменьшается в порядке: *A. spicata* > *R. nessensis* > *R. fruticosus* > *R. caesius* > *R. idaeus*. Содержание флаван-3-олов варьирует от 148,56 до 346,82 мкг катехина на мл водно-этанольного экстракта и снижается в последовательности: *R. idaeus* > *R. nessensis* ≈ *R. caesius* ≈ *A. spicata* > *R. fruticosus*. Таким образом, наибольшее содержание фенольных соединений отмечено для водно-этанольных экстрактов плодов *R. nessensis*, а флавонолов – для водно-этанольных экстрактов *A. spicata*. Водно-этанольные экстракты плодов *R. idaeus* отличаются повышенным содержанием флаван-3-олов, при этом характеризуются более низким содержанием общего количества фенольных соединений и флавонолов.

Примененный в данном исследовании метод двухступенчатой экстракции позволил извлечь из нативного сырья от 32,2% до 63,2% фенольных соединений, от 54,8% до 79,4% флавонолов и от 51,8% до 90,4% флаван-3-олов. Наиболее эффективным данный метод экстракции был для плодов *R. idaeus*, так как позволил в большей степени извлечь фенольные соединения, в том числе флавонолы и флаван-3-олы.

Полученные данные о достаточно высоком содержании фенольных соединений, флавонолов, флаван-3-олов, а также имеющиеся сведения о терапевтическом действии и антиоксидантной активности позволяют рекомендовать водно-этанольные экстракты плодов изученных растений для производства БАД поливалентного действия.

## Список использованной литературы:

1. Plant phenolics and human health: biochemistry, nutrition, and pharmacology / ed. C.G. Fraga. – Hoboken, New Jersey : Wiley, 2010. – 594 p.
2. Колбас Н.Ю. Характеристика антоцианового комплекса водно-этанольных экстрактов плодов некоторых представителей рода *Rubus* / Н.Ю. Колбас, В.Н. Решетников // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта, сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2011. – № 2. – 40–47 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА МЯТЫ ПРИ АБИОТИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

Кондратьева В.В., Шелепова О.В., Воронкова Т.В.,  
Олехнович Л.С., Енина О.Л.  
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва,  
lab-physiol@mail.ru

В природных биоценозах компоненты эфирного масла играют важную роль в защите растений от биогенных и абиогенных стрессов. Более жизнеспособными являются популяции видов, в состав эфирных масел которых входят вещества, синтезированные в результате адаптации метаболизма растений к внешним условиям [1]. Согласно данным [2] при воздействии абиотического стресса увеличивается общий выход эфирного масла на единицу веса и изменяется его компонентный состав. Так, у пижмы обыкновенной более 85% компонентов эфирного масла были специфическими при анализе растений из загрязненных районов промзоны. Кроме того, масло содержало в 9 раз больше токсических компонентов по сравнению с эфирными маслами растений из чистых районов. Установлено, что экзогенная обработка растений салициловой кислотой повышала выход эфирного масла, меняла его состав, а монотерпенами и сесквитерпенами эфирного масла – ускоряла восстановление растений при температурном и окислительном стрессах [2].

Целью представленной работы было определение количества и состава эфирного масла в листьях сорта «памяти Кириченко» (*Mentha arvensis* L.) при абиотическом стрессе (длительном воздействии на растения света неизменного спектрального состава в контролируемых условиях). Опытные растения освещали белым светом от люминесцентных ламп (контроль (К)) и красным светом от светодиодных панелей при длине волны 420 нм и 620 нм в соотношении 1:3 (вариант I (КС-I)), более подробно условия опыта описаны в работе [3]. Одним из индукторов защитных реакций растений в ответ на абиотический стресс является салициловая кислота (СК), выполняющая важную функцию в регуляции физиолого-биохимических процессов, так как она включает сигнальную каскадную сеть, связывающую воздействие стрессора на растение и ответ растительного организма на это воздействие. У растений мяты сорта «памяти Ки-

риченко» в варианте КС-I содержание СК было в два раза выше, чем в контроле, растения цвели, а их габитус был ближе к естественному. На листьях мяты КС-I сформировалось больше секреторных железок на единицу площади и выход эфирного масла, содержание которого сопряжено с уровнем СК, был выше (в 1,2 раза). Анализ полученных данных показал, что по составу эфирного масла растения, выращенные при белом свете и варианте КС-I, существенно не отличались. Однако соотношение компонентов в эфирном масле вариантов опыта значительно изменилось. Так, в варианте КС-I возросло содержание промежуточных продуктов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -пинены (в 1,9), D-лимонен (в 3,5), 1,8-цинеол (в 2,3), метилацетат (в 2,4), изоментол (в 1,3 раза)) и снизилось содержание конечных продуктов биосинтеза терпенов – ментона (в 1,9 раза) и ментола (в 1,3 раза). По-видимому, на красном свете преобладал синтез ментола через пулегон (его содержание в 2,6 раза больше на КС-I), а на белом свете – через пиперитон (в 1,5 раза больше на контроле по сравнению с КС-I).

Работа выполнена при частичной поддержке программы Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».

### Список использованной литературы:

1. Stevović S., Dušica Čalić-Dragosavac, Vesna Surčinski Mikovilović, Snežana Zdravković-Korać, Jelena Milojević, Aleksandar Cingel. Correlation Between Environment and Essential Oil Production in Medical Plants. // *Environmental Biology*. – 2011. – V. 5(2). – 465–468 p.
2. Holopainen JK, Gershenson J. Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. // *Trends Plant Sci*. – 2010. – V. 15(3). – 176–84 p.
3. Шелепова О.В., Кондратьева В.В., Воронкова Т.В., Олехнович Л.С., Енина О.Л. Физиолого-биохимические аспекты длительного воздействия света неизменного спектрального состава на мяту (*Mentha*) // *Бюл. Гл. бот. сада*. – 2012. – Вып. 2. – 68–73 с.

## БЕЛКОВЫЕ МАРКЕРЫ В ОЦЕНКЕ ВНУТРИГИБРИДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИ СОЗДАНИИ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

Кондрацкая И.П.<sup>1</sup>, Фоменко Т.И.<sup>1</sup>, Столепченко В.А.<sup>2</sup>, Васько П.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
ikondratskaya@mail.ru

<sup>2</sup> РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодин

Объединение хозяйственно-полезных признаков при создании межвидовых гибридов многолетних злаковых трав позволит сформировать сортопопуляцию с высоким качеством корма и стабильной семенной продуктивностью и получить дополнительно 12–15 центнеров кормовых единиц с гектара, тем самым увеличив надой молока на 1,2–1,5 тонны с гектара [1].

Для идентификации и решения проблем, связанных с изменчивостью внутри вида и популяций, необходимы генетически полиморфные белковые системы. Их полиморфизм обусловлен аллельной изменчивостью и наилучшим образом раскрывается электрофорезом. Идентификация маркерных белков проводилась на основе разработанных методик разделения общих белков гибридов райграсов и гибридных растений овсяницы луговой на овсяницу тростниковую, лисохвоста лугового на лисохвост вздутый [2].

Нами исследовано электрофоретическое разделение общих белков из семян гибридных растений овсяницы луговой на овсяницу тростниковую в 24 комбинациях скрещиваний и лисохвост луговой на лисохвост вздутый в трех комбинациях скрещиваний.

Для количественной оценки уровня внутригибридной изменчивости использовались коэффициенты сходства, вычисляемые по формуле:  $K = [N_1 / (N_1 + N_2)] \times 100\%$ , где  $N_1$  – число пар гомологичных белковых компонентов;  $N_2$  – число различающихся белковых компонентов. Средний коэффициент сходства ( $K_{ср}$ ) характеризует ее изменчивость – чем меньше значение коэффициента, тем выше изменчивость. Вычисления проводились для каждой пары скрещиваний и полному электрофоретическому спектру общих белков из семян многолетних злаковых трав.

Сравнение внутригибридной изменчивости во всех комбинациях скрещиваний показало, что самая высокая является у растений, для которых среднее значение коэффициентов сходства составляет 47–65%. Низкая внутригибридная изменчивость скрещивания – 86%.

### Список использованной литературы:

1. Васько П.П. Продуктивность многолетних злаковых трав и пути ее повышения // Земледелие и растениеводство: Научные труды / Белорусский научно-исследовательский институт земледелия и кормов. – Минск, 2000. – Вып. 37. – 113–119 с.

2. Столепченко В.А., Кондрацкая И.П. Полиморфизм хозяйственно-ценных признаков и свойств отдаленных гибридов овсяницы луговой (*Festuca pratensis*) и овсяницы тростниковой (*Festuca arundinaceae*) / В.А. Столепченко, И.П. Кондрацкая, А.М. Шишлова, П.П. Васько, Т.И. Фоменко, З.Г. Козловская // Теоретические и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений: материалы III Междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию отдела биохим. и биотехнол. растений, Минск, 14–16 мая 2008 г. / Изд. центр БГУ; редкол.: В.И. Решетников [и др.]. – Минск, 2008. – 177–182 с.

## УСЛОВИЯ ЭКСТРАКЦИИ ТОКОФЕРОЛОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ СЕЛЬДЕРЕЯ ПАХУЧЕГО (*APIUM GRAVEOLENS L.*) ПРИ ПОДГОТОВКЕ К АНАЛИЗУ МЕТОДОМ ВЭЖХ

Копылова Н.А., Ламан Н.А.

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича  
НАН Беларуси», г. Минск, natal.kopylova.68@mail.ru

Токоферолы являются природными антиоксидантами, участвуют в биосинтезе белков, тканевом дыхании клеток, обеспечивают регулирующее и стимулирующее влияние на эндокринную и репродуктивную систему [1].

Для оценки содержания токоферолов в пищевых продуктах, сырье, сельскохозяйственных кормах, идентификации действующих веществ в лекарственных формах необходимо провести количественное извлечение из исходной матрицы, обеспечивающее высокий выход анализируемого соединения. Значительные трудности в решении этой задачи сопряжены со сложностью структуры молекул токоферолов, их незначительным содержанием в тканях и высокой реакционной способностью.

Экстракцию токоферолов из листьев сельдерея пахучего осуществляли 6-кратно методом подвижной мацерации, в качестве экстрагента использовали гексан. Для определения токоферолов в растительном экстракте необходимо провести омыление. Показано, что омыление эффективнее проводить спиртовыми, а не водными растворами гидроксида калия. Нами установлены оптимальные параметры этой процедуры: температура – 45°C, продолжительность – 45 минут, концентрация КОН – 0,55 М.

Для экстракции неомыляемой фракции традиционно используют диэтиловый эфир или гексан [2]. В нашем случае при использовании диэтилового эфира не происходило полного разделения слоев содержимого делительной воронки. Лишь при значительном увеличении порций эфира (до 100 мл) происходит разделение слоев, но следует избегать интенсивного перемешивания. Проведенные эксперименты показали, что при использовании этилацетата происходит более полное извлечение  $\alpha$ -токоферола из омыленного раствора и, кроме того, разделение слоев происходит быстрее. Для анализа методом ВЭЖХ

пробу промывали водой до нейтральной реакции. Фракции токоферолов концентрировали выпариванием в токе азота и добавляли 3-кратное количество ацетонитрила для достижения совместимости с подвижной фазой для ВЭЖХ. Затем пробу центрифугировали 20 минут при 12 000 об./мин., пропускали через мембрану с диаметром пор 0,2 мкм.

В результате проведенных исследований подобраны условия экстракции токоферолов из растительного материала, обеспечивающие высокий выход исследуемых соединений, определены параметры процедуры омыления, разработана методика подготовки пробы к анализу методом ВЭЖХ. Показано, что листья сельдерея могут содержать от 0,36 до 6,02 мг  $\alpha$ -токоферола/100 г сырой массы.

### Список использованной литературы:

1. Sheppard, A.J., Pennington, J.A., Weihrauch, J.L. Analysis and distribution of vitamin E in vegetable oils and foods. /Vitamin E in Health and Disease. L.Packer and J. Fuchs, eds (New York: Marcel Dekker). 1993. 2–31 p.
2. Скурихин В.Н., Шабает С.В. Методы анализа витаминов А, Е, Д и каротина в кормах, биологических объектах и продуктах животноводства. Справ. Изд. Химия, Москва. 1996.

## ФИТОГЛИКОПРОТЕИДЫ В ЛЕЧЕНИИ ПСОРИАЗА

Корсун В.Ф.<sup>1</sup>, Корсун Е.В.<sup>1</sup>, Малышко М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, Москва,

e-mail:korsun\_vf@mail.ru

<sup>2</sup> Белорусский государственный медицинский университет, Минск,

makosh003@yandex.ru

Целью наших исследований являются изучение роли вирусов в этиологии псориаза и разработка средств растительного происхождения для его лечения. Работа проводилась на базе Центра эпидемиологии и микробиологии Республики Беларусь совместно с кафедрой дерматовенерологии Белорусского государственного медицинского университета под руководством акад. РАМН и НАН Беларуси В.И. Вотякова. Полученные результаты указывают на вирусно-генетическую природу псориаза, при которой ретровирусы встраиваются в геном ДНК, в ряде случаев передаются по наследству или носят скрытый персистирующий характер. Клинически, биохимически и гистологически подтвержден факт передачи ретровируса человека только что родившемуся экспериментальному животному (морской свинке). Одним из перспективных природных соединений, рекомендуемых в настоящее время в лечении хронических заболеваний, в том числе и псориаза, являются лектины – сложные белки, обнаруженные в растениях и животных и обладающие выраженными противовирусными свойствами (Корсун В.Ф. и др., 2009).

Нами разработана лектиносодержащая БАД «Хитокор», содержащая сухой порошок шалфея, календулы, иван-чая, хитозан, кору осины, зверобоя, многоколосника и котовника. Наблюдалось 76 больных псориазом, чаще в возрасте 34–45 лет с распространенной формой заболевания. Хитокор назначался как один из элементов общего лечения. Растительное средство назначалось по 2 таблетке 3 раза в день в течение 4–6 недель. Одновременно больные получали фитосову «Корфит» по 1 чайной или столовой ложке на 200 мл воды в качестве третьего блюда. После гигиенической или лечебной ванны (с хвойным экстрактом, морской солью или настойкой валерианы) на кожу наносился крем «Бехитол», содержащий масло травы чистотела, бетулинол, хитозан на гелевой основе.

В результате проведенного лечения у 73 из 76 отмечены положительные результаты в виде значительного улучшения состояния кожного процесса. В процессе лечения не отмечены побочные явления от данной методики лечения.

**Выводы.** Гликопротеиды ряда лекарственных растений обладают выраженными противовирусными свойствами. Включение лектиносодержащих растений в комплекс терапии больных псориазом повышает эффективность лечения.

### Список использованной литературы:

1. Корсун В.Ф. и др. Фитолектины. – М., 2009. – 288 с.
2. Корсун В.Ф. и др. Вирусология и фитотерапия псориаза. – СПб., 2009. – 368 с.

## ГОРМОНОРЕГУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ФИТОЛЕКТИНОВ ПРИ ЭНДОМЕТРИОЗЕ

Корсун В.Ф., Огренич Н.А., Корсун Е.В.  
Институт фитотерапии, Москва, e-mail.korsun\_vf@mail.ru

Эндометриоз – гормонозависимое заболевание у женщин, в механизме которого ведущим звеном является нарушение функции гипоталамо-гипофизарной системы с последующим изменением деятельности яичников, наступающим по принципу обратной связи. Широко используются лекарственные препараты, позволяющие вызывать атрофию очагов эндометриоза в любом органе и сохранить способность к деторождению (Э.А. Айламазян и соавт., 1997). Важной вехой в лечении эндометриоза явилось использование гормональных препаратов разной направленности и поколений (андрогенов, эстроген-гестагенов, чистых гестагенов, антигонадотропинов, агонистов гонадотропин-рилизинг-гормонов).

Нами разработан и внедрен в практику патентозащищенный оригинальный способ лечения эндометриоза (В.Ф. Корсун, П.С. Кухарский, Е.В. Никулина, 1999), который заключается в том, что специально подобранным композиционным сбором лекарственных растений устраняются дисгормональные, воспалительные и иммунные и психо-эмоциональные нарушения.

В качестве первого базисного лектиносодержащего лекарственного сбора при фолликулиновой фазе менструального цикла использовали почки березы и тополя, ягоды можжевельника, траву чистотела, цветки пижмы, корневища аира, листья подорожника. В секреторирующей фазе менструального цикла, наступление которой устанавливают по подъему пика ректальной (базальной) температуры в качестве второго базисного лекарственного сбора назначали траву кипрея, листья шалфея, корни солодки, шишки клевера, плоды смородины, плоды аниса, листья эвкалипта и др. Курс лечения составлял 2–6 менструальных цикла в зависимости от размеров эндометриозных гетеротопий, уровня гормонов ЛГ, ФСГ, пролактина и показателей общего состояния организма (В.Ф. Корсун и др., 2013).

Данным методом лечилось 36 женщин в возрасте от 18 до 54 лет. Длительность заболевания – от 7 месяцев до 6 лет. До фитотерапии практически все больные получали многочисленные химиопрепара-

ты и физиотерапевтические средства лечения. В ряде случаев проводилось оперативное лечение. В результате фитотерапии у 32 из 36 больных отмечены положительные результаты, в том числе у 18 – значительное улучшение. В процессе лечения отмечена тенденция к нормализации уровня ЛГ, ФСГ и пролактина в сыворотке крови. Каких-либо побочных явлений от применения фитопрепаратов не отмечено, кроме одной пациентки, у которой отмечена выраженная тошнота от приема настоя трав.

Таким образом, комплексное использование лектиносодержащих препаратов растительного происхождения позволяет устранить эндометриозные гетеротопии, явления анемии, психо-эмоциональный дискомфорт, гормональные нарушения у больных генитальным эндометриозом.

### Список использованных литературных источников:

1. Генитальный эндометриоз: новые подходы к терапии: Руководство для врачей/ Айламазян Э.К. и соавт., 1997.СПб., 213 с.
2. Корсун В.Ф., Кухарский П.С., Никулина Е.В. Способ лечения эндометриоза: Патент RU № 2145231-1999.
3. Корсун В.Ф., Косован Я.С., Корсун Е.В., Алефиров А.Н. Лекарственные растения в гинекологии. – СПб., 2013. – 493 с.

## ФИТОПСИХОКОРРЕКЦИЯ ПРИ ПСОРИАЗЕ

Корсун В.Ф.<sup>1</sup>, Белугина И.Н.<sup>2</sup>, Корсун Е.В.<sup>2</sup>, Малышко М.А.<sup>2</sup>, Яговдик Н.З.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, Москва,  
e-mail: korsun\_vf@mail.ru

<sup>2</sup> Белорусский государственный медицинский университет, Минск,  
irina.belugina@mail.ru

Проблема профилактики и лечения невротических расстройств – одна из актуальнейших проблем современной фармакологии. Это особенно важно при псориазе, где выявлено огромное количество провоцирующих и пусковых факторов для развития такого рода нарушений (Белугина И.Н. и др., 2013). Для них характерна раздражительность, подозрительность с чертами недоверия к проводимому лечению. Возникает необходимость психотерапевтической коррекции для улучшения качества жизни больных, как одной из важнейших составляющих проводимой терапии. Применяющиеся при таких расстройствах известные синтетические препараты, прежде всего транквилизаторы, безусловно, эффективны, но имеют длинный перечень побочных эффектов. Фитотерапия невротических расстройств традиционно привлекает своим мягким действием, высоким уровнем безопасности и, как следствие, возможностью длительного применения при сохранении достаточно высокой эффективности (Корсун В.Ф., и др., 2012). Нами проведено клиническое изучение эффективности нового комплексного препарата седативного действия «Фито Ново-Сед<sup>®</sup>», в качестве препаратов сравнения использовали известное растительное успокаивающее средство и синтетический «дневной транквилизатор» бензодиазепинового ряда. «Фито Ново-Сед<sup>®</sup>» – комплексный лекарственный препарат, содержащий оригинальную композицию экстрактов пяти лекарственных растений (трава пустырника, трава Melissa лекарственной, плоды боярышника, плоды шиповника, трава эхинацеи пурпурной), которые оказывают лечебное воздействие на различные звенья возникновения и развития невротических и невротоподобных состояний. Препарат разработан ЗАО «ФармВИЛАР» и выпускается в виде галенового препарата для приема внутрь. Под наблюдением находилось 43 больных псориазом, чаще в возрасте 37–59 лет, с распространенной формой заболевания. Дозировка приема препарата: по ½ чайной ложки (2,5 мл), разведенной 50 мл воды 3 раза в день за 30

мин до еды в качестве дополнения базисной терапии. Курс лечения составлял от 2 недель до 1,5 месяца. Назначение Фито Ново-седа в течение указанного периода значительно купировали субъективные психо-эмоциональные изменения. У всех пациентов уменьшались заторможенность, головокружение и слабость. Улучшались показатели ночного сна. Возникал более устойчивый положительный настрой на благоприятный исход лечения псориаза. Некоторым из них, по их просьбе, назначались дополнительно препараты растительного происхождения (чага, валериана, девясил, арника, цветочная пыльца и др.). В процессе использования «Фито Ново-седа» не отмечено каких-либо побочных явлений, что отличает данный препарат от большинства рекомендуемых химиопрепаратов, назначаемых при неврологической патологии.

**Выводы:** комплексный фитопрепарат «Фито Ново-сед» обладает выраженными успокаивающими, мягким седативным и анксиолитическим свойствами, так и способностью благотворно влиять на работу нервной, иммунной и сердечно-сосудистой систем, что позволяет его рекомендовать на любой стадии комплексного лечения больных псориазом.

### Список использованных литературных источников:

1. Белугина И.Н. и др. Матер. научн.-практ. конф. «Псориаз – как междисциплинарное заболевание». – Мн., 2013.- С. 3.
2. Корсун В.Ф. и др. Лекарственные растения в психоневрологии. – М., 2012. – 413 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОТЕОМИКИ И МЕТАБОЛОМИКИ В БИОТЕХНОЛОГИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Кузовкова А.А.<sup>1</sup>, Мазур Т.В.<sup>1</sup>, Новикова Т.И.<sup>2</sup>, Банаев Е.В.<sup>2</sup>, Решетников В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
e-mail: fioaia@nm.ru

<sup>2</sup> ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад СО РАН»,  
г. Новосибирск

Нами в рамках гранта НАН Беларуси (БРФФИ) – СО РАН Б12СО-017 (2012–2014 гг.) разрабатывается новая стратегия в биотехнологии получения биологически активных веществ (БАВ) клеточными культурами лекарственных растений на основе комбинации методов протеомики и метаболомики. Предполагается, что сравнительный анализ протеомного статуса клеток дедифференцированных тканей (каллусов) исходной формы и соматклонов лекарственного растения многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa* (Fisch. & C.A. Mey) Kuntze) позволит выявить низко- и высокоэкспрессируемые белки-ферменты, определяющие метаболомику каллусных клеток соматклонов, и спрогнозировать направления биосинтеза БАВ. Следует отметить, что исследуемые растения-соматклоны *A. rugosa* по сравнению с исходной формой являются гиперпродуцентами флавонолов и дубильных веществ (таблица 1).

**Таблица 1. Содержание БАВ в исходной форме и растениях-соматклонах *A. rugosa***

Растение	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/г сухого веса	Суммарное содержание дубильных веществ, мг/г сухого вещества	Суммарное содержание флавонолов, мг/г сухого веса
Исходная форма	60,0	73,0	1,46
Соматклон <i>Aga11</i>	100,0	106	10,27
Соматклон <i>Aga20</i>	85,7	138,0	5,45
Соматклон <i>Aga34</i>	75,8	97,0	6,66
Соматклон <i>Aga36</i>	67,5	–	4,27

К настоящему моменту нами методом ТХУ-ацетоновой преципитации из листовых каллусов 3-го пассажа от 4-х соматклонов и исходной формы *A. rugosa* выделены общие пулы белков и проанализированы 1D-электрофорезом в щелочной системе в денатурирующих условиях. Сравнительный компьютерный анализ (Quantity One Basic Software (Bio-Rad Laboratories, США)) показал, что протеомы листовых каллусов от соматклонов *A. rugosa* различаются между собой и от исходной формы по экспрессии ряда белков. Процент сходства между протеомами представлен в таблице 2.

**Таблица 2. Сравнительная матрица сходства (в %) протеомов листового каллуса от исходной формы и соматклонов *A. rugosa***

Каллус, полученный от	исходной формы	соматклона <i>Aga11</i>	соматклона <i>Aga20</i>	соматклона <i>Aga34</i>	соматклона <i>Aga36</i>
исходной формы	100	90,32	91,94	91,94	83,87
соматклона <i>Aga11</i>	90,32	100	98,39	98,39	93,55
соматклона <i>Aga20</i>	91,94	98,39	100	96,77	91,94
соматклона <i>Aga34</i>	91,94	98,39	96,77	100	91,94
соматклона <i>Aga36</i>	83,87	93,55	91,94	91,94	100

Таким образом, наиболее близкими к протеому каллуса от исходной формы являются протеомы каллусов от соматклонов *Aga20* и *Aga34*. Выявлены различия по 5-ти белкам и процент сходства составляет 91,94. Между собой протеомы *Aga20* и *Aga34* похожи на 96,97% (различаются по 2-м белкам). Протеом листового каллуса *Aga11* схож с протеомами исходной формы на 90,32 % (различаются по 6-ти белкам), соматклонов *Aga20* и *Aga34* – на 98,39 % (отличия по 1 белку), соматклона *Aga36* – на 83,87 % (различаются по 10-ти белкам). Среди всех соматклонов наиболее специфическим протеомом обладает листовая каллус соматклона *Aga36*: процент различия составляет ~6,5 по отношению к протеому *Aga11*, ~8 – к протеомам соматклонов *Aga20* и *Aga34* и 16 – к протеому исходной формы.

## USE OF PROTEOMIC AND METABOLOMIC METHODS IN MEDICINAL PLANTS BIOTECHNOLOGY

Kuzovkova A.A.<sup>1</sup>, Mazur T.V.<sup>1</sup>, Novikova T.I.<sup>2</sup>, Banaev E.V.<sup>2</sup>, Reshetnikov V.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SSI «Central Botanical Gardens», NAS of Belarus, Minsk,  
e-mail: fioraia@nm.ru

<sup>2</sup> FSIS Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk,  
e-mail: tin27@mail.ru

We develop new strategy in biotechnology of biologically active substance (BAS) production by medicinal plant cell cultures on the basis of a proteomic and metabolomic method combination (within the framework of the B12SO-017 grant between the National Academy of Science of Belarus and the Siberian Branch of the Russian Academy of Science (2012–2014)). It is supposed that comparative analysis of dedifferentiated cell proteomic status of initial form and somaclones of medicinal herb *Agastache rugosa* (Fisch. & C.A.Mey.) Kuntze will highlight low- and high-expressing proteins-enzymes, that determine metabolomes of the somaclone callus cells, and will predict directions of BAS biosynthesis. It should be noted that the studied plants-somaclones of *A. rugosa* in comparison with the initial form are hyperproducers of flavonols and tannins (table 1).

**Table 1. Content of BAS in the initial form and the plants-somaclones of *A. rugosa***

Plant	Total content of phenolic compounds, mg/g of dry weight	Total content of tannins, mg/g of dry weight	Total content of flavonols, mg/g of dry weight
Initial form	60,0	73,0	1,46
Somaclone <i>Aga11</i>	100,0	106	10,27
Somaclone <i>Aga20</i>	85,7	138,0	5,45
Somaclone <i>Aga34</i>	75,8	97,0	6,66
Somaclone <i>Aga36</i>	67,5	–	4,27

To date we have received leaf calluses from the initial form and 4th plants-somaclones of *A. rugosa*. We have isolated total protein pools from the calluses of 3th passage by trichloroacetic acid/acetone precipitation method. We have analyzed them by 1D acrylamide gel electrophoresis

in alkaline system at denaturant conditions. The comparative computer analysis (Quantity One Basic Software (Bio-Rad Laboratories, USA)) has showed that proteomes of the leaf calluses from *A. rugosa* plants-somaclones differ among themselves and from the initial form in expression of protein series. Similarity percent between the proteomes is presented in table 2.

**Table 2. Comparative similarity matrix (in %) of the proteomes of the leaf calluses from the initial form and the plants-somaclones of *A. rugosa***

Calluse from	initial form	somaclone <i>Aga11</i>	somaclone <i>Aga20</i>	somaclone <i>Aga34</i>	somaclone <i>Aga36</i>
initial form	100	90,32	91,94	91,94	83,87
somaclone <i>Aga11</i>	90,32	100	98,39	98,39	93,55
somaclone <i>Aga20</i>	91,94	98,39	100	96,77	91,94
somaclone <i>Aga34</i>	91,94	98,39	96,77	100	91,94
somaclone <i>Aga36</i>	83,87	93,55	91,94	91,94	100

Thus, the proteomes of the *Aga20* and *Aga34* leaf calluses are closest to the initial form calluse proteome. Distinctions in 5 proteins are demonstrated and similarity percent makes 91,94. Among themselves the proteomes of the *Aga20* and *Aga34* calluses are similar to 96,97% (differ in 2 proteins). The proteome of the *Aga11* calluse is similar to the proteomes of the initial form calluse in 90,32 % (differ in 6 proteins), of the *Aga20* and *Aga34* – in 98,39 % (differ in 1 proteins), of the *Aga36* – in 83,87 % (differ in 10 proteins). The *Aga36* calluse possesses most specific proteome among all somaclone calluses: percent of distinction makes ~6,5 in relation to the *Aga11* proteome, ~8 – to the *Aga20* and *Aga34* proteomes, 16 – to the initial form calluse proteome.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В ЦБС НАН БЕЛАРУСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

Кухарева Л.В., Алексеева Е.И.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь»

Центральным ботаническим садом исследованы и разработаны новые составы биологически активных добавок (БАД) при дисфункциях щитовидной железы на основе местного лекарственного сырья, освоена технология их производства, разработаны, согласованы и утверждены в установленном порядке рецептуры, технические условия

ТУ ВУ 100233786.010-2003. В качестве перспективных растений для производства БАД были взяты: лапчатка белая (*Potentilla alba* L.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa*), бадан (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), плоды шиповника (*Rosa cinnamomea* L.), а в качестве йодных составляющих – водоросли спирулины и фукуса.

**Многоколосник морщинистый *Agastache rugosa* (лофант).** Многоколосник морщинистый, *Agastache rugosa*, относится к роду многоколосников *Agastache* Claut. Ex Cronow из семейства губоцветных *Lamiaceae* Lindl. Привлеченный в качестве объекта интродукции в коллекции Центрального ботанического сада АН Беларуси многоколосник морщинистый обнаружил хорошие адаптационные возможности в плане приспособления к почвенно-климатическим условиям Беларуси при сохранении высоких биопродуктивных показателей и репродуктивных способностей. Доказано, что многоколосник морщинистый является потенциальным источником лекарственного сырья, обладающим повышенной способностью к биосинтезу широкого спектра биологически активных соединений фенольной природы.

**Лапчатка белая (*Potentilla alba*).** Установлено наличие флавоноидов в гидролизате: кверцетин, кемпферол, цианидин. Установлено, что лапчатка является концентратом Mn, Zn, Cu, Se, а также содержит большие количества Co, Ni, Ba. Однако наиболее известным является назначение лапчатки при заболеваниях щитовидной железы,

сопровождающихся тиреотоксикозом. Тиреостатическое действие лапчатки белой доказано многочисленными экспериментами.

**Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench).** Эхинацея пурпурная – представитель семейства сложноцветных (*Asteraceae*), обладает лекарственной ценностью и является декоративной культурой. Основные действующие вещества, обладающие иммуностимулирующей активностью, – полисахариды эхинацеи, которые содержат все органы растения. Эфирное масло (цветки – до 0,5%, трава – до 0,35%, корни от 0,05 до 0,25%). Основная составная часть эфирного масла – нециклические сесквитерпены.

**Бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia*).** Это одно из древнейших полезных растений. Невысокий травянистый многолетник. В медицине применяется жидкий экстракт в качестве кровоостанавливающего и противовоспалительного средства. В листьях бадана содержится до 20% дубильных веществ, кумарины, изокумарины, фенол-глюкозид арбутин (до 22%), флавоноиды (кверцетин, кемферол), витамин С, каротин.

**Плоды шиповника (*Rosa cinnamomea* L.).** Содержат аскорбиновую кислоту (до 6%), что в 40–50 раз больше, чем у черной смородины. Мякоть плодов содержит каротин (9,75%), пектиновые вещества (14,1%), лимонную и яблочную кислоты (до 1,8%), рибофлавин (витамин В 0,03%),  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротины (провитамин А, до 18 мг%), витамины К и Р, тараксантин, рубиксантин, сахара (до 18%), пектиновые вещества (до 4%), флавоноиды: кверцетин, изокверцетин, кемферол, тилирозид, дубильные вещества (4–5%).

Исследование этих растений позволило создать серию БАД для профилактики заболеваний при дисфункциях щитовидной железы – «Гиперфит», «Гипофит», «Фитобаланс».

# ПОЛИМОРФИЗМ ЯРОВЫХ И ОЗИМЫХ СОРТОВ РАПСА (*B. NAPUS OLEIFERA* D.C.) ПО ГЕНАМ *FAE1*, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ СИНТЕЗ ЭРУКОВОЙ КИСЛОТЫ

Лемеш В.А.<sup>1</sup>, Грушецкая З.Е.<sup>1</sup>, Мозгова Г.В.<sup>1</sup>, Пилюк Я.Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии  
НАН Беларуси», Минск, e-mail: v.lemesh@igc.bas-net.by

<sup>2</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр  
НАН Беларуси по земледелию», Жодино, e-mail: iveya@list.ru

Рапс (*Brassica napus oleifera* D.C.) является естественным аллополиплоидом, геном которого образовался в результате спонтанного скрещивания капусты обыкновенной (*Brassica oleracea* L., 2n=18, С-геном) и сурепицы (*Brassica rapa* L., 2n=20, А-геном) с последующим удвоением числа хромосом и имеет яровую (*B. napus oleifera annua* Metzg.) и озимую (*B. napus oleifera biennis* Metzg.) формы.

Особенностью жирнокислотного состава рапсового масла является присутствие в нем длинно-цепочных жирных карбоновых кислот, в частности, эруковой кислоты (C<sub>21</sub>H<sub>41</sub>COOH). Эруковая кислота не утилизируется ферментной системой млекопитающих и накапливается в различных тканях, оказывая вредное влияние на рост и развитие организма. Поэтому концентрация эруковой кислоты в масле определяет пригодность сорта для использования в пищевых или технических целях. Содержание эруковой кислоты в семенах контролируется аддитивно аллелями двух генов *FAE1.1* и *FAE1.2*, кодирующими 3-кетоацил-СоА синтазу – фермент синтеза эруковой кислоты из олеил-СоА [1]. Выявлено, что к формированию растений рапса с практически нулевым содержанием эруковой кислоты приводит потеря функции гена *Bn-FAE1.2* субгенома С и гена *Bn-FAE1.1* субгенома А [2]. В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси в рамках проекта МЦП ЕврАзЭС «Инновационные биотехнологии» разработаны геном-специфические dCAPS-маркеры, которые позволяют определять гомо- и гетерозиготное состояние локуса *FAE1.1* (заявка на патент № 2012120472 от 17.05.12). С помощью разработанной методики изучен полиморфизм 13 озимых и яровых сортов рапса российской и белорусской селекции (РУП «НПЦ по земледелию НАН Беларуси», г. Жодино, Беларусь и ФГБУН Всероссийско-

го научно-исследовательского института кормов им. В.Р. Вильямса РАСХН, г. Москва).

В результате анализа генетической неоднородности сортов рапса по генам *FAE1.1* установлено, что в целом уровень гетерозиготности у озимых сортов выше, чем у яровых, что обусловлено их происхождением и повышенной толерантностью к условиям окружающей среды. Существуют данные о повышенной морозостойкости и зимостойкости высокоэруковых форм рапса по сравнению с низкоэруковыми сортами [3]. Данные эксперимента свидетельствуют о необходимости применения метода маркер-сопутствующего отбора (MAS) для селекции рапса как аллополиплоидной культуры, поскольку классические методы селекции наряду с биохимическим анализом состава масла недостаточны для выравнивания сортов по признаку наличия эруковой кислоты в масле семян.

## Список использованной литературы:

1. The inheritance of erucic acid content in rapeseed (*Brassica napus* L.) / B.L. Harvey, R.K. Downey // Can. J. Plant Sci. – 1964. – Vol. 44. – 104–111 p.
2. Restoring enzyme activity in nonfunctional low erucic acid *Brassica napus* fatty acid elongase 1 by a single amino acid substitution / V. Katavic [at al.] // Eur. J. Biochem. – 2002. – Vol. 269. – 5625–5631 p.
3. Rapacz M. Winter Hardiness, Frost Resistance and Vernalization Requirement of European Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* var. *oleifera*) Cultivars within the Last 20 Years / M. Rapacz, A. Markowski // J. Agronomy & Crop Science. – 1999. – Vol. 183. – 243–253 p.

# ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ЦВЕТКОВ РУДБЕКЦИИ ШЕРШАВОЙ КАК МОДУЛЯТОРА ГУМОРАЛЬНОГО ЗВЕНА СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА

Лукашов Р.И.

Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, r\_lukashov@mail.ru

**Цель исследования.** Определить возможности применения комплекса биологически активных соединений спиртового экстракта цветков рудбекии шершавой как модулятора гуморального звена системы иммунитета.

**Материалы и методы исследования.** Спиртовой экстракт (настойку) цветков рудбекии шершавой получали методом мацерации в течение семи дней. Экстрагент – *спирт Р (50%, об/об)*. Для настойки *спирт Р* отгоняли, затем полученный сухой остаток последовательно растворяли в воде для инъекций с целью получения различных доз экстракта рудбекии шершавой.

В качестве источника лимфоцитов использовали периферическую кровь здоровых доноров в возрасте от 20 до 40 лет. Культивирование лимфоидных клеток осуществляли в жидкой питательной среде. Лимфоциты культивировали согласно методике [1]. Концентрацию различных классов иммуноглобулинов определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа при помощи наборов «Вектор-Бест». По предварительно построенным калибровочным графикам рассчитывали содержание иммуноглобулинов различных классов в культуральной жидкости.

**Результаты исследования.** Испытуемый спиртовой экстракт, содержащий комплекс биологически активных соединений, в различных дозах усиливал продукцию иммуноглобулинов классов *G*, *M*, *A* и *E* культурой лимфоцитов в условиях *in vitro*. При воздействии на культуру лимфоцитов дозы 1 мкг сухого остатка от спиртового экстракта рудбекии шершавой, который содержал флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, антоциан, на 1 мл жидкой питательной среды

продукция иммуноглобулинов класса *G* возросла практически в два раза по сравнению с контрольными пробами (стимуляция только возбудителем – *S.aureus*).

Установлено, что максимальный положительный эффект на синтез иммуноглобулинов классов *G*, *M*, *A* и *E* культурой лимфоцитов в условиях *in vitro* наблюдался для дозы среднего уровня – 1 мкг/мл. Дальнейшее увеличение дозы в 10 раз не приводило к увеличению концентрации иммуноглобулинов классов *G*, *M*, *A* и *E* в культуральной жидкости.

**Выводы.** Комплекс биологически активных соединений спиртового экстракта из цветков рудбекии шершавой усиливал синтез иммуноглобулинов различных классов культурой лимфоцитов *in vitro*. Цветки рудбекии шершавой можно рекомендовать как модулятор гуморального звена системы иммунитета.

## Список использованной литературы:

1. Методические рекомендации по экспериментальному (доклиническому) испытанию иммуномодулирующего действия фармакологических средств / М.П. Потапнев [и др.]. – Минск, 1999. – 37 с.

## АНТИМИКРОБНАЯ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ СИРЕНИ, СОДЕРЖАЩИХ ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Любаковская Л.А., Яковлева О.А.

УО «Витебский государственный медицинский университет», г. Витебск  
e-mail: lubluda57@mail.ru

Сирень является популярным декоративным растением. Кора, листья, цветки издавна используются в народной медицине в качестве противовоспалительного, антисептического, жаропонижающего, обезболивающего средства. Сирингин (элеутерозид В), полученный из коры, используется при оценке качества лекарственных препаратов из элеутерококка колючего, настойка и сироп сирени предложены в качестве тонизирующих и иммуномодулирующих средств. Однако использование коры приводит к повреждению растения и снижению эксплуатационных запасов сырья. Поэтому актуальным является использование других частей растения (цветков и листьев). Существует определенная сложность в создании культурных плантаций для заготовки сырья, поэтому перспективным направлением является использование дополнительного источника растительного сырья – культуры клеток растений. На современном этапе особую важность приобретают работы по созданию эффективных подходов к получению *in vitro* штаммов-продуцентов, содержащих вещества, обладающие фармакологическими свойствами, что и растения *in vivo*.

Среди биологически активных веществ сирени значительный процент принадлежит фенольным соединениям (ФС), наличие которых в растении определяет такие фармакологические эффекты, как противовоспалительное, антибактериальное, противогрибковое, иммуностимулирующее и др.

Нами были проанализированы спектр и содержание ФС в экстрактах листьев и цветков интактного растения сирени и каллусной культуры различного происхождения. Спектр ФС по данным газовой, тонкослойной, высокоэффективной хроматографии в листьях и цветках сирени представлен флавоноидами (рутин, астрагалин, кемферол-3 рамноглюкозид), фенольными кислотами (кофейная, феруловая, ванилиновая гидроксикофейная, пара-гидроксибензилуксус-

ная, пара-гидроксибензойная, пара-кумаровая, о-гидроксикоричная кислота), простыми фенолами (тиразол, резорцин). Содержание суммы ФС в листьях сирени сорта «М. Шолохов» составило 23,35 мг/г, в цветках – 24,14 мг/г. Спектр ФС в каллусной культуре представлен флавоноидами (астрагалином), фенольными кислотами (пара-гидроксибензилуксусная, кофейная), фенилпропаноидами (сирингин, актеозид).

Листья, цветки интактного растения сирени и каллусная культура листового и цветкового происхождения сорта «М. Шолохов» обладают антимикробной и антиоксидантной активностью.

Степень ингибирования свободных катионных радикалов (реактив DPPH) спиртовыми извлечениями сирени составляет: 37,01±0,85% (листья), 18,20±1,25% (цветки), 17,72±0,45% (каллус листового происхождения), 4,15±0,27% (каллус цветкового происхождения); для 0,5% спиртового раствора кверцетина аналогичный показатель составил 26,24±0,65.

Антимикробная активность спиртовых извлечений листьев, цветков интактного растения сирени сорта «М. Шолохов», а также каллусной культуры листового происхождения сирени сорта «М. Шолохов» проявилась по отношению к грамположительным микроорганизмам – *Staphylococcus aureus*. Водные извлечения сирени по отношению к грамотрицательным энтеробактериям кишечной группы *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus* противомикробного действия не оказывали.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА АМАРАНТА

Магомедов И.М., Чиркова А.И.

ООО «Амарант Про», Санкт-Петербург, mim39@mail.ru

Во второй половине XX века во всем мире было начато активное интродуцирование амаранта в агрофармкомплексы различных стран. Подобные работы были предприняты и в СССР, в настоящее время они в той или иной мере подолгаются в странах СНГ. Амарант относится к растениям с  $C_4$ - путем фотосинтеза и отличается мощным ростом и высокой урожайностью. Он является одновременно зерновым, кормовым, овощным, лекарственным и декоративным растением. Для практического применения используются все части растения – листья, семена, корни. Во всех органах амаранта содержится большое количество биологически активных веществ: заменимых и незаменимых аминокислот, макро- и микроэлементов, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот, стероидов, сквалена. Зерно амаранта содержит самые качественные белок (13–19%), сбалансированный по аминокислотному составу (его Скор равен 75), и крахмал (размер крахмальных гранул – 1 микрон). Исключительная биологическая активность амарантового масла обусловлена высоким содержанием в нем сквалена (6–10%), токоферолов (до 2%), фосфолипидов (до 10%), фитостеролов (до 2%) и Омега-6 полиненасыщенных жирных кислот (до 50%). Сквален играет роль регулятора липидного и стероидного обменов, являясь предшественником целого ряда стероидных гормонов, холестерина и витамина D. Следует особо подчеркнуть, что сквален как один из главных промежуточных соединений в биосинтезе холестерина известен своей способностью снижать уровень холестерина в сыворотке крови и в печени. По содержанию сквалена (8%) масло амаранта превосходит любое другое растительное масло. Например, оливковое содержит 0,7% сквалена, масло из рисовых отрубей – 0,3%, из пшеничных отрубей – 0,1%. В медицине сквален уже давно используется как компонент лекарственных и профилактических средств. Фитостеролы тоже являются компонентами амарантового масла. По своей структуре они отличаются от холестерина только наличием этиловой (ситостерол) или метиловой (кампастерол) группы в боковой цепи и так же, как сквален,

обладают способностью снижать уровень холестерина в крови. Их содержание достигает 2%. К очень ценным составляющим масла амаранта относятся и токоферолы (витамин E), в основном в виде наиболее биологически активной триенольной формы. По данным Института питания Российской академии медицинских наук, общее содержание токоферолов в масле амаранта может составлять 2%. Это рекордный уровень по сравнению со всеми известными растительными маслами. Являясь природными жирорастворимыми антиоксидантами, токоферолы и особенно токотриенолы препятствуют свободно-радикальным реакциям, нормализуют липидный обмен, снижают уровень холестерина в крови. Антиоксидантные свойства токоферолов используются для уменьшения токсичности термически обработанных пищевых масел и для увеличения сроков хранения масел. Велико содержание в масле амаранта и фосфолипидов (10%), в которых преобладающим компонентом является фосфатидилхолин (лецитин). В настоящее время лецитин и его производные находят широкое применение как в фармацевтической промышленности, так и в парфюмерно-косметической отрасли. И, наконец, в состав масла семян амаранта входят такие важнейшие биологически активные соединения, как жирные кислоты триглицеридов, в основном линолевая кислота (до 50% от суммы жирных кислот). Вместе с тем содержание наиболее активной для нормализации холестеринового обмена Омега-3 – линоленовой кислоты – составляет всего 1%.

Таким образом, амарант является исключительно ценным источником различных биологически активных веществ. Поэтому важнейшее значение имеет наиболее эффективное использование его для сохранения здоровья населения нашей страны.

## МОЛДСТИМ КАК СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Малина Р.Б., Титова Н.В.

Институт генетики и физиологии растений АН РМ,  
Кишинев, Молдова, malinaraya@mail.ru

Растения в живой природе являются бесконечным источником разнообразных химических соединений, выполняющих определенную роль в жизненном цикле организма. Выделением и изучением свойств некоторых классов биологически активных веществ (БАВ) занимаются в лаборатории Института генетики и физиологии растений АН Молдовы под руководством д.б.н., профессора П. Кинти. Сотрудниками лаборатории было получено биоактивное вещество молдстим из семян *Capsicum annuum* L., которое прошло испытание на однолетних культурах. В исследованиях процессов роста и развития плодовых растений важное место занимает возможность их регулирования различными методами экзогенного воздействия. С этой целью в лаборатории фотосинтеза изучали влияние БАВ, установлена высокая отзывчивость яблони, саженцев абрикоса на обработку молдстимом. Нами было продолжено испытание препарата на персике.

Исследования проводили на плодоносящих 5–6-летних деревьях персика сорта «коллинс», выращенных в условиях лизиметров. В период активного роста листья опытных растений были опрысканы 0,025-процентным раствором молдстима, контрольный вариант обработан водой. В течение периода вегетации от цветения до опадения листьев по фазам развития были изучены фотосинтетический и дыхательный газообмены, транспирация с помощью прибора РТР-48, морфофизиологические показатели листьев, проведен мониторинг продукционного процесса. Обработка препаратом молдстим выявила прежде всего реакцию листового аппарата: изменились размеры, масса и площадь единичного листа. Воздействие сохранилось на протяжении всей вегетации на уровне целостного растения (табл.1).

Таблица 1. Некоторые морфофизиологические показатели листьев и продукционного процесса персика под влиянием препарата молдстим.

Вариант	Параметры одного листа				Расчет на одно дерево			
	Длина, см	Ширина, см	Площадь, см <sup>2</sup>	Масса, г	Масса листьев, г	Площадь листьев, м <sup>2</sup>	Урожай плодов, кг	Биомасса годовичного прироста, г
Контроль	15,3	3,8	45,64	0,24	313,5	6,4	4,8	1300
Молдстим	16,3	4,1	52,46	0,29	475,3	8,5	6,1	1625

Исследования дыхания листьев персика в течение месяца после обработки показали повышенную активность варианта, обработанного молдстимом. Выявлено положительное влияние препарата на ростовые процессы, содержание фотосинтетических пигментов, ассимиляцию углерода. Молдстим усиливает реальный фотосинтез, транспирацию и дыхание. Результатом внешних изменений и внутренней работы фотосинтетического аппарата стала значительная прибавка урожая плодов.

Таким образом, биологически активный препарат природного происхождения молдстим способствует более полному раскрытию потенциальных возможностей сорта.

## ИНДУКЦИЯ ОРГАНОГЕНЕЗА В КУЛЬТУРЕ ТКАНИ *CAMELIA JAPONICA* L.

Маляровская В.И.

Государственное научное учреждение Всероссийский  
научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических  
культур Российской академии сельскохозяйственных наук,  
г. Сочи, Россия, e-mail: subplod@mail.ru

Размножение ценных видов и сортов, а также сохранение биоразнообразия растений являются основными задачами биотехнологических научных центров как за рубежом, так и в России. В Субтропическом ботаническом саду Кубани (СБСК, г. Сочи) имеется коллекция перспективных сортов *Camelia japonica* L. Ее основой стали растения, привезенные из различных ботанических садов России и из-за рубежа.

Необходимость использования методов культуры *in vitro* для размножения камелии японской обусловлено тем, что многие сорта этого красивоцветущего кустарника плохо размножаются вегетативно вследствие очень низкого процента укоренения черенков, в зависимости от генотипа – от 40 до 75%. В первую очередь это относится к высокодекоративным (имеющим махровые цветки) сортам камелии.

Из литературных источников известно, что важную роль в осуществлении взаимодействия клеток, тканей и органов играют биологически активные вещества [1, 2]. Так в наших экспериментах первичное культивирование микрочеренков *Camellia japonica* проводили на питательных средах с различными концентрациями фитогормона 6-БАП и ИУК. В процессе культивирования на вариантах питательных сред с высокой концентрацией 6- БАП от 2,5 до 3 мг/л в основании микрочеренков отмечалось образование компактного каллуса светло-зеленого цвета. Полученный каллус отделяли от основания микрочеренков и микропобегов и разделяли на сегменты, помещая на питательную среду с пониженным содержанием 6-БАП – 2 мг/л и ИУК – 0,5 мг/л. Через 30 дней в каллусной ткани отмечали появление эмбриогенных зон. Одновременно на эту же питательную среду клонировали и микропобеги камелии. Активный рост микропобегов отмечался только у 54,5% от общего числа культивируемых эксплантов.

Через 3,5–4 месяца микропобеги камелии пассировали на среде с пониженным содержанием фитогормонов: 6-БАП – 0,5 мг/л, ИУК – 0,1 мг/л, и кинетин – 0,1 мг/л. При этом было отмечено положительное действие данного соотношения фитогормонов на рост и развитие пазушных почек, наблюдалось появление адвентивных побегов. К тому же при данном соотношении и концентрации биологически активных веществ не происходило образование каллусных тканей у основания микропобегов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что высокие концентрации 6-БАП – 2,5 и 3 мг/л – вызывают активный рост каллусных тканей у основания микрочеренков. Однако понижение концентрации фитогормонов: 6-БАП от 2,0 мг/л до 0,5 мг/л в соотношении с ИУК от 0,5 мг/л до 0,1 мг/л на питательной среде WPM индуцировало появление микропобегов и адвентивных почек *Camellia japonica*. При этом коэффициент размножения камелии повышался в соотношении 1:3.

### Список использованной литературы:

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе / Р.Г. Бутенко/ М. ФБК-Пресс, – 1999. 14–16 с.
2. Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацкая В.В. Технология микроклонального размножения растений / Ф.Л. Калинин, Г.П. Кушнир, В.В. Сарнацкая. – К.: Наук. думка, 1992. – 232 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *LINARIA*

Мащенко Н.Е., Кинтя П.К., Флоря В.Н., Гурьев А.  
Институт генетики и физиологии растений АН РМ, Кишинев,  
mne4747@mail.ru

Известно, что многие растения сем. *Scrophulariaceae*, в том числе рода *Linaria*, находят применение в народной, традиционной медицине и гомеопатии, поскольку обладают антибактериальными, противовоспалительными, фунгицидными свойствами. Богатый набор биологически активных соединений иридоидного, флаваноида, гликозидного характера и широкий спектр их физиологического действия, наряду с практически неограниченной сырьевой базой, делают привлекательным изучение представителей указанного семейства на наличие в них БАВов с последующим доказательством химической структуры наиболее эффективных из них.

В качестве объектов исследования нами были выбраны два вида *Linaria* – *L.vulgaris* Mill. и *L.genistifolia* (L.) Mill. – представители дикорастущей флоры Молдовы. Метанольные экстракты свежих растений, собранных в период цветения, очищали от балластных веществ хлороформом, после чего гликозидсодержащую фракцию извлекали бутанолом и многократно хроматографировали на колонках с сефадексом и силикагелем до получения индивидуальных соединений. Из *L.vulgaris* выделили 4 гликозида, а именно антирринозид, фенолкарбинол – О-β-D-Glcp, фенолкарбинол – О-β-D-(2'-О-β-Xylp)-Glcp и полученный нами впервые флаваноидный гликозид 5,4-диметилкемферол-3-О-β-D-(6''-α-L-Rhap)-Glcp, названный линарозидом V.

Из *L.genistifolia* по аналогичной схеме было получено 8 иридоидных соединений, среди которых идентифицировали антирринозид, 5-О-аллозиантирринозид, О-гликозилантирринозид, линарозид, 6-β-гидроксиантирририд, генистифолиозид. Структуру каждого соединения установили с помощью спектральных методов. Продолжается работа по определению химического строения двух новых иридоидных гликозидов из *L.genistifolia*, названных нами генистифолиозидами D и F.

В результате тестирования биологической активности очищенных гликозидных фракций из указанных выше объектов нам удалось установить на примере расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaern.), которая используется для производства высокоэффективных лечебных средств гепатопротекторного действия и биологически активных добавок, что они оказывают стимулирующее действие на процессы реализации фаз бутонизации, цветения и созревания плодов при предпосевном замачивании семян в 0,01-процентных водных растворах указанных БАВов. Следует отметить, что стимулирующее действие на процессы развития генеративных органов более выражено на растениях со средним уровнем жизнеспособности. Кроме того, семенная продуктивность опытных растений превосходила контроль в среднем на 20%, а масса семян – на 17%, причем активность гликозидов из *L.genistifolia*, хоть и незначительно, но превосходила эффективность БАВов из *L.vulgaris*.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования указанных источников для получения стимуляторов семенной продуктивности лекарственных растений, что крайне актуально в условиях возрастающего спроса на природные лекарственные средства.

## ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ *PLEUROTUS OSTREATUS*

Милевич Т.И.<sup>1</sup>, Наумов А.Д.<sup>1</sup>, Герасименя В.П.<sup>2</sup>, Захаров С.В.<sup>2</sup>, Сушко С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель,

e-mail: irb@mail.gomel.by,

<sup>2</sup> ООО «Инбиофарм», Москва, Россия;

e-mail: inbiofarm@mail.ru

Анализ опыта работы в направлении совершенствования национальной лекарственной политики с учетом рекомендаций ВОЗ показывает, что в дополнение к современным химически синтезированным препаратам, а в перспективе, возможно, и на смену, должны прийти препараты из растений с различными биологически активными веществами в своем составе. Лечение растениями (фитотерапия) является юридически и фактически неотъемлемой частью медицины. Опыт показывает, что эти вещества мягко воздействуют на организм в целом и корректируют измененные функции организма без побочных отрицательных эффектов, при этом существенно повышают общую сопротивляемость организма.

В настоящее время наиболее активное внимание в этом направлении мировой медициной уделяется поиску и разработке таких препаратов на основе базидиальных (медицинских) грибов. В качестве лечебно-оздоровительных средств и биологически активных добавок внедрен ряд препаратов, полученных в основном из плодовых тел грибов *Lentinus edodes* (ленгинан, Япония), *Inonotus obliquus* (бефунгин, Россия), *Agaricus blazei* (США), *Schizophyllum commune* (сонифилан, Япония), «Мипро-ВИТ» (РФ), *Fusarium sambucinum* Fuskel var. *ossicolum bilai* (РФ), «Микотон» (Украина), «Трамелан» (РФ), однако этого крайне недостаточно.

Для решения этой сложной проблемы одним из главных стратегических направлений фармацевтической компании «Инбиофарм» является поиск, разработка и создание нового поколения лекарственных препаратов и БАД к пище на основе природного растительного сырья. Начиная с 1997 года внимание ученых компании было обращено на исследование базидиомицелиального гриба вешенка обыкновенная, произрастающего на территории России. В результате многолетнего сотрудничества ученых Института радиобиологии

НАН Беларуси и московских коллег во главе с заслуженным деятелем науки РФ, доктором технических наук, профессором Герасименей В.П. удалось разработать ряд препаратов, полученных из мицелия вешенки обыкновенной, выращенного в асептических условиях искусственного культивирования с использованием принципиально новых технологий.

Препараты из вешенки обыкновенной производятся в виде 3-х форм, а именно:

– «Экстракт мицелия вешенки», которая зарегистрирована в РФ и РБ как БАД «Оводорин» (гель) по ТУ 9317-01-87552538-08. Свидетельство о государственной регистрации в РФ № 77.99.23.003.Т.002.12.08 г. от 11.12.2008 г. Удостоверение о государственной гигиенической регистрации в РБ 08-33-0.386425 от 03.06.2010 г.;

– «Экстракт мицелия вешенки «Оводорин» (сироп) по ТУ 9317-02-87552538-08. Свидетельство о государственной регистрации в РФ № 77.99.23.003.Т.003131.12.18 от 22.12.2008 Удостоверение о государственной гигиенической регистрации в РБ 08-33-0.386427 от 03.06.2010 г.;

– в виде нативной биомассы гриба, получаемой в результате лиофильной сушки мицелия вешенки и размельченной до стадии мелкодисперсного порошка (препарат подготовлен к регистрации).

Нами установлено, что в препаратах из мицелия вешенки сохранено свыше 70 полезных биологически активных веществ в их естественных природных соотношениях, которые и определяют их высокую биологическую активность.

Разработанные нами препараты обладают противоопухолевой активностью, иммуномодулирующим, противовоспалительным, гепатопротекторным, гиполипидемическим, радиозащитным действием, стимулируют выработку собственных половых гормонов: эстрогенов – у женщин и тестостерона – у мужчин.

# АЛКАЛОИДЫ РЯДА ПИРРОЛО[1, 2-В]ПИРАЗОЛА: ВИТАСОМНИН И ЕГО СТРУКТУРНЫЕ АНАЛОГИ

Михаленок С.Г., Кузьменок Н.М.

Белорусский государственный технологический университет, Минск,  
e-mail: serge\_msg@yahoo.com

Первый из алкалоидов группы витасомнина был выделен в начале прошлого века из корней *Withania somnifera*, *Newbouldia laevis* и *Elytraria acaulis*, широко используемых в этномедицинской практике в Африке и Индии, путем обработки аморфного основания водным раствором щелочи. После спектральных и химических исследований в 1966 г. ему была приписана структура 5,6-дигидро-3-фенил-4*H*-пирроло[1,2-*b*]пиразола и дано название «витасомнин». Более двух десятилетий витасомнин считался уникальным алкалоидом с пирроло[1,2-*b*]пиразольным скелетом. И только сравнительно недавно еще пять алкалоидов сходного строения были выделены из растений *Newbouldia laevis* и *Elytraria acaulis* – 4'-гидроксивитасомнин, 4'-метоксивитасомнин, ньюбоулдин, 4'-гидрокси-ньюбоулдин и 4'-метокси-ньюбоулдин. Несмотря на присутствие двух асимметрических центров в молекулах 3-арил-3*a*,4,5,6-тетрагидро-3*H*-пирроло[1,2-*b*]пиразолов, выделенные алкалоиды не проявляют оптической активности, и, следовательно, в природе они находятся в виде рацемических смесей.

Как показали исследования биологической активности, витасомнин и его аналоги неактивны против золотистого стафилококка и не цитотоксичны для клеток линии KB. В то же время сам витасомнин проявил себя как спазмолитик и депрессант центральной и периферической нервной системы, а также как мягкий анальгетик, что проясняет традиционное лечебное действие экстрактов, содержащих данные алкалоиды (общеукрепляющее, адаптогенное, стресс-протекторное, улучшающее метаболизм мозга, иммуностимулирующее, противовоспалительное и др. действия).

Так как витасомнин содержит пиразольное ядро, которое ранее не встречалось в природных алкалоидах, представляло интерес выяснить, каким образом подобная уникальная молекула формируется в растениях. Онака опубликовал биогенетическую гипотезу синте-

за витасомнина [1]. Он предположил, что витасомнин образуется из β-фенилаланина и Δ1-пирролина, который в свою очередь конструируется из орнитина. Эта гипотеза представлялась вероятной, учитывая, что и другие алкалоиды из корней *Withania Somnifera Dunal* также могут происходить из Δ1-пирролина, и была подтверждена в реальном трехстадийном синтезе с использованием в качестве лабораторного варианта биогенетических интермедиатов бензилцианида и *O*-метилбутиролактама.

Нами разработан и реализован препаративный синтез витасомнина и его функционализированных производных по пиразольному и пиррольному циклам, а именно, содержащих галоген-, гидроксид-, карбокси-, алкилкарбоксы группы на основе ненасыщенных оксиранилкетониров [2]. Формирование пиразольного кольца осуществляли реакцией 1,3-диполярного присоединения диазосоединений (диазометан, диазоуксусный эфир) с выделением замещенных пиразолинов со скрытой функциональностью. Ароматизация пиразолинового кольца в присутствии алкоголятов спиртов позволила через ключевые γ-замещенные пропионилпиразолы перейти к оксигенированным производным витасомнина. Последние были восстановлены в витасомнин и его метилзамещенные аналоги.

## Список использованной литературы:

1. Onaka T. Biogenetic-type three-step synthesis of withasomnine / T. Onaka // *Tetrahedron Lett.* – 1968. – Vol. 9, № 54. – 5711–5714 p.
2. Mikhalenok S.G. Alkaloids of the pyrrolo[1,2-*b*]pyrazole series: Synthesis of withasomnine and its analogs / S.G. Mikhalenok, N.M. Kuz'menok, A.M. Zvonok // *Selected methods for synthesis and modification of heterocycles* / Ed. by V.G. Kartsev. – M.: IBS Press, 2002. – Vol. 1. – 312–333 p.

## ОСОБЕННОСТИ ФЕНОЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ РОДА SYRINGAL. *IN VIVO И IN VITRO*

Молканова О.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»,  
Москва, molkanova@mail.ru

Общепризнано, что фенольные соединения являются одними из наиболее распространенных в тканях высших растений вторичных метаболитов. Они участвуют в основных процессах жизнедеятельности растительных клеток: фотосинтезе, дыхании, а также защите от стрессовых факторов биотического и абиотического происхождения.

В последнее время большое внимание исследователей обращено на комплексное исследование рода *Syringa L.*, который характеризуется высокой способностью к синтезу вторичных соединений, в том числе фенольной природы.

Генетическая идентификация модельных представителей коллекции рода *Syringa* основывается не только на молекулярно-генетических маркерах, но и на биохимических показателях.

Известно, что способность к синтезу полифенолов во многом зависит от уровня дифференциации культивируемых клеток и тканей. В качестве объектов исследования были использованы маточные растения, микропобеги на стадии размножения и адаптированные регенеранты четырех сортов сирени («АмиШотт», «примроз», «сенсация», «экселлент»).

С использованием биохимических маркеров изучена степень генетического разнообразия различных представителей рода *Syringa*, находящихся на разных этапах онтогенеза. На модельных видах и сортах рода *Syringa* определены сумма растворимых фенольных соединений, содержание флаванов и флаванолов.

Отмечена четкая тенденция в изменении накопления фенольных соединений: в культуре *in vitro* способность к синтезу фенольных соединений у микропобегов снижается в 3–5 раз, а при адаптации регенерантов к нестерильным условиям – возрастает, постепенно достигая уровня интактных растений. Аналогичные результаты получены у представителей семейств Ericaceae и Moraceae.

По накоплению флаванов в листьях особенно выделяется сорт «АмиШотт». Содержание флаванов в листьях этого сорта значительно выше, чем у других сортов как по абсолютному, так и по относительному значению. Возможно, это связано с более интенсивной окраской цветков данного сорта.

По содержанию флавонолов выделяется сорт «сенсация», в котором отмечена повышенная интенсивность их накопления.

По способности к синтезу фенольных соединений, для всех изученных сортов установлено отсутствие существенных различий, кроме сорта «сенсация», у которого отмечены повышенная интенсивность синтеза и накопления фенольных соединений. Это может быть объяснено мутантной природой данного сорта.

На основе совершенствования технологии клонального микро-размножения видов и сортов и отборных форм сирени в ГБС РАН создан и постоянно пополняется банк *in vitro* представителей рода *Syringa*, который является самым представительным в России, насчитывающий более 140 наименований.

## ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СУММАРНЫХ ЭКСТРАКТОВ В СИСТЕМЕ БИОТЕСТОВ

Мурсалиева В.К., Нам С.В.

Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан,  
gen\_mursal@mail.ru

Целью работы являлось изучение рострегулирующей активности суммарных экстрактов биологически активных веществ, выделенных из некоторых растений флоры Казахстана: солодки уральской *Glycyrrhiza uralensis*, цинномориума джунгарского *Cynomorium songaricum*, цистанхе солончаковой *Cistanche salsa*, гармалы обыкновенной *Peganum harmala*, горец волнистого *Polygonum alpinum*, лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria*, родиоллы четырехчленной *Rhodiola quadrifida*.

Из собранного на территории республики растительного сырья перечисленных видов были получены суммарные экстракты способом последовательного настаивания в дихлорметане, этиловом спирте, дистиллированной воде с последующей перегонкой на ротаторном испарителе. Полученные препараты, содержащие комплекс биологически активных веществ далее оценивали методом биопробы на укоренение черенков фасоли (по методу Р.Х. Турецкой) и на семенах однодольных и двудольных растений (по методу Ю.В. Ракитина и В.Е. Рудник).

Первичная биологическая оценка экстрактов на прорастание пшеницы сорта «мироновская 808» и огурца сорта «ТСХА-98» по длине и общей массе корней выявила селективное действие спиртовых экстрактов *C. sangaricum* и *C. salsa* на прорастание семян однодольных и двудольных растений. На семенах пшеницы выявлена явно ингибирующая активность экстрактов *C. sangaricum* (55–59%), на семенах огурца эти же экстракты проявили стимулирующий эффект при концентрациях 0,1 и 1 мг/л (до 151%). Спиртовые извлечения из надземной части *C. salsa* существенно не влияли на семена пшеницы, но оказывали тормозящее действие на прорастание семян двудольных (до 57%). Водный экстракт из корней вызывал стимулирование процесса роста семян до 141%.

В опытах на укоренение черенков фасоли большинство экстрактов достоверно не влияли на укореняемость или угнетали процесс кор-

необразования при внесении низких концентраций. Так, экстракты *C. sangaricum* обладали ингибирующим действием до 55% по отношению к контролю (вода) при концентрации 0,1 мг/л.

Обработка черенков спиртовым и водным экстрактами *R. quadrifida* в концентрациях 10 мг/л и 1 мг/л повышала частоту ризогенеза до 167%. Низкая концентрация водного экстракта из этого вида растений ингибировала ризогенез до 67%.

Спиртовые экстракты, выделенные из надземной части *G. uralensis* и всего растения *C. Sangaricum*, обладали ярко выраженным стимулирующим действием по сравнению с контролем. Биологическая активность экстрактов *G. uralensis* составила 352% при 10 мг/л и 520% – при низкой концентрации 0,1 мг/л. У спиртовых экстрактов *C. sangaricum* более эффективное воздействие (633%) отмечалось при высокой дозе 10 мг/л, а у водных экстрактов – при низкой концентрации 0,1 мг/л (156%).

Таким образом, проведенная оценка биологической активности в системе биотестов позволила выявить рострегулирующий эффект спиртовых экстрактов, выделенных из растений *Glycyrrhiza uralensis*, *Rhodiola quadrifida*, водных экстрактов из корней *Cistanche salsa* и всего растения *Cynomorium sangaricum*. Дальнейшие исследования предполагают фитохимический анализ изученных растений и дальнейшее изучение их биологической активности в различных модельных системах.

# РЕГУЛЯЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ В КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЕ *CAMELLIA SINENSIS* L. ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ЭКЗОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ФЕНОЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Нечаева Т.Л., Загоскина Н.В.

ФГБУН «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН»,  
e-mail: NechaevaTatyana.07@yandex.ru

Фенольные соединения (ФС) высших растений – это биологически активные вещества (БАВ) вторичного метаболизма, которые в последние годы наиболее широко и успешно используются в фармакологии и медицине. Лекарственные препараты на их основе обладают капилляроукрепляющим, противовоспалительным, антисклеротическим, противолучевым и противоопухолевым действием.

ФС синтезируются во всех растительных тканях. Функции их чрезвычайно разнообразны и связаны с процессами фотосинтеза, дыхания, а также защиты растений. В последнем случае их накопление обычно возрастает, что обусловлено важной ролью этих соединений вторичного метаболизма в системе антиоксидантной защиты клеток от активных форм кислорода, которые образуются при действии стрессовых факторов.

Одним из успешных и перспективных подходов для получения БАВ, в том числе и фенольной природы, являются культуры клеток и тканей высших растений, сохраняющие в условиях *in vitro* способность к образованию вторичных метаболитов, характерных для исходных эксплантов. И в этом случае можно использовать каллусные культуры чая, обладающие высокой способностью к образованию различных ФС, в том числе и флаванов, обладающих Р-витаминной капилляро-укрепляющей активностью. Поскольку важной задачей является поиск факторов и условий, способствующих повышению уровня этих веществ в клеточных культурах, то была предпринята попытка воздействовать на них экзогенными ФС.

В последнее время отмечается значительный интерес к такому соединению фенольной природы, как салициловая кислота (СК), которая является сигнальной молекулой, а также эндогенным регулятором роста растений. Ее ближайшим аналогом является

п-оксибензойная кислота (ОК), роль которой в метаболизме растений требует дальнейших исследований.

Целью работы являлось сравнение действия СК и ОК на образование различных ФС в гетеротрофных и фотомиксотрофных каллусах чайного растения.

Каллусные культуры чая (*C. sinensis* L., грузинская разновидность) выращивали на модифицированной питательной среде Хеллера при 26°C, 70% влажности, в темновых или световых (16-час. фотопериод) условиях (гетеротрофная и фотомиксотрофная культуры, соответственно). Длительность пассажа составляла 45 дней. В опытных условиях 20-дневные каллусы выдерживали 1 час в водных растворах СК или ОК (10-3 – 10-6М), а затем помещали на свежую питательную среду и выращивали в течение 10 дней. Все операции проводили в асептических условиях. ФС извлекали из каллусных культур 96-процентным этанолом. Содержание суммы ФС определяли с реактивом Фолина-Дениса (725 нм), содержание флаванов – с ванилиновым реактивом (500 нм).

СК и ОК вызывали различные ответные реакции у каллусных культур чайного растения. В фотомиксотрофной культуре при действии СК содержание суммы ФС и флаванов снижалось по сравнению с контролем, хотя доля флаванов в составе фенольного комплекса культур возрастала. В гетеротрофной же культуре накопление ФС в большинстве случаев увеличивалось (на 10–20% по сравнению с контролем), тогда как содержание флаванов не менялось. Что касается ОК, то в фотомиксотрофной культуре при ее воздействии содержание всех форм ФС повышалось, а в гетеротрофной – снижалось.

Все это свидетельствует о том, что два близких по своей структуре ФС – СК и ОК оказывали различное действие на фенольный метаболизм каллусных культур чайного растения, зависящее как от их концентрации, так и от «типа» культур *in vitro* (гетеротрофная, фотомиксотрофная).

## СОДЕРЖАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В КЛЕТОЧНОЙ И ТКАНЕВОЙ КУЛЬТУРЕ *HEDYSARUM THEINUM* KRASNOB

Новикова Т.И.<sup>1</sup>, Эрст А.А.<sup>1</sup>, Кузовкова А.А.<sup>2</sup>, Банаев Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад СО РАН»,  
г. Новосибирск, e-mail: tin27@mail.ru

<sup>2</sup>ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,  
г. Минск, e-mail: floraia@nm.ru

Культура тканей и клеток растений является потенциальной системой для продуцирования множества вторичных метаболитов, имеющих лекарственное значение. Однако следует указать, что в большинстве случаев биосинтез соединений в культуре *in vitro* протекает не так активно, как в исходных растениях. Используют несколько стратегий усиления продукции вторичных метаболитов – усовершенствование исходных сортов растений, отбор высокопродуктивных клеточных линий, оптимизацию сред культивирования и, наконец, направленную регуляцию биосинтеза в клеточных культурах растений желаемых соединений. Разработке последней стратегии мешает недостаточность фундаментальных знаний о биосинтетических циклах и механизмах продуцирования растительных метаболитов. Применение современных подходов к исследованию биологических процессов при переходе клеток растений от дифференцированного к дедифференцированному состоянию на основе сочетания протеомного и метаболомного анализов могут открыть пути прогнозирования уровней накопления ценных вторичных метаболитов и сделать возможным подбор веществ, позволяющих направленно регулировать накопление БАВ.

*Hedysarum theinum* (копеечник чайный, красный корень) обладает уникальным фитохимическим составом, что обуславливает широкий спектр его лекарственного действия – противовоспалительного, бактерицидного, спазмолитического, иммунопротекторного, антиоксидантного и др. В результате практики массовой заготовки сырья копеечник чайный находится на грани исчезновения, а чрезвычайно медленный рост делает этот вид особенно уязвимым. Ценные целебные свойства копеечника, ограниченность распространения и биологические особенности являются предпосылками для разработки биотехнологических приемов его культивирования.

Основная задача исследования – провести сравнительный анализ протеомного и метаболомного статуса дифференцированных тканей копеечника чайного из природных популяций и полученных *in vitro* растений, а также дедифференцированных (каллусных) клеток, с целью идентифицировать ключевые белки, ответственные за биосинтез биологически активных веществ, и разработать подходы к направленной регуляции метаболизма данного лекарственного растения.

В настоящее время получены и адаптированы растения-регенеранты *H. theinum*, инициированы каллусные культуры стеблевого и корневого происхождения. Проведен биохимический анализ различных типов эксплантов копеечника чайного из двух ценопопуляций.

Работа выполнена при поддержке проекта фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН (№ Гос. регистрации 01201282772).

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ – ОСНОВА ПОЛУЧЕНИЯ БАВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Носов А.М.<sup>1</sup>, Спиридович Е.В.<sup>2</sup>, Фоменко Т.И.<sup>2</sup>, Решетников В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН»,  
e-mail: ifr@ippras.ru

<sup>2</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук  
Беларуси», Минск, e-mail: E.Spirydovich@cbg.org.by

Основными способами получения сырья для производства лекарственных растительного происхождения являются сбор дикорастущих растений или их плантационное культивирование. В последнее время активно разрабатываются биотехнологические способы производства возобновляемого растительного сырья путем крупномасштабного выращивания клеток и тканей растений *in vitro*. Для этих способов принципиально важным является наличие специализированных коллекций для хранения промышленных штаммов-продуцентов, меристем ценных с/х культур и других растительных объектов *in vitro*. В ряде зарубежных стран подобные коллекции сформированы и эффективно функционируют. Помимо растущих коллекций, организованы криобанки, где образцы растительного материала сохраняют в жидком азоте.

Многие лекарственные растения относятся к редким, исчезающим или эндемичным видам, поэтому их содержание в биотехнологических коллекциях является важным не только для получения возобновляемого лекарственного сырья, но и для сохранения биоразнообразия, они сохраняются как национальное достояние и охраняются законом. Среди европейских коллекций можно отметить коллекцию в Германии, где поддерживают более 700 образцов различных линий культур клеток, которые принадлежат к 80 различным семействам растений, причем большинство этих культур синтезируют фармакологически важные вторичные метаболиты. Российская коллекция клеточных культур, учрежденная в 1978 году, в настоящее время включает 9 коллекций, в том числе и две специализированные коллекции при Институте физиологии растений имени К.А.Тимирязева (ИФР РАН): культур клеток высушенных растений (ВККК ВР) и генетически трансформированных корней.

Криобанк Отдела биологии клетки и биотехнологии ИФР РАН, в котором хранятся как культуры клеток, так и меристемы ценных с/х культур, был организован более 30 лет назад в числе первых в мире. Вначале был разработан метод криосохранения меристем картофеля, к настоящему времени, помимо меристем картофеля, в криобанке ИФР РАН хранятся меристемы около 30 сортов земляники, несколько сортов малины и черной смородины. В 2005 г. Центральный ботанический сад НАН Беларуси получил Свидетельство на коллекцию асептических культур хозяйственно-полезных растений. В течение 2011–2012 годов в состав коллекции включены лекарственные растения: лофант морщинистый (*Agastache rugosa*), кадило сарматское (*Melitis sarmatica*), наперстянка (*Digitalis purpurea*, *D. lanata*, *D. grandiflora*), рута душистая (*Ruta graveolens* L.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi), синюха голубая (*Polemonium coeruleum* L.), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.), воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale* L.), стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni), зверобой кустарниковый (*Hipericum hidcote*), полынь белойоочная (*Artemisia hololeuca*), расторопша пятнистая (*Silybum marianum*); виды и сорта сирени (*Syringa* L.), пальчатокоренника (*Dactylorhiza* Neck.).

В практике создания, поддержания и использования биотехнологических коллекций существуют следующие направления, связанные с получением БАВ: сохранение лекарственных генетических ресурсов путем создания криобанков и банков депонирования растительного материала *in vitro*; клональное микроразмножение растений (включая соматический эмбриогенез) для быстрого размножения селекционных достижений и производства высококачественного посадочного материала; методы генетической трансформации для создания новых форм растений с заданными признаками; использование культуры растительных клеток и тканей как суперпродуцентов биологически активных веществ; биотехнологии промышленного получения природных фитопрепаратов различного назначения.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕКОТОРЫХ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИИ НБС – ННЦ

Палий А.Е., Ежов В.Н., Гребенникова О.А., Корнильев Г.В.,  
Палий И.Н., Работягов В.Д.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта,  
onlabor@yandex.ru

Биологическая ценность пряно-ароматических и лекарственных растений определяется содержанием в них широкого спектра биологически активных веществ, в частности, летучих соединений, фенольных веществ и витаминов.

Расширение ассортимента пищевых и косметических продуктов на основе растительного сырья с повышенной биологической ценностью является особо актуальным в настоящее время. С первых лет существования Никитского ботанического сада его сотрудники занимаются изучением пряно-ароматических растений. В настоящее время ведутся работы по интродукции, селекции, определению химического состава и разработке технологии переработки растительного сырья. Собрана коллекция, насчитывающая более 350 видов растений, которая позволяет проводить широкие исследования для удовлетворения потребностей пищевой, медицинской, парфюмерно-косметической промышленности. Кроме того, многие ароматические и лекарственные растения могут быть использованы в декоративном садоводстве для создания парковых композиций, имеющих не только декоративно-эстетическое, но и лечебно-профилактическое значение. В ходе многолетних селекционных работ сотрудниками НБС выделен ряд новых сортов и форм пряно-ароматических растений, отличающихся высоким содержанием эфирного масла.

Цель работы: охарактеризовать основные биологически активные вещества ряда пряно-ароматических растений, выращенных в условиях Южного берега Крыма.

С помощью химических и хроматографических методов установлен качественный и количественный состав фенольных соединений, летучих компонентов и веществ, обладающих витаминной активностью водно-этанольных экстрактов следующих видов: сем. Lamiaceae – *Thymus vulgaris* L., *Hissopus officinalis* L. «Никитский

белый», *Mentha arvensis* L., *M. longifolia* L., *Origanum vulgare* L.; сем. Asteraceae – *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. «Ветвистый», *A. annua* L. «Новачок», сем. Apiaceae – *Levisticum officinale* W.D.J. Koch. Растительное сырье высушивали в проветриваемом темном помещении до постоянной массы. Экстракцию проводили 50-процентным этиловым спиртом, при соотношении сырья и растворителя 1:10, настаиванием в течение 10 суток при комнатной температуре.

Максимальным содержанием летучих соединений отличались водно-этанольные экстракты *Th. vulgaris* – 2,1 г/100 г (в пересчете на воздушно-сухое растительное сырье), *A. annua* – 1,5 г/100 г и *M. longifolia* 1,0 г/100 г. Концентрации летучих веществ в экстрактах остальных исследованных растений колебались в пределах от 0,4 г/100 г (*L. officinale*, *M. arvensis*, *A. scoparia*) до 0,6 г/100 г (*H. officinalis*, *O. vulgare*).

Максимальные концентрации фенольных веществ выявлены в экстрактах *A. annua* (4,0 г/100 г), *L. officinale* (3,4 г/100 г) и *O. vulgare* (3,0 г/100 г), минимальные – в экстракте *H. officinalis* (0,5 г/100 г). Компонентный состав фенольных соединений исследованных экстрактов представлен в основном флавоноидами и гидроксикоричными кислотами. В экстракте *A. scoparia* также выявлено высокое содержание кумаринов (1,0 г/100 г). Среди гидроксикоричных кислот во всех исследованных видах идентифицированы кофейная, розмариновая, хлорогеновая кислота и ее изомеры. Флавоноиды видов сем. Lamiaceae и Asteraceae представлены флавонами: лютеолином, апигенином и их гликозидами. В экстракте любистка, представителя сем. Apiaceae, обнаружены гликозиды флавонолов кверцетина и кемпферола. Для всех исследованных экстрактов характерны сравнительно невысокие концентрации аскорбиновой кислоты – до 20 мг/дм<sup>3</sup> (*A. scoparia*) и каротиноидов – до 3 мг/дм<sup>3</sup> (*Th. vulgaris*).

Таким образом, повышенной биологической ценностью обладают виды: *Th. vulgaris*, *A. annua*, *O. vulgare*, *L. officinale*, которые, как наиболее перспективные, можно рекомендовать для дальнейшего более полного изучения.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЙ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В БЕЛАРУСИ

Паромчик И.И., Решетников В.Н., Войцеховская Е.А., Сергеевко Н.В.  
ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
Paromchik@mail.ru

Изучение биологически активных веществ пряно-ароматических и других растений приобретает все большее значение из-за перспективности и актуальности.

Цель работы – определить биологически активные вещества ряда пряно-ароматических растений и плодов, интродуцированных в Беларусь для разработки возможностей их использования в технологиях получения новых пищевых продуктов и добавок функционального назначения. Нами представлены данные о содержании биологически активных веществ (фенольных соединений, флавоноидов, эфирных масел, витаминов и др.) в зеленой массе *Metha piperite* L., *Origanum vulgare* L., *Melissa officinalis* L. и плодах *Hiphophas ramnoides* L., *Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers., *Rosa Acicularis* L.

Из исследованных растений самое высокое содержание фенольных соединений, флавонолов, катехинов с лейкоантоцианами отмечено в зеленой массе мяты перечной и душицы, мг%: 6500–6600, 800–1000, 110–211, соответственно. У мяты перечной также самый высокий выход эфирных масел (до 2,7%), основными компонентами которого являются ментол (30–65%) и ментон (10–24%).

У душицы и Melissa выход эфирных масел находится в пределах 0,1–0,3%. Основные компоненты эфирного масла душицы – тимол (30–45%), Melissa – цитраль (40–50%). Плоды облепихи крушиновидной содержат  $\beta$ -каротин 8,5–11,0 мг%, дубильных веществ – 0,1–0,5%, общих сахаров – 3,5–7,5%, фосфолипидов – 0,6–1,0%, витаминов, мг%: С – до 200, В<sub>1</sub> – 0,25–0,30, В<sub>2</sub> – 0,25–0,40, Е – 10–12. Плоды шиповника содержали:  $\beta$ -каротин – 8,2–9,2 мг%, общие сахара – 19,8–22,9%, витамин С – до 3000 мг%; сумма фенольных соединений составляла до 2030 мг%, катехинов и лейкоантоцианов – 190,0–350,0 мг%, флавонолов – 300,0–800,0 мг%. В плодах клюквы крупноплодной сумма фенольных соединений находилась в пределах 800–950 мг%, катехинов и лейкоантоцианов – 185,0–188,0 мг%, флавонолов – до 180 мг%.

Таким образом, исследованные нами представители растений характеризуются довольно высоким содержанием биологически активных веществ, что обуславливает их высокую антиоксидантную активность. Это дало нам возможность использовать их для разработки функциональных пищевых добавок, экспандированных продуктов, СО<sub>2</sub>-экстрактов, сухих пищевых концентратов, витаминизированных продуктов.

Работы проводили совместно с ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», РУП «Инженерно-технологический центр «Плодоовощпроект», Oddzialu Koncentratow KONCLAB Spozywczych i Produktow Skrobiowych IBPAS (г. Познань, Варшава).

На созданные продукты разработаны и утверждены необходимые НТПА. Выпуск СО<sub>2</sub>-экстрактов осуществлен на РУП «Экзон» (г. Дрогичин, Брестская обл.), витаминизированных и других продуктов – на ОАО «Лидапищеконцентраты» и других предприятиях Республики Беларусь.

## ЛЕКТИНЫ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Поспелов С.В., Шершова С.В., Поспелова А.Д.  
Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава,  
e-mail serg\_ps@mail.ru

Химический состав эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) достаточно хорошо изучен благодаря широкому использованию ее сырья для изготовления препаратов и многочисленных пищевых добавок, обладающих иммуномодулирующими свойствами. Проведенные нами исследования [1] указывают, что все части и органы эхинацеи пурпурной содержат лектины – белковые соединения неиммунной природы. На наличие лектинов у эхинацеи обращают недостаточно внимания, хотя представляет значительный интерес изучить возможные полисахаридно-лектиновые комплексы в связи с иммуномодулирующими свойствами извлечений из эхинацеи пурпурной.

Агглютинирующую активность определяли в воздушно-сухих образцах эхинацеи пурпурной сорта «зирка Мыколы Вавылова», выращенной в Полтавской области. Оценку проводили методом агглютинации с помощью эритроцитов крови человека в нашей модификации, и выражали в баллах [1]. Из экстрактов эхинацеи методом низкотемпературного этанольного фракционирования выделяли лектины. В качестве биологического теста использовали пыльцу табака крылатого (*Nicotiana glauca* Link. & Otto), которую проращивали методом висячей капли по И.Н. Голубинскому [2].

Следует указать, что у растений первого года достаточно высокую активность лектинов определяли в экстрактах корневищ с корнями (4,0–6,5 балла) и низкую – в листовых пластинках (0,5 балла). При переходе к генеративному периоду развития (второй год вегетации) также отмечали высокий уровень активности лектинов в корневищах с корнями на протяжении всего вегетационного периода (6,0–9,0 балла). Достаточно высокой она была в стеблях (4,5–7,0 балла), и сохранялась там даже после созревания семян. При образовании соцветий активность агглютининов увеличивалась по мере их формирования и достигала своего максимума при цветении корзинок (2,0–6,0 балла). Следует отметить, что лектины определялись в розеточных листьях (до 3,5 балла) и практически не определялись в

стеблевых. Таким образом, сырье эхинацеи содержит фитолектины высокой активности.

Результаты изучения биологической активности лектинов частей и органов эхинацеи пурпурной свидетельствует о специфическом их влиянии на прорастание и рост пыльцевых трубок табака крылатого. Лектины корневищ с корнями увеличивали процент прорастания пыльцы в концентрациях  $10^{-3}$ – $10^{-9}$ % максимум на 14,3%. Увеличение энергии прорастания отмечалось в разведениях  $10^{-3}$ – $10^{-4}$ % на 4,7–8,2%. Фитолектины, выделенные из соцветий, незначительно влияли на количество прорастаемой пыльцы только в разведениях  $10^{-5}$ % и  $10^{-10}$ %, однако эффективно повышали энергию прорастания до 18,1% в концентрациях  $10^{-4}$ – $10^{-10}$ %. Оценка активности агглютининов стеблей свидетельствует об увеличении процента прорастания в концентрациях  $10^{-3}$ – $10^{-7}$ % (максимум на 16,3%) и стимуляции роста пыльцевых трубок в разведениях  $10^{-6}$ – $10^{-9}$ %, которая достигала 74%. Лектины листьев проявляли положительное действие на прорастание пыльцевых зерен в разведениях от  $10^{-3}$  до  $10^{-10}$ % (максимально на 41% в концентрации  $10^{-7}$ %). Значительное увеличение длины пыльцевых трубок отмечалось в концентрациях  $10^{-3}$ – $10^{-6}$ %, до 54% по отношению к контролю. Дальнейшее изучение открывает перспективу использования выделенных и очищенных лектинов эхинацеи пурпурной в качестве экзогенных стимуляторов роста, биотехнологии и молекулярной биологии.

### Список использованной литературы:

1. Поспелов С.В. Лектины представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench). 2. Особенности активности в онтогенезе *Echinacea purpurea* (L.) Moench. // С.В. Поспелов, А.Д. Поспелова – Химия растительного сырья. – 2012. – № 3. – 149–156 с.
2. Голубинский И.Н. Биология проращивания пыльцы // И.Н. Голубинский – К.: Наукова думка, 1974. – 352 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ФИТОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Прилуцкая О.Е.<sup>1</sup>, Друженя Д.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>БрГТУ, Брест, bstu2006@yandex.ru

<sup>2</sup>БрГТУ, Брест, nicei@yandex.ru

По данным немецких ученых, воздух, которым мы дышим, содержит более 1000 вредных веществ, в том числе около 250 высокотоксичных и порядка 15 канцерогенных соединений. При этом даже самые современные технические средства не всегда способны обеспечить здоровую воздушную среду помещений. Значительного улучшения воздушной среды закрытых помещений можно добиться, используя для озеленения определенные растения.

Актуально изучение возможностей декоративных растений как фитофильтров для очистки воздушной среды помещений от формальдегида и других соединений, поскольку индикаторами качества воздуха в жилых помещениях, по международным стандартам, являются два химических соединения – бензопирен и формальдегид, относящиеся к канцерогенам. Например, в результате экспериментов у 2 опытных видов рода *Ficus* было выявлено снижение концентрации формальдегида от 10 до 50% по сравнению с контролем. К группе растений-фитофильтров, поглощающих из воздуха вредные газы, относятся такие распространенные виды, как хлорофитум хохлатый, фикус Бенджамина, некоторые виды семейства бромелиевых. Поглотительные свойства растений зависят от их состояния. Увлажненные листья поглощают газ в 2–3 раза интенсивнее сухих. Опущенность же растений, с одной стороны, способствует удалению из атмосферы пыли, но с другой – тормозит поглощение газов. Некоторые растения, например, бегония, особо чувствительны к присутствию загрязнителей в воздухе (сохнут края листьев) и могут служить индикаторами загрязнения [1].

При размещении растений надо учитывать радиус фитонцидного действия растений: бактерицидного – до 3 м, бактериостатического (когда бактерии не погибают полностью, но теряют способность к размножению) – до 5 м. Поэтому размещать растения надо по воз-

можности равномерно. Рекомендованное количество растений: на комнату объемом 100 м<sup>3</sup> – около 20 экземпляров. Для эффективной очистки площадь листьев растений в комнате объемом 100 м<sup>3</sup> должна быть от 1,5 до 3 м<sup>2</sup>. Рекомендуемые нормы: при устройстве зимнего сада растения могут занимать до 40% площади помещения, фитокомпозиции (например, в жилой комнате) – 20% от площади помещения [2]. Не надо забывать, что размещение должно обеспечивать благоприятные условия для самих растений (освещенность, влажность, температура). Сильно влияет на образование фитонцидов и освещенность. Значительное ослабление фитонцидной активности происходит при физиологической депрессии, вызванной, например, дефицитом влаги, низким уровнем питания. Таким образом, зная зависимость интенсивности образования фитонцидов от состояния и условий выращивания растений, можно контролировать этот процесс.

Использование экологического фитодизайна актуально как в производственных помещениях, так и в любых жилых помещениях, офисах, учреждениях.

## Список использованной литературы:

1. Казаринова Н.В., Ткаченко К.Г. Здоровье дарят комнатные растения / Н.В. Казаринова, К.Г. Ткаченко – С.-П.: «Нева», 2003. – 128 с.
2. Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д. Фитонцидные растения в интерьере (оздоровление воздуха с помощью растений). – Новосибирск, 2000. – 112 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) В СВЯЗИ С ЕГО ВЫСОКИМ КОНКУРЕНТНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Прохоров В.Н., Мишина М.Ю., Тимофеева И.В.,  
Росоленко С.И., Ламан Н.А.

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича  
НАН Беларуси», г.Минск, e-mail: prohoroff1960@mail.ru

В последние годы в Беларуси и территориях сопредельных стран наблюдается экспансия злостного инвазивного вида – борщевика Сосновского. Широкое распространение этого вида приводит к почти полному уничтожению аборигенной растительности в местах его произрастания. Причиной фитоценотического феномена борщевика Сосновского является не только исключительная конкурентная способность растений (высота до 3 м, значительная площадь проективного покрытия и др.), но высокая семенная продуктивность. Предполагается, что одной из причин высокой конкурентоспособности борщевика Сосновского является его аллелопатическая активность. В этой связи изучали влияние прорастающих семян, проростков и экстрактов, полученных из различных органов борщевика Сосновского на различные виды растений. Объектами исследования были сорта культурных растений (яровой ячмень, яровая и озимая пшеница, яровое и озимое тритикале, яровой и озимый рапс, редька черная, редис, репа, горчица белая, кресс-салат, гречиха посевная, вика посевная, люпин узколистный, райграс однолетний и пастбищный, овсяница луговая и красная, фестулолиум, ежа сборная, мятлик луговой, тимфеевка луговая) и некоторые дикорастущие виды растений (пастушья сумка обыкновенная, ярутка полевая, люпин многолетний, пырей ползучий и др.).

Установлена высокая корреляция между степенью влияния, выделяемых из семян борщевика Сосновского биологически активных веществ на различные виды растений и их принадлежностью к определенным семействам.

Выявлено значительное стимулирующее действие набухающих семян борщевика Сосновского на всхожесть и рост проростков раз-

личных видов и сортов растений из семейства крестоцветных при их совместном проращивании. Особенно выражено оно на стимуляции роста проростков различных сортов ярового рапса. Так, длина проростков у сорта «водолей» составила 165–166% в сравнении с контролем. Подобная картина отмечена и для других сортов ярового рапса («явар» – 142–149%, «магнат» – 149–161%, «гермес» – 146–167%, «кромань» – 148–168% по отношению к контролю). Для сортов озимого рапса характерна такая же закономерность: длина проростков сорта «лидер» составила в сравнении с контролем 131–141%, «арсенал» – 155–158%, «прогресс» – 150–152%, «зорный» – 145–155%, «добродей» – 149–166%. Отмечено значительное стимулирующее действие набухающих семян на рост проростков и некоторых других видов из семейства крестоцветных – у редиса длина проростков составила в сравнении с контролем 121,1%, репы – 155,5%. Аналогичное действие проявляется в период прорастания в опытах с дикорастущими видами этого семейства. Наиболее выраженный эффект стимуляции наблюдается на проростках ярутки полевой (*Thlaspi arvense* L.), линейный размер которых составил более 144,7% от контроля.

Влияние на представителей из семейства бобовых либо обладает сортоспецифичностью (зернобобовые), либо оказывает ингибирующее влияние (бобовые травы). Виды из семейства злаковых в основном характеризуются нейтральной реакцией на биологически активные вещества, выделяемые борщевиком Сосновского.

Установлено, что, изменяя концентрации от низких (0,5–0,1% и ниже) до высоких (1–5% и выше), можно в зависимости от поставленной цели использовать экстракты, выделяемые из различных органов борщевика Сосновского (в первую очередь надземных органов – листовые черешки, листовые пластинки), как для стимулирования, так и для ингибирования процессов роста и развития культурных и дикорастущих растений.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА И КЛЕНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ФЕНИЛПРОПАНОИДОВ

Ризевский С.В.<sup>1</sup>, Урсул О.Н.<sup>2</sup>, Алексанян К.А.<sup>2</sup>, Курченко В.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет, Минск, rizevsky@gmail.com

<sup>2</sup> РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию», Минск,  
vino@belproduct.com

Древесина дуба и клена издавна используется в виноделии как источник ряда фенолпропаноидных соединений, определяющих органолептические свойства алкогольных напитков. Среди них особое внимание заслуживают продукты превращения лигнина – ароматические соединения гваяцилового и сирингилового рядов, образующиеся в ходе выдержки коньячного спирта в процессе этанолиза и гидролиза лигнинового комплекса [1]. Кроме ароматизирующих свойств, многие из этих соединений обладают выраженной антиоксидантной активностью [2]. Важно отметить, что содержание фенолпропаноидных соединений в конечной продукции в значительной степени зависит от условий подготовки древесины при изготовлении бочек. Наибольший эффект на состав получаемых продуктов оказывает термическая обработка [3]. Таким образом, целесообразно исследовать особенности термического разложения лигнина дуба и клена и определить оптимальные условия для достижения максимального выхода биологически активных фенолпропаноидов и их производных.

В ходе работы был исследован состав водно-спиртовых экстрактов клена и дуба, полученных при использовании термообработанной древесины. Образцы древесины дуба и клена были подвергнуты термической обработке в сушильном шкафу в течение 60 мин. при температуре от 100°C до 260°C с шагом в 20°C. Навески щепы древесины массой по 5 г заливали 100 мл водно-спиртового раствора. Использовали растворы с объемной долей этилового спирта от 0% до 90% с шагом в 10%. Полученные смеси инкубировали 1 сутки при температуре 60°C. Определение содержания кониферилового альдегида, ванилина, ванилиновой кислоты, синапового альдегида, сиреневого альдегида и сиреновой кислоты проводили методом ВЭЖХ

на системе Agilent 1200 по описанной методике [3]. В результате выявлены закономерности накопления исследуемых соединений в экстрактах и установлены условия при которых достигается максимальный выход отдельных компонентов (табл.).

**Таблица. Условия максимального накопления отдельных компонентов лигнина в экстрактах**

компонент	температура, °С		конц. этанола, %	выход соединения, мг/г сухой древесины	
	дуб	клен		дуб	клен
Кониферил. альдегид	200	220	60–70	0,59	0,66
Ванилин	220	220	50–60	0,43	0,26
Ванилиновая кислота	230	220	40–50	0,56	0,05
Синаповый альдегид	220	220	60–70	1,67	1,92
Сиреневый альдегид	220	240	60–70	1,50	1,06
Сиреневая кислота	230	240	40–50	1,17	0,33

Таким образом, установлено, что термообработка древесины дуба и клена при 200–240°C и экстракция 50–70% этанолом позволяет достичь максимального выхода биологически активных фенольных соединений гваяцилового и сирингилового рядов.

## Список использованной литературы:

1. Химия древесины и ее основных компонентов / Г.Н. Кононов. – Москва. – 1999. – 247 с.
2. Антиоксидантная активность производных лигнина гваяцилового и сирингилового рядов  
М.В. Потапович [и др.] // Труды БГУ. – 2010. – Т. 4, В. 2. – 1–10 с.
3. Использование особенностей термодеструкции лигнина древесины дуба и клена в виноделии / О.Н. Урсул [и др.] // Труды БГУ. – 2012. – Т. 7, Ч. 1. – 23–29 с.

## НАКОПЛЕНИЕ ТЕРПЕНОВЫХ ИНДОЛЬНЫХ АЛКАЛОИДОВ В *VINCA MINOR* L. *IN VIVO* И *IN VITRO*

Ромашко С.Н., Молчан О.В., Юрин В.М.  
Белорусский государственный университет, г. Минск,  
svetlan\_rom@mail.ru

Барвинок малый (*Vinca minor* L.) является многолетним вечно-зеленым стелющимся полукустарником семейства *Aposynaceae*. Данное растение – источник высокоценных биологически активных соединений, среди которых наибольший интерес представляют терпеновые индольные алкалоиды (ТИА). По последним литературным оценкам, их насчитывается 55 соединений. Основным алкалоидом листьев *V. minor* является винкамин (0,5–1,3 мг/г сухой ткани). Препараты винкамина являются активаторами церебрального метаболизма и используются при лечении артериальной гипертензии, цереброваскулярной недостаточности, неврогенной тахикардии, головокружения, снижения памяти и т.д.

В настоящее время в качестве лекарственного сырья используется трава барвинка (*Herba Vincae minoris*), заготавливаемая на территориях Венгрии и Украины. В Беларуси данное растение является интродуцентом, что может существенно влиять на количественное содержание в нем алкалоидов. Применение культуры *in vitro* имеет множество преимуществ перед традиционным культивированием растений в открытом и защищенном грунте для производства многих биологически активных соединений. Однако работ посвященных идентификации ТИА в культуре клеток и тканей *V. minor* очень мало. Присутствие винкамина в культуре *in vitro* данного растения до настоящего времени установлено не было.

В результате ВЭЖХ-МС-анализа нами было обнаружено 82 алкалоида в листьях, 91 – в корнях и 51 – в гетеротрофной каллусной культуре барвинка малого. Из известных 55 соединений удалось идентифицировать 53. Не удалось обнаружить только винкаминол и винканин. Возможно, культивирование данного растения в условиях интродукции могло привести к отдельным изменениям в биосинтезе ТИА.

Было установлено, что одним из преобладающих ТИА листьев *V. minor* являлся винкамин. Максимальное содержание данного алкалоида показано в ювенильных и зрелых листьях и составило 0,31 и 0,27 мг/г сухой ткани, соответственно. В цветах и стеблях накопление винкамина было меньше и составляло 0,13 и 0,065 мг/г сухой ткани, соответственно. В корнях винкамина накапливалось на 30–40% меньше, чем в листьях.

При хроматографическом разделении компонентов экстракта каллусной ткани *V. minor* винкамин обнаружить не удалось. Возможно, это связано с его низким содержанием в исследуемой ткани. При этом масс-спектрометрический анализ показал присутствие молекулярного иона, соответствующего соединению с молекулярной массой, характерной для винкамина. Однако данный молекулярный ион, согласно значению его массового числа, может соответствовать не только винкамину, но и его изомеру – изовинкамину, эпивинкамину, винкаминорину, винкаминореину, а также метаболитам, которые до настоящего времени в барвинке малом не обнаруживали: йохимбину, ацетилнораймалину и миновинцинину.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в различных органах и каллусной культуре *V. minor* накапливается около 100 ТИА. При этом наблюдаются отличия в накоплении алкалоидов *in vivo* и *in vitro*.

## МАЛОРАСПРОСТРАНЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ ПЛОДОВОДСТВА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ ИСТОЧНИКИ Р-ВИТАМИНОВ

Рупасова Ж.А., Гаранович И.М.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,  
e-mail: rupasova@basnet.by

Одной из основных задач лечебного садоводства в Республике Беларусь является расширение сортимента плодовых культур на основе выявления и введения в промышленную культуру высокопродуктивных и устойчивых к экзогенным факторам в местных условиях нетрадиционных видов растений с высоким содержанием в плодах Р-витаминов с их выраженным антиоксидантным действием на человеческий организм, что особенно важно в постчернобыльской ситуации. В этой связи в 2006–2010 гг. Центральным ботаническим садом НАН Беларуси была осуществлена сравнительная оценка по данному признаку коллекционного фонда гибридного и сортового материала жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.ex Freyn), хеномелеса Маулея (*Chaenomeles maulei* (Mast.) C.K. Schneid), шиповника (*Rosa rugosa* Thunb.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.), включающего 56 наиболее продуктивных таксонов.

В результате исследований выявлены следующие диапазоны варьирования в таксономических рядах интродуцентов усредненных в многолетнем цикле наблюдений весьма значительных параметров накопления биофлавоноидов – 4989,7–8816,0 мг%, в том числе антоциановых пигментов – 3019,7–5852,7 мг%, катехинов – 677,0–2247,0 мг%, флавонолов – 1011,2–1809,5 мг%, свидетельствующих о перспективности использования обозначенных видов плодовых культур в качестве природных источников Р-витаминов.

Установлено, что, из 6 таксонов *Lonicera edulis* (5 сортов и 1 гибридная форма) наиболее перспективным в этом плане оказался сорт «ленинградский великан». Из 24 таксонов *Chaenomeles maulei* (3 сорта и 21 гибридная форма) наиболее перспективными следовало признать 7 таксонов, в том числе сорта «виколоне» и «кримсон голд», а также гибридные формы № 5, № 50, № 51, № 32-07 и № 65-07. Из 10 сортов *Rosa* предпочтение следовало отдать сорту «шпиль». Среди

10 таксонов *Sorbus aucuparia* (5 сортов и 5 гибридных форм) лидирующие позиции по содержанию в плодах биофлавоноидов занимали 3 таксона, в том числе сорт «титан», а также гибридные формы № 7-07 и № 8-07. Среди 6 таксонов *Viburnum opulus* (5 сортов и природная форма) наиболее перспективными для практического использования в качестве сырьевых источников Р-витаминов оказались сорта «дачная» и в большей степени «красная гроздь».

На фоне выраженной видоспецифичности биофлавоноидного комплекса плодов исследуемых видов плодовых культур установлен разный уровень генетической детерминированности отдельных его характеристик, свидетельствующий о разной степени предположительного их наследования в процессе гибридизации. Наиболее выраженной стабильностью данного комплекса в целом характеризовались *Viburnum opulus* и особенно *Lonicera edulis*, тогда как наименьшей – *Sorbus aucuparia* и особенно *Chaenomeles maulei* при промежуточном положении *Rosa*.

Вместе с тем установлена весьма высокая степень зависимости от абиотических факторов содержания биофлавоноидов в плодах исследуемых культур, особенно у *Sorbus aucuparia* и *Viburnum opulus*. Показано, что у *Rosa* и *Viburnum opulus* это связано с исключительно сильным влиянием гидротермического режима сезона на содержание в них катехинов, тогда как у остальных видов – на содержание антоциановых пигментов, причем у *Chaenomeles maulei* это сочеталось с выраженной зависимостью от него параметров накопления флавонолов, а у *Sorbus aucuparia* – катехинов.

## ИНТРОДУЦИРОВАННЫЕ В БЕЛАРУСИ ВИДЫ РОДОДЕНДРОНОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ ИСТОЧНИКИ Р-ВИТАМИНОВ

Рупасова Ж.А., Решетников В.Н., Гончарова Л.В., Володько И.К.  
Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск,  
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

На основании двухлетнего (2010–2011 гг.) исследования сезонной динамики содержания биофлавоноидов в ассимилирующих и генеративных органах 9 таксонов *Rhododendron* L. – 1 полувечнозеленого *Rh. dauricum* L., 4 вечнозеленых (*Rh. catawbiense* Michx., *Rh. brachycarpum* D. Don, *Rh. smirnowii* Trautv., *Rh. fortunei* Lindl.) и 2 листопадных видов (*Rh. japonicum* (A. Gray) Suring и *Rh. luteum* (L.) Sweet.), второй из которых представлен тремя формами – Минской (из коллекции ЦБС НАН Беларуси), Ветчиновской и Марковской (отобранными в районе соответствующих их названиям населенных пунктов Гомельской обл.), установлена чрезвычайно высокая способность обозначенных объектов к накоплению Р-витаминов в надземных органах, что указывает на перспективность использования последних в качестве потенциальных сырьевых источников получения данных соединений. Выявлены следующие диапазоны варьирования в таксономических рядах интродуцентов усредненных в двухлетнем цикле наблюдений параметров накопления биофлавоноидов в сухой массе ассимилирующих органов 16268–35742 мг%, в том числе антоциановых пигментов – 3434–10400, катехинов – 7921–23383, флавонолов – 2555–8074 мг%, в генеративных органах (соцветиях и плодах), соответственно, 5846–35528 мг%, 3868–14840, 1236–21418 и 658–6923 мг%.

Обоснована перспективность использования молодых ассимилирующих органов листопадных видов рододендронов для получения субстанций лейкоантоцианов, флавонолов и фенолкарбоновых кислот, вечнозеленых видов – для наработки субстанций катехинов и танинов. В осенний период листья вечнозеленых видов могут представлять интерес как сырьевые источники лейкоантоцианов. Соцветия рододендронов, особенно вечнозеленых, представляют интерес в основном в качестве источников антоциановых пигментов и флавонолов. Плоды листопадных видов наиболее перспективны

для наработки субстанций лейкоантоцианов, катехинов и танинов. Показано, что наиболее перспективными сырьевыми источниками получения Р-витаминов из ассимилирующих органов являются *Rh. brachycarpum* и Ветчиновская форма *Rh. luteum*, тогда как наименее перспективным – *Rh. dauricum*, генеративные органы которого на протяжении всего вегетационного периода являются наиболее перспективным источником всех фракций биофлавоноидов. Столь же перспективным объектом в период цветения является *Rh. smirnowii*, в период плодоношения – *Rh. luteum*, при наименьшей перспективности в первом случае *Rh. japonicum* и Марковской формы *Rh. luteum*, во втором – *Rh. fortunei*.

Установлено, что наибольшей стабильностью в таксономическом ряду рододендронов характеризовался биохимический состав плодов, особенно листопадных видов, а также соцветий вечнозеленых видов, тогда как наименее стабильным он был у соцветий листопадных видов. Наиболее устойчивым к комплексному воздействию абиотических факторов оказался биохимический состав плодов рододендронов, особенно у вечнозеленых видов, тогда как наименее стабильным он был у соцветий листопадных видов. Установлено, что зависимость от генотипа биохимического состава надземных органов рододендронов, в том числе содержания в них биофлавоноидов, определяющего основную ценность их лекарственного сырья, в большинстве случаев превышала таковую от гидротермического режима сезона в среднем в 1,1–3,0 раза, что свидетельствует о высоком уровне устойчивости фармакопейных свойств наиболее перспективных таксонов в районе интродукции и должно обеспечить довольно стабильный выход Р-витаминов. При этом биохимический состав генеративных органов листопадных видов в целом характеризовался более выраженным доминированием влияния на него генотипа, нежели абиотических факторов, по сравнению с генеративными органами вечнозеленых видов.

## ВЛИЯНИЕ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ И ЗАРОДЫШЕЙ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ТОМАТА

Т.И. Салтанович, Н.Е. Машенко, А.Н. Кравченко  
Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы, г. Кишинев,  
tatianasalt@mail.ru

Известно, что естественные популяции растений обладают большим запасом генотипической изменчивости, который может обеспечить реакцию на отбор по многим признакам. Однако не вся изменчивость доступна для селекционера, часть ее элиминируется естественным отбором на различных этапах развития растений, в том числе и на репродуктивных. При этом межвидовые гибриды большинства сельскохозяйственных культур, включая томаты, характеризуются наиболее высоким процентом элиминации генотипов, многие из которых являются носителями ценных признаков. В связи с этим проблема снижения элиминации генотипов за счет повышения их жизнеспособности и в результате расширения спектра доступной генотипической изменчивости представляет значительный интерес для специалистов разных областей. Одним из возможных подходов для ее реализации является использование стероидных гликозидов, биологически активных веществ растительного происхождения, к которым относятся мелангозид и капсикозид. Представители данного класса соединений обладают широким спектром физиологического действия и хорошо зарекомендовали себя в качестве регуляторов роста растений при эндогенном их применении.

Целью настоящих исследований являлось применение некоторых гликозидов для повышения жизнеспособности пыльцы и незрелых зародышей *in vitro* у межвидовых гибридов томата. Для проведения экспериментов использовали набор комбинаций межвидовых гибридов F<sub>1</sub>. Растения выращивали в полевых условиях по общепринятой методике. Культивирование пыльцы проводили на искусственных питательных средах, дополненных различными концентрациями гликозидов, полученных из семян баклажанов и перца. Установлено, что гликозиды оказывают высокое стимулирующее действие на

жизнеспособность пыльцы. Так, в зависимости от концентрации отмечено увеличение прорастания мужского гаметофита у гибридов с участием дикого вида *S.pennellii* и *L.hirsutum* gl. в 2–3 раза по сравнению с контролем. Кроме того, установлена возможность снижения числа недоразвитых семян в гибридных плодах в 2,5–3,0 раза в результате обработки растений гликозидами. Следует отметить, что использование гликозидов оказалось особенно эффективным в стрессовых условиях. При этом у опытных растений в результате обработки мелангозидом и капсикозидом на этапах репродуктивного развития отмечено увеличение массы плодов в 1,3 раза, а также увеличение их осеменности в 1,4–2,0 раза в зависимости от генотипа и концентрации гликозида.

Для повышения жизнеспособности генотипов на этапе эмбриогенеза мы использовали метод эмбриокультуры. Культивирование незрелых зародышей в условиях *in vitro* проводили на различных вариантах искусственных питательных сред, дополненных гликозидами. Установлено, что мелангозид в концентрации 0,007% обладает максимальной эффективностью, обеспечивая увеличение процента прорастания эмбрионов гибрида F<sub>1</sub>Mo 628 x *L.hirsutum* на 13,4%. Кроме того, отмечена возможность использования данной среды для сохранения генотипов, изолированных на более ранних сроках развития. При культивировании незрелых эмбрионов гибрида F<sub>1</sub> с участием полукультурной разновидности *L.esc.var.racemigerum* выявлено повышение жизнеспособности генотипов на 8,9–13,1% в зависимости от концентрации гликозида.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена высокая стимулирующая активность стероидных гликозидов на этапах репродуктивного развития у межвидовых гибридов томата, что свидетельствует о перспективе их использования в генетико-селекционных исследованиях для повышения жизнеспособности генотипов.

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТРАВЫ СТЕВИИ (*STEVIA REBAUDIANA BERTONI*) И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ АНТИДИАБЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Сарсенбаев Б.А.<sup>1</sup>, Асрандина С.Ш.<sup>2</sup>, Синявский Ю.А.<sup>3</sup>, Усенбеков Б.Н.<sup>1</sup>, Мамонов Л.К.<sup>1</sup>, Сулейменова Ж.А.<sup>3</sup>, Кенжебаева Ш.К.<sup>2</sup>, Киршибаев Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии и биотехнологии растений МОН РК, Алматы, sbat08@gambler.ru

<sup>2</sup> Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы,

<sup>3</sup> Казахская академия питания, Алматы, Sinyavskiy@list.ru

В современном комплексном оздоровлении населения применение БАД является действенным фактором укрепления здоровья и важным вспомогательным средством при лечении многих болезней. В странах дальнего зарубежья (США, Евросоюзе, Индии, Японии, Сингапуре и др.) проблеме создания специализированных диетических продуктов питания на основе использования природных веществ из фитосырья уделяется серьезное внимание [1, 2]. В странах СНГ, в том числе в Казахстане, данная проблема целенаправленно изучается недостаточно и представлена немногочисленными работами [3, 4]. Потребности населения Казахстана в БАД в настоящее время удовлетворяются главным образом за счет импорта. Доля национальных производителей БАД на аптечном рынке республики составляет менее 20%.

Из-за слабой всхожести семян стевии размножали путем зеленого черенкования или микрочеренкования побегов, полученных методом клонирования листовых (стеблевых) эксплантов *in vitro*. Для стимуляции процесса корнеобразования у черенков стевии использовали фитогормоны (НУК, ИУК, ИМК, 2,4 Д, БАП и др.). ИМК в наибольшей степени стимулировала процесс корнеобразования у черенков стевии. Укорененные черенки высаживали в открытый грунт для получения биомассы надземных органов. За вегетационный период дважды срезали надземную часть растений. Биопродуктивность стевии составила 1,5 т/га. Получен спиртовой экстракт сладких гликозидов из надземных органов стевии.

Суммарное содержание сладких гликозидов достигало 18,6%, а количество стевииозида – основного гликозида, придающего сладкий вкус, колебалось от 6 до 11,7% в зависимости от органа и местоположения листа на стебле. Выявлена закономерность распределения сладких гликозидов в отдельных органах стевии: апикальный лист > субапикальный лист > терминальный лист > стебель > корень. Определено содержание аскорбиновой кислоты в различных листьях стевии. Показано высокое ее содержание в апикальных листьях.

На основе полученного экстракта созданы новые продукты питания анти-диабетического и общеукрепляющего действия: «Фиточай «Есентайский», «Стевия плюс», лечебно-профилактический молочный продукт «Стевиогурт», безалкогольный прохладительный напиток «Stevdrink» и др.

### Список использованной литературы:

1. Book of Abstracts 227th – 231 ACS National Meeting. Anaheim. CA. USA. 2004 – 2007.
2. Cseke L.Y., Kaufman P.B. Natural product from plants, 2006.
3. Материалы Международной конференции «Актуальные проблемы науки и образования в области химии и биологии», Алматы, 2005.
4. Сарсенбаев Б.А., Мурсалиева В.К., Мамонов Л.К., Синявский Ю.А., Еркебаева С.У. Перспективы использования растительного сырья для создания биологически активных добавок (БАД) гипогликемическим действием // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, 12–13 мая 2009 г. Часть 2-я. 285–288 с.

# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ГОДА НА МАССОВУЮ ДОЛЮ ЭФИРНОГО МАСЛА У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГА УКРАИНЫ

Свиденко Л.В., Работягов В.Д.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г Ялта, svid@yandex.ru

В опытном хозяйстве «Новокаховское» Никитского ботанического сада (Херсонская область) интродуцировано более 40 видов ароматических растений. Нами проводится изучение биоэкологических и биохимических особенностей интродуцентов.

Известно, что большое влияние на массовую долю эфирного масла играют: фаза развития растений, почвенно-климатические условия, агротехника выращивания и другие факторы. 2012 год по своим погодным условиям (холодная зима с неустойчивыми температурами, сухая весна, жаркое бездождевое лето) значительно отличался от предыдущего года и вообще от многолетних показателей. Минимальная температура воздуха достигала  $-23,3^{\circ}\text{C}$ , а максимальная –  $+37^{\circ}\text{C}$ .

По результатам фенологических наблюдений весной отмечали подмерзшие побеги у сортообразцов и форм *Lavandula angustifolia* Mill., у *Lavandula hybrida* Rev. сорта «рабат». У *Lavandula angustifolia* f. *alba*, полученных нами гибридов и уцелевших кустов *Lavandula hybrida* сорта «рабат» фазы развития наступили позже на месяц-два, чем в прошлом году. У *Lavandula angustifolia* сорта «прима» и некоторых гибридов трудно было определить фазу развития, поскольку одновременно на кусте наблюдали бутонизацию, цветение и плодоношение (в зависимости от поражения морозами побегов растения). Прекрасно перезимовали и в обычные сроки тронулись в рост растения *Lavandula hybrida* сорта «снежный барс» и растения видов *Thymus* L. (*T. vulgaris*, *T. striatus*, *T. serpyllum*).

Изучение хозяйственно ценных признаков в интродуцентах в 2012 году показало уменьшение урожая и массовой доли эфирного масла в некоторых видах ароматических растений, что связано с частичным подмерзанием побегов в зимнее время, и в связи с этим уменьшение количества соцветий во время цветения.

Определение массовой доли эфирного масла в растениях проводили методом гидродистилляции в фазе массового цветения из свежего цветочного сырья.

По сравнению с 2011 годом у образцов *Lavandula angustifolia* Mill. массовая доля эфирного масла уменьшилась на 0,5–1,0% и варьировала, в зависимости от образца, от 0,9 до 1,33% от сырой массы растительного сырья или от 2,25 до 3,33% от абсолютно сухой массы. У *Lavandula angustifolia* f. *rosea* показатель массовой доли эфирного масла уменьшился на 0,73% и составлял 0,54% от сырой массы или 1,35% от абсолютно сухой.

У *Lavandula hybrida* сорта «снежный барс» и у видов *Thymus* L. (которые перезимовали без повреждений), наоборот, она повысилась. У *Lavandula hybrida* сорта «снежный барс» она составляла 1,70% от сырой массы или 4,30% от абсолютно сухой. У видов *Thymus* L. содержание масла повысилось на 0,05–0,25% и варьировало от 0,35 до 0,75% от сырой массы или от 1,16 до 2,3% от абсолютно сухой.

На показатель массовой доли эфирного масла также отрицательно сказался длительный засушливый период. Отмечено неблагоприятное влияние летней жары и засухи на рост и развитие растений. Дефицит влаги в почве и воздухе способствовал ослаблению цветения и сокращению его продолжительности у видов *Monarda* L. Массовая доля эфирного масла у *Monarda fistulosa* сорт «премьера» уменьшилась на 0,06% и составляла 0,80% от сырой массы или 2,90% от абсолютно сухой. У *Monarda didyma* формы 1/09 этот показатель уменьшился на 0,31% и составил 0,20% от сырой массы или 7,3% от абсолютно сухой.

Таким образом, погодные условия 2012 года были неблагоприятными для развития большинства ароматических растений в условиях степной зоны юга Украины. Показатель массовой доли эфирного масла у интродуцированных видов *Monarda* L. и *Lavandula* L. оказался ниже, чем в предыдущем году.

## ОБЩИЕ МЕТАБОЛИТЫ, РЕЦЕПТОРЫ И СРЕДСТВА ЛЕЧЕНИЯ ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ

Седнев Ю.В.

Институт экспериментальной ботаники НАНБ, г. Минск,  
www.n-mir.org, usednev@yandex.ru

Опыт традиционной медицины и фитотерапии, включая яды растений и грибов, всегда составляя важнейшее применение ботаники, мало освоен современной медициной и наукой. Переход от «народных» средств, наподобие мухоморов, к галеновым препаратам, спиртовым настойкам (как в альтернативных методиках В.В. Тищенко и др.) и действующим веществам типа алкалоидов мускарина и никотина ведет к пониманию механизмов их действия, причинно-следственных цепочек. Пример мускариновых холинорецепторов (мХР), подобно фото-, адрено- и др. (обоняния, вкуса), сопряженных с G-белками (GPCR), – предмет Нобелевских премий 1994 и 2012 гг. Но другие холинорецепторы – никотиновые (нХР) – действуют через механизм ионных каналов, потенциалы и ионы натрия, калия и кальция, отражающие необходимость и транспорт соли, калийных удобрений, минерализации скелета.

Обобщавший опыт народной медицины М.Я. Жолондз писал, что используемые против опухолей вещества растений – конинин болиголова (Тищенко), аконитин борца (описанный Солженицыным в «Раковом корпусе» как «иссык-кульский корень»), колхицин и др. – действуют на никотиновые рецепторы. Поэтому он отвергал действующие на мускариновые (мХР) вещества мухоморов (как и иммунные и др. средства, даже нейтрон-захватную терапию Качугиных, напоминающую биофункции радиоизотопов Вернадского), и предложил более доступные вератрин и сам никотин в виде настойки табака, из сигарет, не только против рака. Заметим, что это может зависеть от вида, например, 70% рака поджелудочной железы, наиболее летального, связывали с нарушением ГТФазной активности Ras (передатчика сигналов ФР и ПК-С на МАПК), ближе мХР. Никотин же считают причиной рака легких (через а<sup>7</sup>нХР активируя ФР, Са-каналы, память в гиппокампе, по В.И. Цетлину, необходим при шизофрении и болезни Паркинсона), напоминая принцип гомеопатии (яд-лекарство). Подобные препараты, например, болиголова,

входят не только в гомеопатию, но и фармакопеи ведущих стран, но недоступны в наших аптеках. Механизмы их недостаточно известны, нХР мозга в отличие от мышц включают выброс нейромедиаторов, дофамина (аб, вызывая удовольствие и привыкание), ГАМК и Глу, включающие подобные Цис-петельные ионные каналы-рецепторы. Агонисты и модуляторы АХ, не разрушаясь холинэстеразой (ХЭ), как никотин, эфепатидин и подобные синтетические (АВТ-594, галантамин – ингибитор ХЭ, верениклин компании Pfizer), могут комбинироваться, с разными субъединицами (как а4в2 связывает в сотни раз сильнее а7<sub>5</sub>).

Действие же колхицина обычно связывают с нарушением деления через микротрубочки, их тубулин и динеин – с ГТФ, как Г-белки (как актин-мио-АТФаза с АТФ), и в Нобелевской лекции 1994 г. М. Ротбелл подчеркивал сходство их строения, сенсорных и моторных белков, ресничек и систем. Регулятор ритма Per2 ССС и др. подавляют опухоли через Мус (Дж. Уотсон, 2013). Яды и аналоги никотина возбуждают нервные сигналы, ослабляемые при старении с увеличением альтернативных путей и риска, вероятности потери контроля и рака.

Общее понятие болезней и рака как нарушения подчинения центру регуляции организма, начиная с генетического уровня, цикла и деления органелл типа митохондрий и клеток, межклеточных связей и обмена, сосудов, иммунной и нервной системы в отношениях с окружением в нашей «экоконцепции» дает возможности систематизации разных сторон, концепций и средств. Современный молекулярно-генетический подход, выявляя множество генов и «кодов» сигнализации, ионных каналов и рецепторов, требует их связи хотя бы через общий потенциал (ионов, например, кальция и др., ПР карбонатов-фосфатов, функции рН и ред-окс-состояний, Н+АТФаз и ЭТЦ мембран), общей энергетики и «энтропики», определяющей концентрации и направления всех процессов, на каждом уровне.

Названные нервные механизмы, в т.ч. растительных средств, через подобные общие рецепторы и уровни могут связываться с областью психосоматики и отношений с окружением, как обсуждалось в «обвинении Чавеса», не учитываяась до смерти.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОСИНТЕЗА ФЛАВОЛИГНАНОВ РАСТОРОПШИ

Серета А.В.<sup>1</sup>, Серета Л.А.<sup>2</sup>, Билык В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Валартин-Фарма», г. Киев, berezotocha@yandex.ru,

<sup>2</sup> Опытная станция лекарственных растений НААНУ, с. Березоточа,  
Украина, ukrvilar@ukr.net

Ранее на основании исследования большого количества коллекционных и промышленных образцов семян расторопши нами была выявлена тесная положительная корреляционная зависимость содержания флаволигнанов в парах: силибин (SB) – силикристин (SC) и силидианин (SD) – изосилибин (ISB) [1]. Для объяснения был предложен механизм биосинтеза через образование общих промежуточных соединений для этих пар соединений. В первом случае окисление таксифолина по группе 4'-ОН приводит к образованию резонансного радикала O4'/C-5', окислительное сочетание одной из двух резонансных форм которого с радикалом кониферилового спирта и дальнейшей циклизацией дает либо SB, либо SC. Окисление таксифолина по 3'-ОН группе с образованием резонансного радикала O3'/C-2' приводит к образованию пары SD – ISB.

На основании выявленных закономерностей было высказано также предположение о наличии положительной корреляционной зависимости между содержанием изосиликристина (ISC) и силидианина за счет существования еще одного общего интермедиата, образующегося в результате окислительного сочетания радикала кониферилового спирта и радикала C-2' таксифолина (табл.).

**Таблица. Последовательность биохимических превращений в синтезе флаволигнанов [1]**

Окисление таксифолина по:	Промежуточный резонансный радикал	Реакция радикала кониферилового спирта с:	Дальнейшая циклизация	Продукт
4'-ОН	O4'/C-5'	4'-ОН	3'-ОН	Силибин (А+В)
		С-5'	4'-ОН	Силикристин
3'-ОН	O3'/C-2'	3'-ОН	4'-ОН	Изосилибин (А+В)
		С-2'	С-5'→ С-3'	Силидианин
			3'-ОН	Изосиликристин

В работе белорусских авторов опубликованы данные процентного содержания отдельных флаволигнанов, в том числе и изосиликристина, в составе силимарина различных препаратов расторопши [2]. Проведенная нами математическая обработка этих результатов подтвердила как опубликованные результаты [1], так и предположение о положительной корреляционной зависимости в паре флаволигнанов: SD – ISC. Получены следующие коэффициенты корреляции. Для ISC: +0,97 (SD), +0,88 (ISB); -0,9 (SC), -0,9 (SB). Для ISB: +0,78 (SD), -0,68 (SC), -0,86 (SB). Для SB: +0,64 (SC), -0,84 (SD). Для SD: -0,95 (SC).

При изучении фармакологических особенностей расторопши необходимо учитывать наличие двух биогенетически детерминированных природных комплексов флаволигнанов в составе силимарина: силибин-силикристин и силидианин-изосиликристин-изосилибин.

### Список использованной литературы:

- Серета А.В., Серета Л.А., Билык В.В. Состав флаволигнанов коллекционных образцов расторопши // «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты». – Матер. докл. VIII междунар. симп. – Москва. 2–5 октября 2012 г. – М., ИФР РАН, 2012. – 272 с. – 154–159 с. – [www.biophenols.ru](http://www.biophenols.ru)
- Щекатихина А.С., Гавриленко Н.В., Кучеренко В.П. Оценка содержания изомеров флаволигнанов расторопши пятнистой в гепатопротекторных препаратах. / Вестник БГУ. – Сер. 2., 2010. – № 2. – 73–78 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/2748>

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЯМР ДЛЯ ЭКСПРЕССНОЙ ОЦЕНКИ СОСТАВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ ПИХТЫ

Скаковский Е.Д.<sup>1</sup>, Тычинская Л.Ю.<sup>1</sup>, Молчанова О.А.<sup>1</sup>,  
Ламоткин С.А.<sup>2</sup>, Шутова А.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Минск,  
spektr@ifoch.bas-net.by

<sup>2</sup> Белорусский государственный технологический университет, Минск

<sup>3</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск,  
anna\_shutova@mail.ru

В настоящее время для контроля состава и качества эфирных масел преимущественно используются хроматографические методы [1]. Несмотря на их универсальность, для получения достоверных результатов при анализе сложных смесей в хроматографии необходимо использовать колонки с различными наполнителями и иметь в наличии индивидуальные компоненты анализируемых смесей, что увеличивает время анализа. Кроме того, для разных классов соединений требуется специфическая пробоподготовка. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения лишена этих недостатков. Современные спектрометры обладают высокой чувствительностью, позволяют анализировать сложные составы на разных ядрах за достаточно небольшой промежуток времени, давая достоверные результаты.

Цель настоящей работы – сравнительный анализ эфирных масел хвои интродуцированных видов пихты методами ЯМР и газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции [2]. Спектры ЯМР записывали на спектрометре AVANCE-500 (Bruker) с рабочей частотой 500 и 126 МГц для ядер <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C, соответственно. Использовали 10% растворы в CDCl<sub>3</sub>. Запись проводили при температуре 293 К, в качестве внутреннего стандарта в случае ядер <sup>1</sup>H использовали сигнал CHCl<sub>3</sub> (δ=7,27 м.д.), для ядер <sup>13</sup>C – сигнал растворителя (δ=77,7 м.д.). Для отнесения сигналов использовали методики корреляционной спектроскопии: COSY-45, NOESY, HSQC и HMBC. Все экспериментальные данные получены и обработаны с помощью программ XWIN-NMR 3.5.

Дополнительно состав эфирных масел анализировали методом ГЖХ на хроматографе Цвет-800 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 70 м с жидкими фазами ПЭГ-2000 и SE-70. Идентификацию отдельных компонентов проводили с применением эталонных соединений, а также на основании известных литературных данных по индексам удерживания [3].

Для анализа спектров ЯМР эфирных масел были записаны спектры различных терпеновых соединений, 11 из которых присутствовали в заметных количествах в исследуемых образцах. Количественное содержание компонентов эфирных масел определяли по интегральным интенсивностям соответствующих линий в протонных спектрах, которые записывали в «количественном» режиме. Углеродные спектры записывали с целью обнаружения возможно скрытых в протонных спектрах сигналов, так как в спектрах <sup>13</sup>C практически все линии наблюдаются индивидуально.

Сравнительный анализ результатов по определению состава эфирных масел методами ЯМР и ГЖХ показал идентичность результатов при оценке как качественного, так и количественного состава входящих в их состав терпеновых соединений.

Таким образом, использование метода ЯМР позволяет произвести экспрессную оценку состава эфирных масел с определением количественного содержания отдельных соединений.

## Список использованной литературы:

1. Сотникова О.В., Степень Р.А. // Химия растительного сырья. 2001. Т. 3. 79–84 с.
2. Государственная фармакопея РБ: Общие методы контроля качества лекарственных средств / под ред. Годовальникова Г.В. Минск: МГПТК полиграфии. 2006. 234 с.
3. Хейфتمان Э. Хроматография. Москва: Мир. 1986. 229–250 с.

## ЛЕТУЧИЕ МЕТАБОЛИТЫ ЯВОРА

Слепых В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Сочинский национальный парк» Министерства природных ресурсов  
и экологии Российской Федерации, Сочи, [pirozemles@yandex.ru](mailto:pirozemles@yandex.ru)

Фон летучих метаболитов, создаваемый зелеными насаждениями курортов, рассматривается в настоящее время в качестве самостоятельного курортного ресурса [1].

Объект исследования – насаждение явора (*Acer pseudoplatanus* L.) в возрасте 35 лет, произрастающее в Кисловодском курортном парке по маршруту терренкура 2Б.

Бактериостатичность (фитонцидность) летучих метаболитов (ЛМ) явора изучали по усовершенствованной методике Б.П. Токина [1]. Бактериостатичность определяли по степени угнетения тест-культуры (*Staphylococcus aureus* 209p) в % по сравнению с контролем. Листву для опыта отбирали в полдень в середине лета. В момент отбора листвы фиксировали основные метеорологические условия.

В целях определения компонентного состава ЛМ отбор проб воздуха проводили в полдень под пологом насаждения явора путем осаждения ЛМ на сорбенте тенакс. Анализ проб осуществлен в лаборатории химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета на хроматомасс-спектрометре LKB-2091. Идентификацию соединений производили сопоставлением полученных спектров с опубликованными [2]. Полученный экспериментальный материал обрабатывали статистически [3].

Бактериостатичность ЛМ явора соответствовала 39% угнетения культуры *S. aureus* 209p. Установлена параболическая регрессия бактериостатичности явора от совместного влияния влажности воздуха (гПа) и скорости ветра (м/с). Коэффициент корреляции  $R=0,59$  при значимости ( $p=0,01093$ ). Интервал фиксированных значений влажности воздуха: 6,9 – 22,2 гПа, скорости ветра: 0,6 – 2,1 м/с. В этом интервале метеоусловий парная регрессия бактериостатичности явора от скорости ветра является пропорциональной, а от влажности воздуха – обратно пропорциональной.

В составе ЛМ явора идентифицировали соединения: 1-бутен, фуран, ацетон, этанол,  $\alpha$ -метилакролеин+2-метилфуран, бута-

наль+метилвинилкетон, бутанон-2, 3-метилфуран+кротональ, бензол, метилизопропенилкетон, силоксан, 3-пентанон, толуол, метилпропенилкетон, этилфуран, стирол, мирцен, 3-карен, лимонен,  $\beta$ -фелландрен, н-цимол, бензальдегид. Основными компонентами ЛМ явора являются: ацетальдегид с примесью изопентана, метилизопропил-кетон,  $\alpha$ -пинен и  $\beta$ -пинен. Присутствие в ЛМ явора значительного количества бициклических ( $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен) и моноциклических (лимонен,  $\beta$ -фелландрен и др.) терпенов приближает эту породу по составу ЛМ к хвойным растениям, в частности, к представителям рода *Pinus* [1].

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено:

1. Бактериостатичность ЛМ листвы явора по отношению к культуре *S. aureus* 209p соответствует 39%. Полученное эмпирическое уравнение позволяет прогнозировать бактериостатичность явора в зависимости от влажности воздуха и скорости ветра.
2. В составе ЛМ явора идентифицировано 25 соединений. Присутствие в ЛМ явора значительного количества бициклических и моноциклических терпенов определяет возможность аналогичного использования этой породы в целях естественной аэрофитотерапии.

### Список использованной литературы:

1. Слепых В.В. Фитонцидные и ионизирующие свойства древесной растительности. Кисловодск, 2009. 180 с. – ISBN 5-89421-005-4.
2. Каталог сокращенных масс-спектров / Под ред. А.М. Колчина. Новосибирск: Наука, 1981.
3. Боровиков В. STATISTIKA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2001. 656 с.

## ВИТАМИННЫЙ КОМПЛЕКС ВИДОВ РОДА *ARCTIUM* L. ВТОРОГО ГОДА ВЕГЕТАЦИИ

Сокол О.В.

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришка НАН Украины,  
Украина, 01014, Киев, ул. Тимирязевская, 1,  
e-mail: sokol-oksana23@rambler.ru

Витамины необходимы человеку для нормального течения обменных процессов. Растения не накапливают один витамин, а содержат комплекс витаминов, поэтому лекарственное растительное сырье, содержащее витамины, используется для приготовления витаминных сборов и лекарственных препаратов (1). Нас заинтересовал род *Arctium* L., который успешно культивируется, что дает возможность получения витаминной сырьевой базы. Проведено исследование ряда биологически активных соединений (БАС) витаминного комплекса (аскорбиновая кислота, каротиноиды, хлорофиллы а + b), а также динамику их накопления в разных органах растений видов *A. lappa*, *A. tomentosum*, *A. nemorosum*, *A. minus* второго года вегетации. Для биохимических исследований образцы отбирали в первой декаде каждого месяца в период с мая по июль на участке «Лекарственные растения» НБС. Определение проводили по общепринятым методикам (2).

Установлено, что кривая содержания каротиноидов в листьях у вида *A. lappa* имеет поступательный характер с максимальным пиком в июле, который соответствует значению 0,7 мг%, что приходится на фазу цветения. У растений видов *A. tomentosum* и *A. nemorosum* максимальные значения этого показателя (0,41 мг% и 0,36 мг%, соответственно) зафиксированы в мае, в начале отрастания розетки листьев. У *A. minus* максимальные значения отмечены в фазе цветения 0,53 мг% (июль). Следует отметить, что в черешках различных видов *Arctium* L. содержится незначительное количество каротиноидов по сравнению с листьями. Максимальное содержание хлорофиллов а + b накапливается у видов *A. lappa*, *A. tomentosum* и *A. minus* в фазе цветения (4,23 мг%, 3,07 мг% и 4 мг%), которая приходится на июль. Стабильный уровень содержания хлорофиллов в течение всего вегетационного периода отмечено у растений вида *A. nemorosum* (2,41 мг%, 1,87 мг% и 2,34 мг%). Исследование хроло-

филлов а + b в черешках показало, что у всех видов незначительное содержание этих соединений. Максимальные значения отмечены у растений видов *A. minus* и *A. nemorosum*, которые приходятся на фазу розетки (0,42 мг% и 0,43 мг%), затем этот показатель постепенно снижается. Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты у вида *A. lappa* варьирует от 30 мг% (фаза розетки, май) до 46,8 мг% (фаза цветения, июль). У вида *A. tomentosum*, наоборот, пик накопления в фазу отрастания до 40,8 мг% (май), а в фазу бутонизации снижение содержания 25,2 мг% (июнь). У вида *A. minus* происходит постепенное накопление аскорбиновой кислоты от 22,8 мг% (начало отрастания фаза розетки (май) до 37,8 мг% фазы цветения (июль). У вида *A. nemorosum* наблюдается стабильный уровень аскорбиновой кислоты в течение вегетационного периода от 40,2 мг% (май) до 40,8 мг% (июль). Выявлено, что в черешках различных видов *Arctium* L. содержится незначительное количество аскорбиновой кислоты, чем в листьях. Наибольший показатель у вида *A. tomentosum* – 23,5 мг% – и *A. minus* – 22,5 мг%, приходящихся на фазу цветения (июль). Таким образом, исследование витаминного комплекса в различных органах видов рода *Arctium* L. второго года вегетации показали, что у видов *A. lappa* и *A. minus* максимальные пики накопления приходятся на фазу цветения. В *A. tomentosum* максимальные накопления витамина С и каротиноидов приходится на фазу отрастания. У *A. nemorosum* стабильный показатель аскорбиновой кислоты и хлорофила а + b в течение вегетации.

### Список использованной литературы:

1. Химический анализ лекарственных растений / Под ред. Гриневич Н.И. – М.: «Высшая школа», 1983. 5–8 с.
2. Ермаков А.И. Методы биохимических исследований. Ленинград, ВО «Агрпромиздат», 1987. – 86–91 с.

## ИССОП ЛЕКАРСТВЕННЫЙ – СОДЕРЖАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА И ЕГО КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ

Тимчук К.С., Железняк Т.Г., Ворнику З.Н., Драгалин И.П.  
Институт генетики и физиологии растений Академии наук Республики  
Молдова, ул. Пэдурий, 20, 2002, Кишинэу, Республика Молдова,  
ах. 55 61 80, e-mail: igcanc@yahoo.com

Семейство *Lamiaceae* богато ценными лекарственными и эфиромасличными растениями, которые широко применяются в медицине, пищевой и парфюмерно- косметической промышленности. Одним из таких растений является иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) – многолетний полукустарник, произрастающий в южных странах Европы, культивируемый как медоносное, декоративное, лекарственное и пряно-ароматическое растение. Иссоп включен в фармакопеи Румынии, Франции, Германии, Португалии, Швеции. Основой лечебного действия иссопа является его эфирное масло, именно оно придает растению его характерный вкус и аромат.

В данном сообщении приводятся результаты исследования содержания эфирного масла и его компонентный состав. Эфирное масло получают из надземной облиственной части растения, убранного в период массового цветения. Содержание эфирного масла определялось методом гидродистилляции водяным паром с использованием приемника Гинзберга и методом паровой перегонки по Долматову. Компонентный состав исследовался на газовом хроматографе GC-MS с масс-спектрометрическим детектором. Органолептические и физико-химические показатели качества масла определялись, согласно действующего ГОСТа 14616.0-12-78.

Полученные результаты показали, что содержание эфирного масла, полученного методом Гинзберга, составляет 0,398% на сырую массу и 1,000% на абсолютно сухую. По методу Долматова содержание составило 0,386% и 0,967%, соответственно.

При хроматографическом исследовании было обнаружено свыше 50 компонентов, из которых идентифицировано более 20. Основными из которых являются пинокамфон (47,709%), изопинокамфон (14,775%), пинокамфеол (3,815%). В составе масла в небольших количествах присутствуют бета-пинен (0,704%), бета-фелландрен

(1,442%), альфа-терпинеол (0,618%), эстрагол (1,027%), карвакрол (1,990%), миртенилметиловый эфир (0,439%), бурбонен (0,551%), бета-кариофиллен (0,712%), аллоаромадендрен (1,512%), бицикло-гермакрен (0,781%) и другие.

Масло представляет собой легкоподвижную, прозрачную жидкость желтоватого цвета, с пряным ароматом, свойственным свежим растениям иссопа. Физико-химические показатели следующие: удельный вес при 20°C составляет 0,9257–0,9364 г/см<sup>3</sup>, коэффициент рефракции – 1,4753–1,4820, содержание карбонильных соединений – 45,4–47,8, кислотное число 3,8–4,3 мг КОН/г, растворимость в 75° спирте (объем:объем) 1: 3,4–1:4,0.

Наличие эфирного масла определяет лечебные свойства растения иссопа, которое используется при заболеваниях верхних дыхательных путей, бронхиальной астме, стенокардии; применяется для укрепления иммунитета как антигистаминное, противоаллергическое, противотравматическое средство. Компрессы с эфирным маслом иссопа – эффективное средство от ушибов, гематом, кровоизлияний. В косметологии – входит в состав тонизирующих, успокаивающих, ранозаживляющих средств. Иссоп – изысканная пряность, придает блюдам тонкий деликатесный вкус. Применяется для ароматизации пищевых продуктов, напитков, изделий бытовой химии, ароматерапии.

На эфирное масло иссопа нами была разработана следующая научно-техническая документация – технические условия и технологические инструкции, используемые при производстве данного вида продукции.

## ЛИНАРОЗИД КАК РЕГУЛЯТОР РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ АБРИКОСА

Титова Н.В., Машенко Н.Е.

Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы, г. Кишинев,  
e-mail: nvtmd@mail.ru

Одним из основных направлений исследований по оптимизации продуктивности растений является использование регуляторов роста, которые обеспечивают метаболизм растений на стабильном уровне вне зависимости от действия неблагоприятных факторов окружающей среды. В этой связи особый интерес представляет изучение действия вторичных метаболитов – природных биорегуляторов, проявляющих широкий спектр физиологической активности. В течение ряда лет нами изучалось действие биологически активных веществ гликозидной природы, выделенных из растений родов *Trigonella*, *Capsicum* и *Solanum* в Институте генетики АН Молдовы, на фотосинтетическую активность подвойных сеянцев миндаля, абрикоса, жердели, персика и различных сортов персика и абрикоса. Выявлено стимулирующее действие этих препаратов на их рост, фотосинтез и метаболизм [2, 3].

В настоящем сообщении приведены краткие результаты изучения влияния флавоноидного гликозида фенольного типа линарозид, выделенного из растения *Linaria vulgaris Mill.* [1], на рост, фотосинтез и продуктивность растений абрикоса. В лизиметрах института исследовали однолетние растения абрикоса сортов «олимп» и «NJA-42» и четырехлетние плодоносящие растения сорта «костюженский». В период активного роста (конец мая) опытные растения подвергали внекорневой обработке водным раствором линарозида в концентрации 0,01% и контрольные – водой. В течение вегетации изучали рост, фотосинтез и продуктивность растений абрикоса.

Выявлено стимулирующее влияние линарозида на ростовые процессы однолетних саженцев: усиление роста штамба и побегов в длину и диаметре, увеличение количества листьев, листовой поверхности, накопления биомассы во всех надземных органах и корневой системе, изменение соотношения масс листьев, побегов, всей надземной части и массы корней в сторону аттрагирующей роли корневой системы. Линарозид способствовал активизации деятель-

ности фотосинтетического аппарата. Через неделю после опрыскивания интенсивность фотосинтеза в листьях контрольных растений составляла 2,30 и в опыте с линарозидом – 5,00 мкмоль  $\text{CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Соотношение между фотосинтезом и темновым дыханием в контроле также уступает опытному варианту, что свидетельствует о более интенсивном накоплении продуктов фотосинтеза у последних. Кроме того, выявлен значительный стимулирующий эффект линарозида в накоплении хлорофиллов и каротиноидов в листьях абрикоса, причем в жаркий период вегетации при высоком уровне атмосферной засухи действие линарозида более выражено. Этому способствует более высокая оводненность листьев опытных растений в этот период. Такое стимулирующее действие линарозида на рост и фотосинтез обеспечивает более высокий урожай молодых растений абрикоса, обработанных линарозидом.

Полученных данные свидетельствуют о том, что обработка молодых растений абрикоса препаратом растительного происхождения линарозид является эффективным способом стимулирования роста и фотосинтеза, что способствует более полной реализации их потенциальной продуктивности.

### Список использованной литературы:

1. Mashcenko Natalia, Kintia Pavel, Gurev Angela et al.. Glycosides from *Linaria vulgaris Mill.* // Chemistry J. of Moldova. 2008. – V. 3, № 2. – 98–100 p.
2. Титова Н.В., Шишкану Г.В. Стероидные гликозиды как регуляторы фотосинтеза сеянцев плодовых растений. // Lucrări şt. Univ. Agrară Moldovei, 2008, v. 16, 30–34 p.
3. Титова Н.В., Шишкану Г.В. Ферментативная активность в растениях абрикоса и персика как показатель их физиологической реакции на действие натуральных стероидных гликозидов. // Матер. X межд. н.-метод. конф. «Интродукция нетрадиционных и редких растений». Ульяновск, 2012, том 1, 339–347 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ И АНТИМЕТАСТАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Федоров Б.С., Фадеев М.А., Козуб Г.И., Коновалова Н.И.,  
Сашенкова Т.Е., Мищенко Д.В., Климанова Е.Н.  
Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка,  
e-mail: boris-45@inbox.ru

Ранее нами были синтезированы комплексные соединения на основе замещенных амидов пиридинкарбоновых кислот и тетрахлорида платины [1]. Эти комплексы при низкой токсичности и отсутствии миелосупрессии ингибируют процесс метастазирования при экспериментальных меланоме В-16 и карциноме Льюиса на 96–98% (данные лаборатории экспериментальной химиотерапии опухолей ИПХФ РАН). Однако низкая растворимость данных соединений в воде не позволяет рекомендовать их для работы на биообъектах. В этой связи поиск новых высокоэффективных комплексов, хорошо растворимых в воде и обладающих высокой активностью, является одной из важнейших задач в химии противоопухолевых и антиметастатических средств. В продолжение работ по исследованию реакции комплексообразования в ряду замещенных пиридинов интерес представляло изучение реакции комплексообразования дихлорида палладия с 4-амино-2,2,6,6-тетраметилпиперидином и таурином, поскольку они также способны принимать активное участие в метаболических процессах. Учитывая эти обстоятельства, нами синтезированы комплексы  $\text{PdCl}_2$  с 4-амино-2,2,6,6-тетраметилпиперидином и таурином. Оба комплекса, согласно РСА, имеют *cis*-строение и высокую антиметастатическую активность. Эти хелаты в отличие от комплексов с  $\text{PtCl}_4$  хорошо растворимы в воде и при внутривенном введении препаратов ингибируют процесс метастазирования на 90 и 94%, соответственно, при экспериментальной меланоме В-16. Кроме того, нами модифицирована молекула глицина и выделено вещество, использование которого в качестве противоопухолевого позволяет тормозить экспериментальную карциному 755, перевитую мышам линии  $\text{BDF}_1$ , на 61%. Умеренная токсичность комплексов (250 и 380 мг/кг), хоро-

шая растворимость в воде и высокая антиметастатическая активность дают основание для проведения широких испытаний данных соединений на биообъектах.

### Список использованной литературы:

1. Федоров Б.С., Фадеев М.А., Козуб Г.И., Алдошин С.М., Алиев З.Г., Атовмян Л.О., Коновалова Н.П., Сашенкова Т.Е., Кондратьева Т.А., Блохина С.В. // Хим. фарм. журнал. – 2009. – Т. 43, № 3. – 12–16 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Челомбитько М.А.<sup>1</sup>, Королева Н.Ю.<sup>2</sup>, Паромчик И.И.<sup>3</sup>, Светлугина А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

<sup>2</sup> Государственный институт повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов Министерства торговли Республики Беларусь

<sup>3</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, Paromchik@mail.ru

Термин «Функциональная пища» используется применительно к обогащенным определенными элементами продовольственным товарам, потребление которых обеспечивает благоприятный физиологический эффект. Функциональные продукты (например, пре- и пробиотики) могут улучшить общее состояние организма, уменьшить риск возникновения некоторых заболеваний, способствовать излечению от них. Европейской комиссией по науке о функциональной пище (FuFoSe) и Международным институтом науки о жизни (ILSI) предложено считать функциональным продовольственным продуктом, который оказывает благоприятное влияние на одну или более функций организма, улучшает общее физическое состояние человека или снижает риск развития болезней [1]. Первыми получили статус функциональных пищевые изделия с добавками витаминов и/или минеральных веществ (витаминов С и Е, фолиевой кислоты, цинка, железа и кальция) [2]. Впоследствии для укрепления здоровья потребителей и предотвращения ряда болезней появились продукты, обогащенные микронутриентами (полиненасыщенными жирными кислотами Омега-3, фитостеринами), а также пищевыми волокнами. Позднее продовольственные компании создали многофункциональные продукты, оказывающие многоплановое влияние на здоровье человека [3]. Не последнее место занимает обогащение продуктов биологически активными веществами, содержащимися в пищевых добавках, изготовленных на основе растительного сырья.

Цель данной работы – создать функциональный продукт хлебобулочных изделий путем введения пищевых композиций на основе пряно-ароматических растений, содержащих биологически активные вещества. Основу использованной композиции составляли

измельченные плоды *Garum carvi* L. и высушенная зеленая масса *Anethum graveolens* L.

В плодах тмина обыкновенного содержалось около 5–6% эфирного масла, в котором основными компонентами являются d-карвон (45–50%), корвакрол (30–35%), обуславливающие специфический запах тмина. Плоды содержат фенольные вещества, витамины. В зеленой массе укропа, наряду с содержанием эфирных масел (до 1,5%), богатый витаминный состав, мг%: аскорбиновая кислота (75–135), β-каротин (6,0–10,8), В<sub>1</sub> (0,14–0,15), В<sub>2</sub> (до 0,02), РР (0,1). Выпущенные хлебобулочные изделия с использованием разработанных композиций получили высокую дегустационную оценку и рекомендованы к производству, что позволит расширить ассортимент данного вида изделий. Кроме того, хлебобулочные изделия представляют собой идеальную основу для создания функциональных продуктов.

### Список использованной литературы:

1. Concepts and trends of functional foods: a review / С.К. Ramesh [et al.] // Intern. J. of Pharmaceutical Research and Development (IJPRD). – 2012. – Vol. 4, № 6. – 273–290 p.
2. Sloan A.E. The top ten functional food trends / A.E. Sloan // Food Technology. – 2000. – Vol. 54, № 4. – 33–62 p.
3. Sloan A.E. The top ten functional food trends / A.E. Sloan // Food Technology. – 2004. – Vol. 58, № 4. – 28–51 p.

## ***ARCTIUM TOMENTOSUM L.* И *PLANTAGO MAJOR L.* В ГЕЛЕВЫХ ФОРМАХ ДИЕТИЧЕСКИХ ДОБАВОК**

Четверня С.А., Джуренко Н.И, Паламарчук Е.П.  
Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришка НАН Украины,  
г. Киев, Украина, e-mail: medbotanica@ukr.net.ua

С целью оптимизации адаптивного статуса организма человека в неблагоприятной окружающей среде особенно актуальным является расширение ассортимента профилактических средств – безвредных субстанций растительного происхождения с высокими биологически-сорбционными и защитными свойствами. Разноплановость и широкое применение лекарственных растений обусловлены наличием в их составе самых разнообразных по своему химическому составу и действию биологически активных веществ, проявляющих значительную защитную и биосорбционную активность для различных вредных факторов и представляющих интерес как для пищевой и фармацевтической индустрии, так и для здравоохранения в целом. Нами разработаны высокоэффективные структурированные биологически активные диетические детоксикационные средства нового класса, не имеющие аналогов не только в Украине, но и за рубежом, которые созданы на основе водных структурированных вытяжек из корней лопуха и листьев подорожника с использованием оптимальных технологий экстракции, выбором условий стабилизации и учетом продуктивных фаз заготовки лекарственного сырья. Одно из них – «Фитосорбент» – гелевая диетическая добавка из водной субстанции листьев подорожника и экологически чистого пектина, стабилизированного антиоксидантом (аскорбиновой кислотой), обладающая сорбционным, антиоксидантным и др. действием, предназначена для восстановления нарушенного обмена веществ при хронических интоксикациях, заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, сосудистой и дыхательной системы, лучевых поражениях, препятствует старению. Физиологический эффект связан с наличием в «Фитосорбенте» трех групп антиоксидантов листьев подорожника: флавоноидов, витамина С, бета-каротина, а также пектина, сапонинов, слизистых веществ и стероидов, которые в комплексе с антиоксидантами обуславливают детоксицирующее, антиоксидантное,

иммуностимулирующее, обволакивающее и антисклеротическое действие. В состав «Фитосорбента» входят десятки сбалансированных минеральных веществ, которые обеспечивают организм необходимыми макро- и микроэлементами. Фитосредство «Арктан» – жидкая гелевая форма на основе водного извлечения из свежего корня лопуха первого года вегетации, стабилизированного фруктовым пектином. Отличительной особенностью структурированных форм из свежих корней лопуха является сохранение в них с помощью технологий переработки наиболее активных природных комплексов биологически активных веществ растения, заготовка сырья которого приведена в строго определенную фазу развития. В «Арктане» содержатся в комплексной форме полисахарид-инулин, слизи, кислоты, фруктаны, олигосахариды, арабаны, образующие объемные структуры в ЖКТ, нормализующие скорость всасывания пищевых продуктов, связывающие токсины, ускоряющие процесс выведения их и тяжелых металлов из организма, а также активное противовоспалительное вещество арктогенин, имеющее лигнановую структуру, в последние годы привлекающее внимание многих исследователей. Значительное количество флавоноидов, витаминов-антиоксидантов, фенольных кислот, в комплексно связанной форме способствуют профилактике онкозаболеваний, развития атеросклероза, и др. Одну из главных ролей в «Арктане» играют находящиеся в нем минеральные вещества, особенно кальций и силиций, способные принимать участие в формировании коллагена, костной и соединительной тканей, а также сера, способная влиять на количество свободных радикалов. «Арктан» рекомендован Министерством здравоохранения Украины для профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата (артритов, артрозов, остеохондрозов), нарушении обмена веществ, сахарном диабете второго типа, аллергиях и в качестве детоксиканта при лучевых поражениях.

## БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЛЛУСНЫХ ТКАНЕЙ КАДИЛА САРМАТСКОГО

Чумакова И.М., Шутова А.Г., Фоменко Т.И.

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», Минск, e-mail: fomenko\_ti@mail.ru

Одной из характерных особенностей высших растений является способность к синтезу разнообразных вторичных метаболитов. К числу наиболее распространенных относятся фенольные соединения, которые обладают высокой биологической активностью и часто используются в качестве лечебных препаратов. Они синтезируются в культивируемых *in vitro* клетках и в тканях растений. Кадило сарматское *Melittis sarmatica* представляет большой практический интерес как пряно-ароматическое, эфиромасличное и лекарственное растение. В сырье содержатся эфирное масло, кумарины, флавоноиды. В связи с этим важным моментом является подбор условий, способствующих их накоплению. К наиболее значимым регуляторам синтеза вторичных соединений в клеточных культурах растений относятся такие компоненты питательных сред, как гормоны и гормоноподобные соединения. В качестве ауксинов обычно используют 2,4-Д или НУК. К настоящему времени становится все более очевидным, что они не являются взаимозаменяемыми соединениями. 2,4-Д, как правило, способствует активной пролиферации клеток и стабильному росту каллусных и суспензионных культур.

При содержании 2,4-Д в питательной среде в концентрациях 2 мг/л накопление фенольных соединений в культуре было больше у эксплантов листового происхождения (15,7 г /на 100 г сухого вещества) по сравнению со стеблевыми эксплантами (9,4 г/100 г сухого вещества) для сравнения в надземной части растения (4,6 г/100 г сухого вещества). Также происходило увеличение синтеза флавоноидов в каллусной ткани по сравнению с растением кадило сарматского. Данные таблицы показывают, что синтез фенольных соединений и флавоноидов регулируется в большей степени соединениями ауксинового типа (в нашем случае, 2,4-Д).

Таблица. Влияние фитогормонов на содержание фенольных соединений и флавоноидов в растительном материале кадило сарматского и каллусной культуре

Гормональный состав среды, мг/л	Тип экспланта	№ пассажа	Содержание ФС, г/100 г сух. в-ва	Содержание флавоноидов, г/100 г сух. в-ва
2 2,4-Д + 0,2 К	лист	2	15,7 ±0,01	0,92±0,04
2 2,4-Д + 0,2 К	стебель	2	9,4±0,02	0,55 ±0,01
2 2,4-Д + 0,2 К	лист	6	6,9±0,03	0,37±0,05
2 2,4-Д + 0,2 К	стебель	6	3,5±0,04	0,19±0,02
2 НУК + 0,2 К	лист	2	11,7±0,02	0,27±0,04
2 НУК + 0,2 К	стебель	2	5,7±0,05	0,16±0,02
2 НУК + 0,2 К	лист	6	9,2±0,01	0,21±0,03
2 НУК + 0,2 К	стебель	6	4,4±0,03	0,14±0,01
среда МС, б/г	растение		4,6±0,02	0,079±0,02

При ее замене на НУК содержание фенольных соединений, флавоноидов в культуре клеток снижалось. Под влиянием НУК повышался уровень дифференциации, что достаточно редко наблюдается у длительно пассируемых в условиях *in vitro* клеточных культур высших растений. В присутствии НУК в каллусах уменьшалось содержание фенольных соединений и флавоноидов (11,7 г/100 г сухого вещества) по сравнению с растением (4,6 г/100 г сухого вещества). Накопление флавоноидов тоже уменьшалось у листовых и стеблевых эксплантов (0,27 и 0,16 г/100 г сухого вещества). В процессе культивирования к 6-му пассажу происходило значительное снижение способности к синтезу соединений фенольной природы, что, вероятно, обусловлено старением культуры.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ГЛИКОЗИДОВ И ПОЛИСАХАРИДОВ *PATRINIA INTERMEDIA* МЕТОДОМ ХРОМАТОМАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Шабуня П.С., Фатыхова С.А., Курман П.В.

ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси», г. Минск

e-mail: polinashabunya@nm.ru

Патриния средняя (синоним – каменная валерьяна, *Patrinia intermedia* Roem. et Schult.) – многолетнее травянистое растение семейства валерьяновых (Valerianaceae), произрастающее в Средней Азии. Спиртовые настойки корневищ и корней патринии используют в народной и традиционной медицине в качестве седативного средства. В различных популяциях растения найдено от 9 до 11 индивидуальных тритерпеновых гликозидов, агликоном которых является олеаноловая кислота. Целью нашей работы была идентификация основных компонентов экстрактов патринии средней и установление их химической структуры методом хроматомасс-спектрометрии.

Сухие экстракты патринии средней, выращенной в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, были предоставлены лабораторией фармацевтических испытаний ИБОХ НАН Беларуси. Образцы экстрактов растворяли в воде и анализировали с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200 с масс-детектором Agilent 6410 Triple Quad. Интерфейс ионизации – электроспрей Agilent G1948B API-ES. Масс-спектры регистрировали в режиме полного сканирования отрицательных ионов в диапазоне масс от 120 до 2000 Da, а также в режиме получения дочерних ионов.

Проанализированы образцы экстрактов, полученные с использованием различных растворителей – 96-процентного этанола, воды, дополнительно очищенные с использованием бутанола и др. Наиболее обогащенные гликозидами экстракты были получены из корней растения. При сравнительном анализе этанольных экстрактов из корней, семян и надземной части *Patrinia intermedia* было определено, что содержание суммы гликозидов олеаноловой кислоты в экстрактах надземной части и семян относительно экстракта из корней составляет 21% и 0,9%, соответственно. Идентифицированы пять основных гликозидов в корнях и два гликозида в семенах патринии средней. Установлено, что все они и отличаются между собой составом

углеводной части в положении С-3. В порядке увеличения молекулярных масс гликозидов этот состав следующий: гликозид 1 – Xyl-Rha-Xyl; гликозид 2 – Glu-Rha-Xyl; гликозид 3 – Xyl-Rha-Xyl-Xyl; гликозид 4 – Xyl-Rha-Xyl-Glu и гликозид 5 – Glu-Rha-Xyl-Glu (где Xyl – ксилоза, Rha – рамноза и Glu – глюкоза). У всех проанализированных гликозидов олеаноловой кислоты в положении С-28 находится структура, состоящая из трех молекул рамнозы. В следовых количествах в экстрактах *Patrinia intermedia* регистрируется гликозид, в котором агликоном является гедерагенин.

Для экстрактов из семян растения было показано присутствие двух других гликозидов олеаноловой кислоты с иными углеводными фрагментами в положении С-3: гликозид 6 – пентоза и гликозид 7 – пентоза-пентоза. Также в семенах нами были идентифицированы два типа полисахаридов, характеризующихся регулярными разветвленными структурами, где повторяющимся фрагментом в одном случае является структура из трех глюкоз, а в другом – структура, где на пять глюкоз приходится одна рамноза.

Следует отметить, что данные масс-спектрометрии не дают никакой информации о связях между сахарами (1→2, 1→4, 1→6 etc.). Невозможно также идентифицировать, в данном случае пентозы, по отщеплению фрагмента с массой 132 Da, одинакового для ксилозы, рибозы и арабинозы. Мы приняли имеющиеся литературные данные о том, что в гидролизатах экстрактов корней *Patrinia intermedia* содержатся только глюкоза, рамноза и ксилоза. Для установления характера связей и корректного подтверждения того, какие пентозы входят в структуру гликозидов, необходимо выделение чистых индивидуальных веществ с последующим их гидролизом и точным анализом соотношения сахаров другими методами.

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СОЦВЕТИЯХ *CALENDULA OFFICINALIS*, ПОДВЕРГНУТОЙ ПРЕДПОСЕВНОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Шиш С.Н.<sup>1</sup>, Мазец Ж.Э.<sup>2</sup>, Карпович В.А.<sup>3</sup>, Спиридович Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,  
Минск, [cazonovacy@mail.ru](mailto:cazonovacy@mail.ru)

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет им. М. Танка,  
Минск, [zhannamazets@mail.ru](mailto:zhannamazets@mail.ru)

<sup>3</sup> НИИ ядерных проблем БГУ

Фенольные соединения – самая крупная группа вторичных метаболитов. Функции их в растительном организме многочисленны и разнообразны. Эта группа вторичных метаболитов играет активную роль в самых различных физиологических процессах [2], поэтому показатели накопления данных соединений были использованы для оценки эффективности электромагнитного воздействия низкой интенсивности на семена календулы лекарственной *Calendula officinalis* (Asteraceae).

Объектами изучения являлись соцветия *Calendula officinalis* трех сортов «Indian Prima», «Cabluna» и «махровый-2000». Растения прошли предпосевную электромагнитную обработку (ЭМИ) в Институте ядерных проблем БГУ, где использовалась ЭМИ из расчета на объем семян (ЭМИ 2), а также ЭМИ 3 в трех частотных режимах: Режим 1 (частота обработки 53,57–78,33 ГГц, время обработки – 20 минут); Режим 2 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки – 12 минут) и Режим 3 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки – 8 минут).

В результате опытов установлен неоднозначный характер влияния различных видов электромагнитных воздействий на накопление вторичных метаболитов в лекарственном сырье *Calendula officinalis*. Отмечено снижение количества фенольных соединений у растений, прошедших предпосевную обработку, что свидетельствует об определенном стрессовом состоянии [1]. Выявлено, что обработка ЭМИ 2 снижала содержание фенольных соединений в опытных образцах сортов «Indian Prima», «Cabluna», а также ЭМИ 3 Режим 1 и Режим

2 на сорте «махровый-2000» уменьшали накопление фенольных соединений. Установлено, что только Режим 3 ЭМИ 3 на сорте «махровый-2000» увеличивал содержание фенольных соединений по сравнению с контролем и другими режимами.

Флавоноиды – группа фенольных соединений, обладающая наибольшей биологической активностью. На организм человека они оказывают спазмолитическое, желчегонное, антиоксидантное, диуретическое, противовоспалительное, противоопухолевое и другие действия. В результате исследования установили, что обработка ЭМИ 2 угнетала накопление флавоноидов в соцветиях календулы сортов «Indian Prima», «Cabluna». Отмечено, что сорт «махровый» отличался от других сортов более высоким содержанием флавоноидов как в контроле, так и в опыте, причем лучший результат показал Режим 2 ЭМИ 3.

Таким образом, у исследуемых сортов *Calendula officinalis* содержание общей фракции фенольных соединений снижалось после обработки ЭМИ 3 и 2, но в то же время возрастало количество фракции флавоноидов в соцветиях, что благоприятно влияет на качество сырья, ведь именно эта группа веществ имеет ярко выраженные терапевтические свойства. А значит, предпосевное ЭМИ 3 (особенно Режим 2) может не только способствовать улучшению агрономических качеств семян, но и изменять качественный состав сырья в лучшую сторону и может быть рекомендовано для использования в сельскохозяйственной практике.

Список использованной литературы:

1. Клундук Г.А. Обоснование электротехнологических режимов СВЧ-обработки семян льна : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Г.А. Клундук. – Красноярск, 2004. – 156 с.
2. Manthey J.A. Flavonoids in Cell Function / J.A. Manthey B.S. Buslig. – Berlin: Springer, 2002. – 108–110 p.

## АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА PINACEAE SPRENG. EX RUDOLPHI

Шутова А.Г., Гаранович И.М., Гринкевич В.Г., Рудевич М.Н.  
ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск,  
anna\_shutova@mail.ru

В связи с широкими адаптационными возможностями микроорганизмов существует необходимость постоянного поиска новых высокоэффективных биоцидных препаратов. Имеющиеся сведения о биологической активности эфирных масел хвойных растений позволяют предположить, что они могут использоваться в качестве эффективных антимикробных соединений, которые найдут применение в медицине, косметической и пищевой промышленности.

Целью нашей работы являлось изучение антимикробной активности эфирных масел некоторых интродуцированных в Беларусь хвойных растений из семейства Pinaceae, поскольку систематизированных данных об их бактериостатическом действии нет.

Объектами исследований являлся ряд видов, представленных в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси: пихта корейская (*Abies koreana* Wils.); ели – Глена (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast) и Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. et C.A.Mey); сосны – Веймутова (*Pinus strobus* L.), горная (*P. mugo* Turra), желтая (*P. ponderosa* P. Lawson et C. Lawson), Гриффитса (*P. griffithii* McClell.), жесткая (*P. rigida* Mill), румелийская (*P. peuce* Griseb.), кедровая сибирская (*P. sibirica* Du Tour), кедровый стланик (*P. pumila* (Pall.) Regel), черная (*P. nigra* J.F. Arnold).

Предметом исследования являлись эфирные масла, извлекаемые методом гидродистилляции из охвоенных концов ветвей растений. Для оценки антимикробной активности эфирных масел использовали метод бумажных дисков, суть которого состоит в определении диаметра зоны задержки роста тест-культур на агаризованной среде (мясопептонный агар), которая формируется под воздействием диффундирующих в нее бактериостатических веществ. В качестве тест-культур использовали *Sarcina lutea*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus megaterium*, *Staphylococcus saprophyticus* (грамм<sup>+</sup>) и *Pseudomonas*

*putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Erwinia herbicola* (грамм<sup>-</sup>).

Посев культур бактерий на поверхность находящегося в чашках Петри стерильного мясопептонного агара производили с помощью шпателя Дригальского (сплошной газон). На засеянную поверхность помещали стерильные бумажные диски диаметром 8 мм с последующим нанесением на них 10 мкл эфирного масла. Чашки Петри помещали в термостат на 24 часа. Затем измеряли диаметр зон ингибирования роста тест-культур (d).

Выявлена видоспецифичность проявления антимикробной активности эфирными маслами сосен. Эфирные масла ряда видов не оказывали бактериостатического действия на рост тест-культур. В условиях эксперимента его не проявили эфирные масла сосен черной и сибирской. В то же время развитие *S. lutea* достаточно эффективно ингибировали эфирные масла сосен твердой и горной (диаметр зоны задержки роста более 20 мм), сосны Гриффитса (около 40 мм). Высокую антимикробную активность на культуры *S. saprophyticus* показало эфирное масло сосны твердой (d = 25±2 мм). Значительно менее эффективным в отношении стафилококка было эфирное масло сосны Банкса. Эфирные масла других представителей рода *Pinus* бактериостатического действия в отношении *S. saprophyticus* не проявили. Эфирное масло сосны твердой оказалось активным к *B. megaterium* (d = 30±0,5мм), а также к *E. coli* и *P. putida*, хотя и в значительно меньшей степени. Эфирное масло пихты корейской проявило значительную активность в отношении *B. megaterium*, но оказалось неэффективным к культурам стафилококка и кишечной палочки. Эфирное масло ели Глена полностью задерживало рост бацилл (*B. mycoides*, *B. megaterium*) на поверхности МПА (d = 50 мм) и было неэффективным по отношению к культурам *E. coli* и *S. saprophyticus*. Эфирное масло ели Шренка в условиях эксперимента оказалось малоэффективным в отношении всех исследованных бактериальных культур.

# ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ИЗОМЕРЫ МОНОТЕРПЕНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Шутова А.Г.<sup>1</sup>, Спиридович Е.В.<sup>1</sup>, Коваленко Н.А.<sup>2</sup>, Супиченко Г.Н.<sup>2</sup>,  
Леонтьев В.Н.<sup>2</sup>, Нгуен Ван Хунг<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск,  
anna\_shutova@mail.ru

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, chembstu@rambler.ru

<sup>3</sup>Институт морской биохимии ВАНТ, г. Ханой, hungv@ich.vast.ac.vn

Многие терпеноиды, входящие в состав эфирных масел, являются оптически активными и присутствуют в растениях в виде оптических изомеров. Среди них энантиомеры – это оптические изомеры, в которых все ассиметрические центры находятся в противоположных конфигурациях. Оптические изомеры одного и того же вещества могут обладать различной биологической активностью и органолептическими свойствами. В этой связи энантиодифференциация (распознавание энантиомеров) играет важную роль в функционировании живых систем. Анализ энантиомерного состава терпеновых соединений может иметь множество приложений и играть существенную роль при определении происхождения растительного сырья, эфирных масел, ароматических и вкусовых добавок, при решении вопросов о путях биосинтеза тех или иных соединений [1].

Для анализа энантиомерного состава эфирных масел наиболее эффективным является применение хиральной газо-жидкостной хроматографии, которая не требует предварительного превращения анализируемых соединений в какие-либо производные, а разделение достигается за счет образования диастереомерных ассоциатов между энантиомерами анализируемого вещества и хиральным селектором неподвижной фазы. Поскольку механизм энантиодифференциации при взаимодействии хирального селектора с парой энантиомеров до конца не выяснен, в настоящее время практически невозможно заранее предсказать порядок элюирования энантиомеров [1, 2].

Объектами исследования являлись эфирные масла пряно-ароматических, лекарственных и хвойных растений, которые получали методом перегонки с водяным паром. Разделение энантиомеров эфир-

ных масел выполняли на хроматографе «Цвет-800», оснащенном пламенно-ионизационным детектором и оборудованном капиллярной колонкой Cyclosil с длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм и неподвижной фазой β-циклодекстрин (0,25 мкм). Идентификацию оптических изомеров проводили сравнением времен удерживания компонентов со временами удерживания эталонных соединений. Количественное определение оптических изомеров проводили с использованием метода внутренней нормализации по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Предварительно было проведено хроматографическое разделение смеси стандартных соединений терпенового ряда. Установлена определенная зависимость выхода пиков оптических изомеров и рассчитаны их хроматографические параметры удерживания. Определено, что первыми выходят пики левовращающих изомеров α-пинена, камфена, лимонена, линалоола, терпинен-4-ола и α-терпинеола. Вместе с тем показано, что правовращающие формы β-пинена, Δ3-карена и камфоры имеют меньшие времена удерживания по сравнению с их левовращающими изомерами.

Осуществлен анализ состава энантиомеров эфирных масел ряда растений семейств *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Pinaceae*, *Cupressaceae*, показавший эффективность хироспецифической ГЖХ в установлении видовой принадлежности таксонов.

## Список использованной литературы:

1. Ткачев А.В. Хироспецифический анализ летучих растительных веществ / А.В.Ткачев // Успехи химии. 2007. 76. 1014–1033 с.
2. Chanotiya C.S. Enantiomeric composition of (3R)-(-) and (3S)-(+)-linalool in various essential oils of Indian origin by enantioselective capillary gas chromatography-flame ionization and mass spectrometry detection methods // Nat Prod Commun. 2009. V. 4, N 4. 563–566 p.

**СЕКЦИЯ 2**

---

**БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА  
В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ**

# EFFECT OF TREATMENT OF CORN AND SOYBEAN SEEDS WITH SOLUTIONS OF CHELATED MICRONUTRIENTS ON ENERGY OF GERMINATION AND SEEDLINGS GROWTH

Stasik O.O.<sup>1</sup>, Priadkina G.A.<sup>1</sup>, Kaplunenko V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, monitor@ifrg.kiev.ua

<sup>2</sup>Ukrainian State Research Institute of Nanobiotechnology and Resource Conservation, Kiev

The necessity to raise food production in the current century, caused by accelerated growth of the Earth population, climate changes and limited arable land on the planet highlights the search for new and effective methods of increase in plant productivity. One of the commonly used methods to enhance crop yields is efficient fertilizer management. Although apply of macronutrients in the agricultural practice is traditional, the micronutrient fertilizers are less common. Despite the fact that microelements are required in small amounts, each of them performs important functions in the metabolism of plants. In particular, they improve the use of the basic elements; biogenic metals are the essential part of enzymes catalyzed major biochemical processes.

Method of micronutrients production is also very important. It is known that chelated forms of micronutrients facilitate complete assimilation of elements. The advantage of fertilizers obtained by nanotechnological methods are high permeability and low toxicity. The aim of this study was to evaluate the effect of soaking crop seeds in solutions of chelated trace element, obtained by traditional chemical methods - Reakom and nanotechnological methods - Avatar-1 [1].

The seeds of corn and soybeans were soaked for 3 hours in solutions of chelated microfertilizers Reakom and Avatar-1 according to the manufacturer's recommendations (4 and 2 liters of product per 1 ton of seeds, respectively). The seeds soaked in tap water were a control. Treated seeds were laid out on filter paper in a germinator moisturized by tap water. Experiments were conducted in 3 replicates with 100 seeds planted in each.

The energy of germination ratio in the control was lower than in both treatments. The increase in percentage of germinated corn seeds was the

same in both treatments. For soybean, seed vigor treated with Avatar-1 was higher than with Reakom (98 and 89 %, respectively). Treatment with Avatar-1 increased fresh weight of 8-day old seedlings of corn by 21 % and soybean by 12 %. The effect of Reacom was smaller and statistically insignificant. Combining effects of Avatar-1 on seed germination and seedlings growth resulted in a rise of total biomass yield per germinator by 35 % for corn and 39 % for soybean; influence of Reacom was smaller (29 and 21 %, respectively).

## List of used literature

1. Patent of Ukraine № 37412. Method of obtaining of ecologically pure nanoparticles of conductive materials «Electric pulse ablation.» IPC B01J 2/02. Publ. 25.11.2008. Bull. Number 22.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ EVALUATION OF POTENTIAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MEDICINAL PLANTS

Абдрахимова Й.Р.<sup>1,2</sup>, Камалиева Р.Ф.<sup>2</sup>, Карамова Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физиологии растений им. К.А.Тимирязева РАН, Москва,  
e-mail: yoldez@mail.ru

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,  
e-mail: rufinyushal@mail.ru

Известно, что свободные радикалы, в первую очередь активные формы кислорода, образуются в большом количестве как побочные продукты процессов дыхания у всех аэробных организмов. Однако обычный в норме метаболический процесс может провоцировать при определенных условиях окислительный стресс, который, как хорошо установлено, играет решающую роль в развитии многих заболеваний, включая нейродегенеративные и онкологические. Это обуславливает повышенный научный и практический интерес к растениям как к выгодным во всех отношениях источникам природных антиоксидантов. В связи с этим актуальной является оценка общей антиоксидантной активности лекарственного сырья, в том числе местного, которая должна, во-первых, носить скрининговый характер, а, во-вторых, быть количественной, чтобы иметь возможность сопоставлять данные свойства с таковыми антиоксидантов-стандартов. Этим требованиям в полной мере соответствует метод с использованием стабильного окрашенного радикала 1,1-дифенил,2-пикрилгидразила (ДФПГ), по уменьшению которого в растворе судят об антиоксидантной активности (АА) вытяжек из лекарственных растений (Bouhleb et al., 2007). Позитивным контролем в наших опытах служила аскорбиновая кислота: ее ингибирующая концентрация, которая вызывала 50%-ную потерю активности ДФПГ, составляла 2,5 мкг/мл, что почти совпадало с аналогичным показателем для  $\alpha$ -токоферола [Bouhleb et al., 2007]. В работе были использованы растения чистотела большого (*Chelidonium majus* L.), листья мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara* L.) и корни цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). Водные экстракты (ВЭ) готовили по

Госстандарту (5%, w/w), соки из двух первых видов свежего лекарственного сырья получали в период вегетации растений и хранили при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Выделенные экстрагированием алкалоиды *Ch.majus* подвергали хроматографическому анализу, который показал наличие 8 основных алкалоидов. Согласно полученным результатам антиоксидантный эффект ВЭ снижался в ряду: *C.intybus* (77%) $\rightarrow$ *Ch.majus* (67%) $\rightarrow$ *T.farfara* (55%). Однако АА при разведении 1:10 ВЭ из последних объектов повышалась в большей степени (92–93%), чем у первого (84%). Сходный эффект, но менее выраженный, наблюдали и при разведении соков. В целом, активность ВЭ была выше таковой соответствующих соков, что возможно связано с ее снижением в процессе длительного низкотемпературного хранения. В ходе опытов были получены довольно высокие значения АА для экстрагированных изохинолиновых алкалоидов чистотела большого, равные почти 50% при концентрации алкалоидов 0,13 мг/мл в водном растворе, и 40% – в ДМСО, которые практически не изменялись даже при больших разведениях (1 млн. раз), что остается труднообъяснимым фактом. При условии отсутствия побочного влияния алкалоидов *per se* на специфичность используемой реакции, полученные результаты указывают на их заметный эффект в подавлении активности радикалов ДФПГ, что может обуславливать, в свою очередь, высокий антиоксидантный потенциал алкалоидоносных растений.

## Использованные литературные источники:

1. Bouhleb I., Mansour H., Limem I., et al. Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in different extracts from the leaves of *Acacia salicina* from the center of Tunisia // Environ.Toxicol.Pharmacol.2007. V.23. P.56-63.

2. Авторы выражают благодарность Абдуллаеву Исроилу, научному сотруднику Института химии растительных веществ им. С.Ю. Юнусова (г. Ташкент, Узбекистан), за помощь в выделении и проведении хроматографического анализа алкалоидов.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЯ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА И ЦИТОКИНИНА 6-БЕНЗИЛАМИНОПУРИНА НА ПРОТЕОМ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Авальбаев А.М.<sup>1</sup>, Юлдашев Р.А.<sup>1</sup>, Петрова Н.В.<sup>2</sup>,  
Каримова Ф.Г.<sup>2</sup>, Шакирова Ф.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, 450054, Россия, г. Уфа, пр. Октября, 71, e-mail: shakirova@anrb.ru

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31, e-mail: karimova@mail.knc.ru

Ранее нами было выявлено, что обработка проростков пшеницы 24-эпибрассинолидом (ЭБ) в оптимальной в стимуляции роста концентрации 0,4 мкМ вызывает в них быстрое и стойкое двукратное накопление цитокининов (ЦК). В связи с этим, можно полагать, что эндогенные цитокинины играют важную регуляторную роль в реализации физиологического действия ЭБ на растения пшеницы. В пользу этого предположения указывают полученные нами данные о сходном ростстимулирующем эффекте ЭБ и цитокинина 6-бензиламинопурина (БАП) в концентрации 0,04 мкМ (при которой он вызывает сопоставимое по уровню с действием ЭБ накопление ЦК) на растения пшеницы. Известно, что посттрансляционные модификации играют важную роль в регуляции функциональной активности белков. Одной из наиболее распространенных посттрансляционных модификаций белков является их фосфорилирование, при этом особое внимание привлекает фосфорилирование белков по тирозину. Несмотря на то, что тирозिनное фосфорилирование белков составляет относительно небольшую долю от общего фосфорилирования, оно играет важную роль в распознавании и дальнейшем формировании ответа клеток на внеклеточные сигналы, в том числе и фитогормоны. Для выявления значения эндогенных цитокининов в проявлении разнообразия физиологического действия ЭБ проведен сравнительный анализ действия ЭБ и БАП на распределение пула растворимых белков растений пшеницы и уровень их фосфорилирования по тирозину. Так, выявлено, что оба фитогормона практически в равной

степени активируют метаболизм клеток, в основе которого лежит воздействие и ЭБ, и БАП на протеом проростков пшеницы. Об этом свидетельствует интенсификация сигналов одних и тех же белков в широком диапазоне молекулярных масс и изоэлектрических точек. Методом иммуноблоттинга с использованием высокоспецифичных антител к фосфотирозину обнаружено более 20 растворимых фосфотирозиновых полипептидов, различающихся по молекулярной массе и изоэлектрической точке. Воздействие и ЭБ, и БАП приводит к увеличению уровня фосфорилирования по тирозину, хотя наблюдаются и некие различия в действии исследуемых гормонов на фосфорилирование отдельных белков. Таким образом, обработка ЭБ и БАП в целом способствует интенсификации белкового спектра проростков пшеницы и усилению фосфорилирования белков по тирозину. Полученные данные демонстрируют важную роль брассиностероидов и цитокининов в регуляции активации белкового метаболизма, лежащего в основе стимуляции под их влиянием роста и развития растений, и указывают в пользу выполнения эндогенными цитокининами важной регуляторной функции в проявлении ростстимулирующего действия 24-эпибрассинолида на растения пшеницы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 11-04-97051-р\_поволжье\_a, № 12-04-31671-мол\_a).

## СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЭКДИСТЕРОИДОВ В РАСТЕНИИ *SILENE FRUTICULOSA* (PALL.) SCHISCHK

Адекенов С.М.<sup>2</sup>, Гулякевич О.В.<sup>1</sup>, Жабинский В.Н.<sup>1</sup>,  
Кожанова А.М.<sup>2</sup>, Тулеуова Б.К.<sup>2</sup>, Альмагамбетов А.М.<sup>2</sup>,  
Тулеуов Б.И.<sup>2</sup>, Хабдолда Г.<sup>2</sup>, Хрипач В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск,  
khrpach@iboch.bas-net.by

<sup>2</sup> Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия»,  
Караганда, Республика Казахстан, arglabin@phyto.kz

Изучение новых видов растений в качестве источника физиологически активных полиоксистероидов – актуальная проблема, значение которой обусловлено широким спектром фармакологического действия этого важного класса природных соединений [1]. Учитывая острую необходимость разработки оригинальных адаптогенных, анаболических и тонизирующих средств, в последние годы начаты систематические исследования новых растительных видов, перспективных в качестве сырья для получения экдистерона (20-гидроксиэкдизона) – действующего начала многих адаптогенных препаратов [2].

В развитие данных исследований в настоящей работе нами предпринято изучение экдистероидного профиля смолевки кустарничковой *Silene fruticulosa* (Pall.) Schischk, которая встречается на всей территории Казахстана в природных местообитаниях. Высушенные на воздухе растения экстрагировали водным этанолом и далее полученный экстракт подвергали очистке от неполярных компонентов путем промывки смесью петролейного эфира с этилацетатом. Очистка от водорастворимых примесей была осуществлена путем экстракции растворенной в воде экдистероидной фракции изобутанолом. Полученную смесь экдистероидов наносили на колонку с силикагелем, элюируя ступенчатым градиентом хлороформа с метанолом. Элюат из колонки объединили в 8 фракций, основываясь на данных ТСХ-анализа. Для всех фракций **Ф-1** – **Ф-8** были записаны <sup>1</sup>H ЯМР и масс-спектры, на основании которых фракции **Ф-1** – **Ф-4**, **Ф-6** были исключены из дальнейшего рассмотрения как не содержащие стероидов. Фракция **Ф-8** содержала индивидуальное соедине-

ние, структура которого доказана путем сравнительного анализа его <sup>1</sup>H- и <sup>13</sup>C ЯМР-спектров. Они обнаружили полную идентичность с соответствующими спектрами, полученными для аутентичного образца экдистерона.

Дальнейшая работа с фракциями **Ф-5** и **Ф-7** предполагала их дополнительную очистку, однако повторная хроматография на силикагеле с использованием других растворителей не дала желаемых результатов. Решением проблемы стало ацетилирование фракций **Ф-5** и **Ф-7** с последующим выделением ацетатов и анализом последних методами ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии. Основываясь на совокупности спектральных данных, выделенным соединениям приписана структура 2-дезоксизэкдизона и 2-дезоксизэкдистерона.

Таким образом, проведенное исследование показало, что надземные части смолевки кустарничковой *Silene fruticulosa* (Pall.) Schischk содержат экдистерон в качестве основного экдистероида (содержание 2,4 г/кг сухого веса), а также 2-дезоксизэкдизон (0,45 г/кг) и 2-дезоксизэкдистерон (0,11 г/кг) в качестве минорных представителей этого класса полиоксистероидов.

### Список использованных литературных источников

1. Lafont R., Dinan L. // J Insect Sci. 2003. Vol. 3. P. 7.
2. Тулеуов Б.И. Стероидные соединения растений и лекарственные препараты на их основе. Поиск, химическая модификация и практические аспекты применения. Караганда: Гласир, 2009. – 208 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ И ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ СЕМЯН *CEPHALANTHERA DAMOSONIUM* (MILL.) DRUCE С ЦЕЛЬЮ УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Астапенко Н.А.<sup>1</sup>, Теплицкая Л.М.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий, г. Симферополь, nataly-ast@inbox.ru

В последние годы, в связи с постоянно возрастающим антропогенным воздействием на природные экосистемы, очень остро стоит проблема сохранения биологического разнообразия. Среди видов флоры Крыма наиболее чутко на воздействие различных форм деятельности человека реагируют представители семейства *Orchidaceae* Juss. Такая антропогенная неустойчивость видов закономерно приводит к тому, что большинство из них являются редкими и исчезающими, и занесены в Красные книги разных рангов. Поскольку многие орхидеи в высшей степени декоративны и представляют интерес не только как уникальные виды, но и как ценные цветочные культуры, в нашем университете проводятся исследования по выявлению основных причин уязвимости природных популяций орхидных и разработка методов их ускоренного массового размножения. Одной из причин нарушения репродуктивного процесса является сложность активации семян из состояния периода покоя. В связи с этим, нами исследуются различные способы преодоления покоя семян орхидных с помощью биотических и абиотических факторов.

Материалом для исследований служили семена *Cephalanthera damosonium* (Mill.) Druce. Для предобработки семян были использованы фитогормоны в разных концентрациях (ИУК 10 мг/л и 50 мг/л; ГК 10 мг/л и 50 мг/л; 6-БАП 10 мг/л и 50 мг/л) и янтарная кислота (0,25 г/л и 0,5 г/л). Обработка фитогормонами и янтарной кислотой (замачивание в течение суток) осуществлялась после стерилизации семян. Контролем служили семена, высаженные на питательную среду без предобработки. Результативность метода определяли по скорости набухания семян и количеству проросших семян на 30 сутки культивирования *in vitro*.

Полученные результаты показали, что обработка фитогормонами и янтарной кислотой перед культивированием на питательной среде оказывает влияние на сроки набухания семян *C. damosonium*. Так, в контрольном варианте семена набухали на 10–20 сутки культивирования, при обработке семян ИУК – на 7–10 сутки, ГК – на 7–12 сутки, 6-БАП – на 10–15 сутки и янтарной кислотой – на 5–10 сутки. Обработка также оказала некоторое влияние на количество проросших семян. В контрольном варианте на 30 сутки культивирования проросло 14,8 % семян. Во всех остальных вариантах наблюдалась стимуляция прорастания: ИУК 10 мг/л – 17,6 %, ИУК 50 мг/л – 16,9 %; ГК 10 мг/л – 15,3 %, ГК 50 мг/л – 17,1 %; 6-БАП 10 мг/л – 16,7 %, 6-БАП 50 мг/л – 16,5 %; янтарная кислота 0,25 г/л – 17,8 %, янтарная кислота 0,5 г/л – 15,6 %. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что для сокращения сроков прорастания и увеличения количества проросших семян целесообразно использовать предобработку семян фитогормонами и янтарной кислотой. Это особенно актуально для видов, которым характерен эндогенный покой, связанный с накоплением в период созревания семян ингибиторов роста. Комплексный подход, подразумевающий определение оптимальной стадии развития семян для введения в культуру, предобработку стимулирующими агентами и наиболее эффективные условия культивирования, позволяет значительно ускорить прорастание семян в условиях *in vitro*.

# МОРФОГЕНЕЗ ЦВЕТКОВЫХ ПОЧЕК И ГОРМОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ

Балмуш Г.Т., Руссу М.М.

Институт Генетики и Физиологии растений Академии Наук  
Республики Молдова, Кишинев, ул.Пэдурий, 20  
e-mail: nvtmd@mail.ru

Онтогенез растительного организма характеризуется наличием переломных моментов на протяжении которых формируются такие жизненно – важные свойства как устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды и продуктивность растений.

Закладка и формирование генеративных почек являются определяющим пунктом в жизнедеятельности плодового дерева, в том числе и яблони. Специфика прохождения данных процессов и время их начала зависят от биологических особенностей изучаемых сортов, возраста деревьев, вида плодового образования, степени нагрузки урожаем, а также почвенно-климатических условий возделывания.

Важным фактором, определяющим начало и завершение морфогенеза плодовых почек у яблони, является гормональный метаболизм растений. Как указывал Д.А. Сабинин [1], фитогормоны влияют не только на частные биохимические реакции, но и определяют степень реализации морфо – физиологических процессов растений.

Изучали динамику морфогенеза цветковых почек яблони двух сортов (Голден Делишес и Флорина), для чего воспользовались методикой И.С. Руденко [2].

Одновременно определяли гормональную активность листьев, расположенных в непосредственной близости от исследованных почек [3].

Проведенные исследования показали, что появление первых зачатков чашелистиков цветковых почек проходит после завершения первой волны вегетативного роста (конец июля – начало августа).

При этом у растений, выращенных в условиях оптимальной влажности почвы, несколько раньше начинался процесс формирования цветковых почек по сравнению с произраставшими при недостаточной влагообеспеченности.

Обнаружены сортовые особенности. Так, у деревьев сорта Голден Делишес раньше завершалась первая волна вегетативного роста и в этот же период ускорялся процесс формирования первых генеративных органов плодовых почек. Параллельно, изучая гормональную активность листьев, обнаружили, что переход исследуемых почек в генеративную фазу осуществляется при изменении гормонального баланса в сторону ингибиторной деятельности.

Таким образом, морфогенез цветковых почек яблони, находясь под влиянием биологических особенностей возделываемых сортов, условий выращивания, возраста и степени нагрузки деревьев и др., зависит и от направленности гормонального баланса растений. Ингибиторная деятельность фитогормонов приводит к запуску и реализации морфогенетической программы закладки и дифференциации цветковых почек.

## Список использованных литературных источников

1. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. М., 1955.
2. Руденко И.С. Заложение и развитие цветочных почек яблони. Кишинев, Картя молдовеняскэ, 1960.
3. Кефели В.И. и др. Методы определения фитогормонов ингибиторов роста дефолиантов и гербицидов. М., Наука, 1973, с.7–21.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА ПРОДУКЦИОННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Балухо А.В., Дитченко Т.И.

Белорусский государственный университет, Минск, ditchenko@bsu.by

Культуры клеток высших растений могут служить возобновляемым источником ценных биологически активных соединений, однако до настоящего времени известно немного примеров их коммерческого применения. Основными причинами сложившейся ситуации являются недостаточная продуктивность культур клеток по вторичным метаболитам и высокая стоимость выращивания [1]. Увеличение количества ценных веществ вторичного происхождения в культуре клеток и тканей возможно двумя путями: путем количественного увеличения биомассы или путем усиления синтеза необходимого метаболита. Поэтому вопрос стимуляции роста и накопления вторичных метаболитов приобретает решающее значение для биотехнологического использования культуры ткани как продуцента важных фармакологических соединений. Ключевым моментом в повышении выхода продукта выступает оптимизация питательной среды. Результатом подобных исследований являются так называемые продукционные среды, на которых культивируемые клетки синтезируют значительные количества вторичных метаболитов. Состав продукционной питательной среды и содержание в ней отдельных компонентов (макро- и микроэлементы, источник углерода, фитогормоны и т.д.), как правило, значительно отличаются от оптимальной для роста клеточной культуры питательной среды. Целью настоящей работы явилось исследование динамики накопления биомассы суспензионной культуры эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) при выращивании на продукционной питательной среде.

В качестве объекта исследования служила суспензионная культура эхинацеи, инициированная из длительно пассируемой рыхлой каллусной ткани. Культура выращивалась на модифицированной

питательной среде Мурасиге и Скуга (МС), разработанной для каллусной культуры эхинацеи пурпурной и позволившей значительно повысить в ней уровни накопления фенолпропаноидов (гидроксикоричные кислоты и их производные) [2]. В качестве контроля использовалась стандартная среда МС, включающая 0,2 мг/л 2,4-Д, 2,0 мг/л ИУК и 0,5 мг/л кинетина. Суспензионные культуры поддерживали на качалке ротационного типа (100–120 об/мин) в термостате при температуре 25°C в темноте. Установлено, что культивирование клеточной суспензии эхинацеи на продукционной питательной среде не сопровождалось ингибированием ростовых процессов. Удельная скорость роста составляла  $0,17 \pm 0,01$  сут<sup>-1</sup>, что было в 1,3–1,4 выше, чем в контроле. Удвоение биомассы клеток суспензионной культуры, выращиваемой на продукционной питательной среде, происходило в среднем за  $4,0 \pm 0,3$  сут, тогда как в контроле этот показатель был равен  $5,1 \pm 0,4$  сут. Полученные результаты свидетельствуют о преимуществах использования разработанной продукционной среды для культивирования суспензионной культуры эхинацеи пурпурной, поскольку наряду с существенным повышением уровней содержания вторичных метаболитов обеспечивается достаточно эффективное накопление биомассы.

## Список использованных литературных источников

1. Носов А.М. Использование клеточных технологий для промышленного получения биологически активных веществ растительного происхождения // Биотехнология. – 2010. – №5. – С. 8–28.
2. Дитченко Т.И., Юрин В.М. Разработка состава продукционной питательной среды для культивирования каллусной ткани эхинацеи пурпурной в качестве источника гидроксикоричных кислот // Труды Белорусского государственного университета. Серия «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2011. – Т. 6, ч. 1. – С. 39–46.

## ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ РЕСВЕРАТРОЛА И КАНДЕСАРТАНА НА МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОСТНОГО МОЗГА МЫШЕЙ

Беляева А.В., Дорофеенко И.С., Анисович М.В., Власенко А.К.,  
Сазанов В.Б., Афонин В.Ю.

ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси», г. Минск,  
E-mail: Aleksandra447@yandex.ru

**Введение.** Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одними из самых распространенных в современном мире. Поэтому создание новых препаратов и их комбинаций для лечения ССЗ является актуальным.

Ресвератрол – эффективный природный антиоксидант. Известны противоопухолевые, противовоспалительные, нейропротекторные, кардиопротекторные и другие эффекты ресвератрола. В РФ изучают такие фармацевтические композиции с ресвератролом, как комбинация ресвератрола и симвастатина (гипохолестеринемическое действие), комбинация ресвератрола с эналаприлом (остеопротективное действие), комплекс ресвератрола с лозартаном (эндотелио- и кардиопротективное действие).

Кандесартан применяется в качестве антигипертензивного средства длительного действия, однако обладает рядом побочных эффектов, а также другими свойствами, включая противоопухолевые. Поэтому были изучены композиции кандесартана с ресвератролом с целью снижения цитотоксического воздействия первого на организм.

**Материалы и методы.** Были взяты мыши линии C57Bl/6 весом 20–25 г (самцы), которых разделили на 5 групп. Мышам 4-х групп вводили кандесартан и ресвератрол в течение 7 недель: группе 1 и 2 вводили кандесартан в дозах 3 мг/кг и 1,5 мг/кг соответственно, животным группы 3 – кандесартан в дозе 1,5 мг/кг и ресвератрол в дозе 1 мг/кг, мышам группы 4 – сартан в дозе 1,5 мг/кг и ресвератрол в дозе 50 мг/кг. Контрольные животные получали 1%-й раствор крахмала. С помощью проточной цитометрии изучали молекулярно-биологические параметры костного мозга мышей, а также число стволовых клеток с CD117.

**Результаты.** Показано, что у группы мышей, получавшей кандесартан в дозе 3 мг/кг, уровень апоптоза и микроядер в костном мозге, был значительно выше по сравнению с контролем. Так, число апоптотических клеток в группе 1 и контроле составило  $6,09 \pm 1,56\%$  и  $2,16 \pm 0,26\%$ , соответственно. Количество микроядер в опытной группе 1 было  $7,47 \pm 3,15$ , в то время как в контроле оно составило  $0,74 \pm 0,08$ . Таким образом, нами впервые установлено, что кандесартан приводит к увеличению числа апоптотических клеток в костном мозге. Введение комбинации с ресвератролом в низкой дозе привело к снижению процента апоптотических клеток и микроядер, что указывает на протекторные свойства выбранного нами антиоксиданта.

Исследование числа стволовых клеток показало, что введение кандесартана в дозе 3 мг/кг и его комплекса с ресвератролом в дозе 50 мг/кг приводит к достоверному увеличению клеток с CD117 в костном мозге ( $P < 0,05$ ).

**Заключение.** Нами впервые показано, что кандесартан приводит к увеличению числа апоптотических клеток и микроядер в костном мозге мышей линии C57Bl/6. Природный антиоксидант ресвератрол в низкой дозе снижает данное отрицательное воздействие сартана. Установлено, что исследуемые субстанции приводят к мобилизации клеток с CD117.

## ВЛИЯНИЕ ГЛИКОЗИДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОГУРЦОВ

Василаки Ю.Л.

Научно-практический институт садоводства, виноградарства  
и пищевой технологии АН Молдовы, Республика Молдова, Кишинев,  
(+373 22) 28 54 31, e-mail: iuliana000@mail.ru

Семена огурцов сохраняют хорошую всхожесть в течение 3–4-х лет хранения. После длительного хранения их прорастание затруднено или невозможно без применения специальной обработки [1, 3]. Одним из способов повышения такого важного параметра как энергия прорастания является обработка семян регуляторами роста растительного происхождения [3].

Объектом исследований являлись семена огурцов гибрида «Родничок» засолочного типа, с низкой всхожестью (49%), который пользуется большим спросом у сельхозпроизводителей за высокие товарные и вкусовые качества. Для повышения всхожести семян огурцов применяли обработку растворами гликозидов растительного происхождения – Павстим, экстрагируемый из лекарственного растения *Digitalis purpurea*, Экостим, полученный из семян *Solanum lycopersicum* Mill. и Скрофулариозид, полученный путем экстракции из растения *Scrophularia nodosa* L. Экстракцию проводили спиртом. Семена огурцов замачивали в водных растворах гликозидов в концентрациях 0,001%, 0,05 и 0,01% в течение 24 часа. Стимулирующее действие препаратов на семена огурцов изучалось в лабораторных условиях в термостате при постоянной температуре 23–25°C. Контролем являлись семена, замачиваемые в дистиллированной воде. Каждый вариант проводился в 4-х повторностях.

Полученные данные показали, что все растворы гликозидов, взятые для изучения, оказывают стимулирующее действие на такие первичные физиологические процессы семян огурцов, как энергия прорастания и всхожесть, а так же они влияют на длину корешков. Более высокие показатели получены в варианте, где семена замачивали в 0,05%-ном растворе биорегулятора Скрофулариозид. Энергия прорастания семян в данном варианте составила 66,8%, что на 18,3% выше относительно показаний, полученным в варианте с

замачиванием семян в дистиллированной воде. Отмечен также стимулирующий эффект и на длине корешков. В варианте с применением Скрофулариозид длина корешков в среднем составила около 6,5 см, превысив контрольный вариант на 18,5%. Не менее эффективны были и препараты Павстим и Экостим. Показатели энергии прорастания семян были на 17,8% и 16,5% выше по сравнению с контролем, соответственно.

В заключение можно сказать что, предпосевное замачивание семян огурцов в растворах регуляторов роста Скрофулариозид в концентрации 0,05%, а так же Павстим и Экостим в концентрации 0,001%, значительно повышало энергию прорастания семян и длину корешков, что является важными показателями для семян огурцов после длительного хранения. Данная обработка в дальнейшем может обеспечить дружные, равномерные всходы, что приводит к повышению урожая и улучшению товарного качества огурцов.

### Список использованной литературы:

1. Botnari V.F., Borovscaia A.D., Chintea P.C., Ganceacovschi-Vasilachi I.L., Procedeu de tratare a semințelor de ceapă, Brevet de invenție MD 315, Chișinău 2011.
2. Кинтя П.К., Лазурьевский Г.В., Балашова Н.Н. и др. Строение и биологическая активность стероидных гликозидов ряда спиростана и фуростана // Отв. ред. Лазурьевский Г. В.; АН МССР, Ин-т экол. генетики. – Кишинев: Штиинца. – 1987. – 141 с.
3. Корлэтяну Л.Б. Применение природных биорегуляторов для повышения жизнеспособности семян овощных культур после длительного хранения. // Analele științifice ale USM, ser. „Știin. Chimico-biologie”, Chișinău, 2007, p. 139–153.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Городецкая Е.А.<sup>1</sup>, Дубодел И.Б.<sup>1</sup>, Кардашов П.В.<sup>1</sup>,  
Корко В.С.<sup>1</sup>, Войцеховская Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> УО «БГАТУ», Минск, helgorod2003@mail.ru,

<sup>2</sup> ГНУ «ЦБС НАН Беларуси», Минск

Рапс (*Brassica Napus I. SSP. Oleifera Metzg*) выращивается как масличная, белковая и углеводная культура, представляющая пищевую, кормовую и техническую ценность. Это культура с высокими медоносными качествами; высоко продуктивная и требующая довольно сложную агротехнику, в том числе на стадии подготовки семян к посеву [1]. К посеву допускаются семена со всхожестью не ниже 85%, их обрабатывают препаратами фунгицидного действия и микроэлементами на прилипателе в машинах КПС-10, ПС-10А. Наши исследования подразумевали поиск ответной реакции семян рапса после пропуска их через магнитный сектор широко распространённой семяочистительной машины К-295 фирмы «Петкус» при различном значении электрического тока с целью упрощения предпосевной подготовки (исключения обработки препаратами). Неумеренное применение пестицидов (гербицидов, инсектицидов, дефолиантов) негативно влияет на качество почвы, может «продвигаться» по пищевым цепочкам. В связи с этим усиленно изучается судьба пестицидов в почвах и возможности их обезвреживания химическими и биологическими способами. Очень важно применять только препараты с небольшой продолжительностью жизни, измеряемой неделями или месяцами. В этом деле уже достигнуты определенные успехи и внедряются препараты с большой скоростью деструкции, однако проблема в целом ещё не решена.

Для исследований были взяты семена рапса стандартной влажности и пропущены через машину при силе тока, равной 0,45, 0,6 и 0,7 А. Затем семена были размещены на увлажнённую фильтровальную бумагу и проращивались в чашках Петри в термостате при температуре +21°C. На третий, пятый и седьмой дни они были сфотографированы и проанализированы. Было хорошо видно, как «зеленеют» проростки в чашках с обработанными семенами, в контрольной массе же много «чёрных точек» – ещё не проросших семян.

Говоря о ценных сельскохозяйственных мелкозерновых культурах, к которым относится рапс, можно утверждать, что обработка его семян в магнитном поле при 0,6...0,7 А существенно ускоряет прорастание семян, упрощая технологию предпосевной подготовки [2]. Среди современных методов предпосевной обработки семян особое место необходимо уделить тем, которые способствуют увеличению продуктивности растений, обладают лучшими технологическими, техническими и энергетическими аспектами использования фактора воздействия в современном сельскохозяйственном производстве.

В электротехнологии электрический ток или поле выступает не только как энергоноситель, имеющий свои преимущества, но и как комплексный фактор, оказывающий термические, электрофизикохимические и биологические воздействия на обрабатываемую среду, а также проявляющий специфическую особенность – информационную составляющую.

### Список литературных источников

1. Технологические основы растениеводства / Козловская И.П. и др. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2010. – 428 с.
2. Городецкая Е.А. Исследование электрофизикохимической стимуляции семян зеленных культур / Корко В.С., Городецкая Е.А. / Агропанорама, № 5, 2012, с. 18–21

# ЭФФЕКТ ЭКЗОГЕННЫХ ПОЛИАМИНОВ НА ПЕРВИЧНЫЕ СТРЕССОВЫЕ РЕАКЦИИ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Демидчик В.В.  
Белорусский Государственный Университет, Минск,  
dzemidchyk@bsu.by

Природные полиамины – низкомолекулярные водорастворимые алифатические амины, содержащие две или более первичных аминогрупп ( $\text{NH}_2\text{-R-NH}_2$ ). Некоторые из них (например, спермин и спермидин) дополнительно включают вторичные аминогруппы. В водных растворах полиамины являются катионами, величина положительного заряда которых зависит от количества аминогрупп. Полиамины синтезируются в клетках большого числа видов растений и животных, где их концентрация может достигать 1-5 ммоль/л (как внутри клетки, так и в апопласте). Наиболее обильны по содержанию в растениях путресцин [ $\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-NH}_2$ ], спермидин [ $\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-NH-(CH}_2\text{)}_3\text{-NH}_2$ ] и спермин [ $\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-NH-(CH}_2\text{)}_4\text{-NH-(CH}_2\text{)}_3\text{-NH}_2$ ]. Уровень биосинтеза полиаминов находится в зависимости от развития стрессовых реакций, в особенности, абиотического характера, возрастая с усилением стрессового воздействия. Обнаруживается позитивная корреляция между концентрацией полиаминов и стрессоустойчивостью высших растений. Предложено множество гипотетических механизмов, объясняющих протекторное действие полиаминов, включая потенциальную защиту от активных форм кислорода (АФК), блокирование ионных каналов, генно-протекторное действие и др. В настоящей работе было протестировано влияние полиаминов на ранние процессы распознавания/кодирования информации о стрессовых воздействиях, в частности, на временное повышение активности  $\text{Ca}^{2+}$  в цитоплазме ( $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$ ) и продукцию таких активных форм кислорода (АФК), как  $\text{H}_2\text{O}_2$  и гидроксильный радикал. В качестве индуктора первичных стрессовых реакций были взяты два стресс-фактора: засоление (20–300 мМ NaCl) и элиситор патогенного гриба *Trichoderma viride* (1% целлюлозин). Использовались растения *Arabidopsis thaliana*, конститутивно экспрессирующие  $\text{Ca}^{2+}$ -связывающий белок экворин. При добавлении 10 ммоль/л NaCl не происходило повышения уровня  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$ , однако

уже при 20 ммоль/л наблюдалось слабое возрастание этого параметра в среднем на  $32,5 \pm 13,6$  нмоль/л ( $n = 3$ ) относительно базального уровня  $76,2 \pm 1,1$  нмоль/л ( $n = 15$ ). Более высокие концентрации NaCl вызывали более сильный вход  $\text{Ca}^{2+}$ . Так при 50, 100, 150, 200, 250 и 300 ммоль/л NaCl наблюдалось повышение на  $247,6 \pm 60,1$  нмоль/л,  $378,5 \pm 30,9$  нмоль/л,  $627,8 \pm 50,7$  нмоль/л,  $696,8 \pm 95,9$  нмоль/л,  $702,7 \pm 70,2$  нмоль/л и  $722,11 \pm 42,06$  нмоль/л, относительно базального уровня, соответственно. Путресцин, спермин и спермидин, добавленные в наружный раствор в концентрации 1 ммоль/л снижали пиковое значение NaCl-индуцируемого роста  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$ . Так в контроле 50 ммоль/л NaCl индуцировало пик  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$  величиной  $247,6 \pm 60,1$  нмоль/л ( $n=3$ ), в то время как, в присутствии в среде 1 ммоль/л путресцина, спермидина или спермина данный пик снижался до  $175,1 \pm 25,2$  нмоль/л,  $155,5 \pm 33,1$  нмоль/л ( $n = 3$ ) и  $53,4 \pm 7,9$  нмоль/л ( $n = 3$ ), соответственно. Схожий характер имело действие полиаминов и при других концентрациях NaCl. Спермин обладал более высокой протекторной способностью по сравнению с другими полиаминами. Схожий характер носили модификации полиаминами волны повышения активности  $\text{Ca}^{2+}$  в ответ на элиситор патогенного гриба. Эксперименты с флуоресцентными АФК-зондами и использование методов электронно-парамагнитно-резонансной спектроскопии показали, что полиамины спермин и спермидин (но не путресцин) способны устранять образующиеся в клетках корня арабидопсиса при действии NaCl и целлюлозина  $\text{H}_2\text{O}_2$  и гидроксильные радикалы. Данная реакция, вероятно, лежит в основе модифицирующего влияния полиаминов на  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$ , поскольку известно, что  $\text{Ca}^{2+}$ -проницаемые каналы плазматической мембраны высших растений способны активироваться АФК, генерируемыми при стрессе, в особенности гидроксильными радикалами.

Работа финансировалась БРФФИ («Исследование клеточных механизмов защитного влияния полиаминов на высшие растения», № госрегистрации 20122237).

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ФИТОФУНГИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ХИНОЛИЗИДИНОВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ АЛКАЛОИДОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Кабашникова Л.Ф., Абрамчик Л.М., Макаров В.Н., Савченко Г.Е.  
ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,  
Минск, e-mail: kabashnikova@ibp.org.by

Снижение количества экологически опасных химических протравителей и частичная их замена препаратами природного происхождения – одна из актуальных проблем защиты сельскохозяйственных растений от болезней. Фунгицидное действие и достаточно быстрое разрушение в почве таких вторичных метаболитов растений как хинолизидиновые алкалоиды позволяют использовать их в качестве заменителей синтетических фунгицидов. В работе исследовали действие фитопатогенного препарата, созданного на основе хинолизидиновых алкалоидов, выделенных из растительного сырья. Обработку вегетирующих в полевых условиях растений озимой пшеницы сорта Соната препаратом (суммарная действующая концентрация алкалоидов – 0,05%) проводили в период выхода в трубку (32 ДК).

Сравнительную оценку эффективности фитопатогенного препарата и стандартных фунгицидов, применяемых в современных технологиях возделывания хлебных злаков, на степень поражения болезнями растений пшеницы проводили на фазе налива зерна (37–39 ДК). При этом была обнаружена высокая конкурентоспособность испытанного фитопатогенного препарата по сравнению со стандартными препаратами, применяемыми в настоящее время в посевах колосовых злаков: уровень заражения контрольных растений септариозом составил 7 баллов, а после обработки хинолизидиновым фитопатогенным препаратом – 1 балл, как и при применении стандартных синтетических фунгицидов (Рекс Дуо и Альто Супер). Эффективность разработанного фитопатогенного препарата в отношении мучнистой росы составила 2 балла (на фоне 6 баллов в контроле), как и при обработке посевов вышеупомянутыми коммерческими веществами.

Анализ морфоструктуры растений после уборки показал, что обработка посевов разработанным фитопатогенным препаратом

способствовала формированию более мощного габитуса растений. При этом сохранялось большее количество продуктивных стеблей на одном растении и в 1 м<sup>2</sup> посева, что в совокупности отразилось на увеличении количества колосов в пересчете на единицу площади посева. Масса зерна в колосе и масса 1000 зерен в результате применения фитопатогенного препарата не изменялись по сравнению с контрольным вариантом. Прибавка урожая зерна в результате обработки фитопатогенным препаратом составила 8,7 ц/га (64,1 ц/га в контроле и 72,8 ц/га при применении хинолизидинового фитопатогенного препарата).

Полученные результаты позволяют говорить о том, что положительное влияние разработанного фитопатогенного препарата на урожайность озимой пшеницы связано в первую очередь со снижением степени инфицирования растений и увеличением густоты продуктивного стеблестоя вследствие повышения жизнеспособности растений в посевах. В целом, проведенные исследования продемонстрировали высокую эффективность фитопатогенного препарата на основе растительных хинолизидиновых алкалоидов, сравнимую с действием стандартных препаратов, применяемых в современных технологиях возделывания злаков.

## ВЛИЯНИЕ ЭПИБРАССИНОЛИДА И ГОМОБРАССИНОЛИДА НА КУЛЬТУРУ ГИАЦИНТОВ (*HYACINTHUS L.*)

Каленчук Т.В.<sup>1</sup>, Володько И.К., Рыженкова Ю.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> УО «ПолесГУ», г. Пинск, e-mail: chrysanthemum@list.ru,

<sup>2</sup> ГНУ ЦБС НАНБ, г. Минск

Гиацинты широко используются для оформления цветников весной, зимней выгонки и на срезку. Целью данной работы является определение влияния биологически активных веществ группы брассиностероидов на рост и развитие отдельных представителей культуры гиацинтов в условиях Республики Беларусь.

Для определения влияния фитогормонов на рост и развитие растений исследуемой культуры было отобрано десять сортов (*Grand Maitre*, *Perle Brillante*, *Marconi*, *Doctor Stresemann*, *Arentine Arendsen*, *Doctor Krueger*, *Borah*, *La Victoire*, *Lord Balfour*), наилучший стимулирующий эффект проявился на пяти сортах (таблица 1).

Гиацинты обрабатывались в открытом грунте 2-хкратно с интервалом 2 недели на стадиях отрастания и начала бутонизации растений по следующей схеме: вариант 1 – контроль, дистиллированная вода; вариант 2 – водный раствор 24-эпибрассинолида (ЭБ) – ЭБ 10–7М; вариант 3 – ЭБ 10–9М; вариант 4 – 28-гомобрассинолид (ГБ) – ГБ 10–7М; вариант 5 – ГБ 10–9М.

В результате выявлены закономерности изменения морфометрических показателей растений гиацинтов разных сортов, характерные для различных концентраций брассиностероидов.

**Таблица 1. Влияние брассиностероидов на морфометрические параметры сортов гиацинтов**

Название сорта	Вариант опыта	Морфометрические признаки	
		Высота цветоноса	Количество цветков
<i>Grand Maitre</i>	вариант 1 – контроль	9,55	7,20
	вариант 2	9,75	9,50
	вариант 3	10,92	9,93
	вариант 4	12,32	9,90
	вариант 5	12,75	11,25

Продолжение Табл. 1

<i>Perle Brillante</i>	вариант 1 – контроль	14,76	4,86
	вариант 2	17,39	7,44
	вариант 3	18,69	9,33
	вариант 4	18,42	13,17
	вариант 5	22,84	18,42
<i>Arentine Arendsen</i>	вариант 1 – контроль	11,79	3,88
	вариант 2	15,02	6,69
	вариант 3	16,82	7,05
	вариант 4	16,01	7,75
	вариант 5	16,92	12,15
<i>La Victoire</i>	вариант 1 – контроль	12,7	9,27
	вариант 2	14,44	12,15
	вариант 3	13,93	14,71
	вариант 4	15,90	18,75
	вариант 5	14,22	12,17
<i>Lord Balfour</i>	вариант 1 – контроль	11,42	8,10
	вариант 2	13,78	14,20
	вариант 3	17,45	14,28
	вариант 4	22,90	15,30
	вариант 5	22,94	18,30

Стимулирующее действие регуляторов роста в большей степени проявилось по параметру высоты цветоноса и количеству цветков. Наиболее эффективными концентрациями брассиностероидов для повышения декоративности сортов гиацинтов являются эпибрассинолид 10<sup>-9</sup>М и гомобрассинолид 10<sup>-9</sup>М.

## ЭКСТРАКЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ 4-ГИДРОКСИИЗОЛЕЙЦИНА ИЗ СЫРЬЯ ТРАВЫ ПАЖИТНИКА ГРЕЧЕСКОГО

Каранкевич Е.Г., Булыга Д.А., Попова О.П., Куваева З.И.  
ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии  
наук Беларуси», Минск, Беларусь, lie@bas-net.by

О лекарственных свойствах пажитника греческого (*Trigonella foenum graecum* L.) широко известно. В листьях и семенах растения обнаружен ряд ценных веществ, обладающих биологической активностью [1]. Среди основных групп соединений можно выделить: полисахариды, стероидные [2] и дегидроксистероидные сапогенины, спиростановые сапонины, алкалоиды, флавоноиды, кумарины, оксикоричные и феноло-кислоты, витамины, белки. Известно, что в листьях и семенах пажитника греческого обнаружены аминокислоты, особый интерес из которых представляет 4-гидроксиизолейцин (4-НПс): антидиабетическое действие растения связывают именно с наличием указанной аминокислоты [3, 4]. Ввиду этого, актуальной задачей является выделение 4-гидроксиизолейцина для использования его в лекарственных целях, и, следовательно, поиск методов разделения и выделения компонентов и их концентрирования в получаемых экстрактах.

Нами было изучено экстракционное выделение 4-гидроксиизолейцина и сопутствующих аминокислот из травы пажитника греческого. Предварительно получали водные экстракты высушенных листьев пажитника греческого. Использование СВЧ-облучения позволило значительно ускорить процесс проведения водной экстракции. Было показано, что равная степень извлечения целевого компонента достигается при СВЧ облучении в течение 45 сек и экстракции с непрерывным перемешиванием при 60°C в течение 1,5 часа, причем в первом случае улучшается соотношение 4-НПс и сопутствующих веществ (СВ) на 10%.

Дальнейшее экстракционное извлечение 4-НПс проводили с использованием динонилнафталинсульфокислоты (НД), растворенной в алифатических растворителях, обладающей высокой экстракционной способностью по отношению к аминокислотам [5]. Установлено, что максимальное извлечение 4-НПс наблюдается в области значе-

ний pH экстракционной системы 1,7–2,5. В процессе реэкстракции было проведено пятикратное концентрирование растворов, степень реэкстракции целевого компонента составила 100%.

Таким образом, в ходе изучения экстракционного извлечения 4-НПс из травы пажитника греческого были определены основные условия получения экстрактов с максимальным содержанием целевого компонента.

### Список использованных литературных источников

1. Mazza, G. Chemistry and pharmacology of fenugreek, in Herbs, Botanicals and Teas / G. Mazza, B.D. Oomah // Technomic Publishing Co., Lancaster, USA. eds. 2000.
2. Medicinal food stuffs. IV. Fenugreek seed. (1); structures of trigoneosides Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa, and IIIb, new furostanol saponins from the seeds of Indian *Trigonella foenum graecum* L. / Yoshikawa, J. [and oth.] // Chem. Pharm. Bull., (Tokyo). – 1997. – Vol.45 (1). P. 81–87.
3. Antidiabetic effects of Fenugreek alkaloid extract in streptozotocin induced hyperglycemic rats / Neveen H.A.E.S. [and oth.] // J.Appl.Sci.Res. – 2007. – Vol.3 (10). P. 1073–1083.
4. Abd-El Mawla, A.M. Elicitation of trigonelline and 4-hydroxyisoleucine with hypoglycemic activity in cell suspension cultures of *Trigonella foenum graecum* L. // A.M. Abd-El Mawla, H.E.H. Osman. // The Open Conf. Proc. J. – 2011. – Vol.2. – P. 80–87.
5. Водопьянова, Л.А. Ионообменная экстракция L-изолейцина динонилнафталинсульфо-кислотой / Л.А. Водопьянова, М.Н. Якимович, З.И. Куваева // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. нав.—2007. – №4. – С.47–50.

## МИКРОБНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Картыжова Л.Е., Алешенкова З.М.  
Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: Liliya\_Kartyzhova@mail.ru

В современной биотехнологии в последние годы четко проявилась тенденция использования методов, подходов и достижений для проведения исследований в смежных областях биологии. Так, например, успехи почвенной микробиологии позволили разрабатывать модельные системы типа растение – микроорганизмы, которые применяются в агроценозах сельскохозяйственных культур и способствуют получению высоких урожаев экологически ценной и экономически выгодной продукции растениеводства. Развитие данного направления будет также способствовать расширению возможностей получения микроклонально размноженного посадочного материала древесно-кустарниковых видов рода *Vaccinium*.

На данном этапе существует множество разнообразных методов культивирования изолированных органов и тканей растений, которые широко используются в физиологии и молекулярной биологии растений, позволяющие получить клонированный растительный материал. Изучено множество регуляторов роста, которые оказывают положительное воздействие на растения на молекулярном уровне, например, влияние фитогормонов на экспрессию генов и генетических программ на уровне регуляции их транскрипции и трансляции [1]. Однако на этапе переноса из пробирки (стерильная среда) в нестерильную среду (почвогрунт) процесс адаптации микроклональных растений в вегетационных сосудах в условиях теплицы занимает значительное время и выход стандартных саженцев с хорошо развитой корневой системой не высокий. Для снижения стрессовой нагрузки при переходе микроклональных растений из стерильных условий в нестерильные требуется разработка новой технологии, отвечающей необходимым требованиям активного роста и развития растений в ассоциации с микроорганизмами.

Выделение из ризосферной почвы лесных фитоценозов и отбор наиболее перспективных штаммов микроорганизмов, обеспечиваю-

щих ростстимуляцию микроклональных растений на разных этапах онтогенеза и, в конечном счете, дальнейшее их развитие и регуляция жизнедеятельности будет способствовать решению вопросов адаптации пробирочных растений к нестерильным условиям. Изучение влияния агрономически ценных микроорганизмов, обладающих разными физиологическими свойствами, на микроклональные растения в период изменения внешних факторов среды позволит оптимизировать условия культивирования ягодных растений и получить стандартный посадочный материал.

Разработка модельных систем с использованием агрономически ценных микроорганизмов, обеспечивающих дополнительным питанием микроклональные растения в период адаптации, является перспективным направлением в питомниководстве ягодных культур. Изучение взаимовыгодного взаимодействия микроорганизмов с растением, характеристика и отбор наиболее перспективных микробно-растительных систем, разработка на их основе технологии получения посадочного материала позволит обеспечить максимальный его выход.

### Литература

1. Холл, М.А. Протеинкиназы растений в трансдукции абиотических и биотических сигналов / М.А. Холл, Г.В. Новикова, И.Е. Мошков, Л.А. Дж. Мур, А.Р. Смит // Физиол. раст. – 2002. – Т. 49, №1. – С. 121–135.

## ВЛИЯНИЕ НАНОПРЕПАРАТА БИОГЕННЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФОТОСИНТЕЗ ЛИСТЬЕВ ПШЕНИЦЫ

Киризий Д.А., Стасик О.О.

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, Киев,  
e-mail: kiriziy@ukrpost.net

Растения озимой пшеницы сорта Смуглянка выращивали в условиях вегетационного опыта на двух фонах минерального питания – высоком (при набивке сосудов вносили  $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) и низком (вносили  $N_{32}P_{32}K_{32}$  мг/кг почвы). В фазу выхода в трубку часть растений обработали 0,064 %-м раствором препарата Аватар-1 (из расчета расхода препарата 2 л/га). Контрольные растения обрабатывали водой.

Карбоксилатный комплекс Аватар-1 (производитель ООО «Аватар», Киев, Украина) получают диспергированием гранул высокочистых металлов импульсами электрического тока в деионизированной воде с последующей реакцией прямого взаимодействия наночастиц с органическими кислотами (винной, яблочной, лимонной, фолиевой, янтарной, малеиновой, фумаровой, аскорбиновой или их смесью – 0,5–10 г/л). Концентрация металлов в этом комплексе составляет: Co – 0,0001–0,0025, Cu – 0,01–0,08, Zn – 0,001–0,007, Fe – 0,0015–0,008, Mn – 0,0005–0,005, Mo – 0,00001–0,0025, Mg – 0,01–0,08 % по действующему веществу.

Измерения интенсивности газообмена проводили на неотделенных от растений флаговых листьях в фазы колошения, цветения и молочно-восковой спелости. Параметры  $CO_2$ -газообмена определяли в контролируемых условиях при помощи установки, смонтированной на базе инфракрасного газоанализатора ГИАМ-5М, включенного по дифференциальной схеме. Температуру листа в камере поддерживали на уровне 25°C, освещенность – 400 Вт/м<sup>2</sup> ФАР. Через камеру продували атмосферный воздух со скоростью 1 л/мин. Интенсивность транспирации определяли термоэлектрическим микропсихрометром.

Полученные результаты свидетельствуют, что обработка растений нанопрепаратом привела к повышению интенсивности видимого фотосинтеза флаговых листьев (в среднем на 10 %), причем этот эффект сохранялся на протяжении всего периода наблюдений. Осо-

бенно заметным он был у растений на низком фоне минерального питания, где в фазу молочно-восковой спелости обработанные растения сравнивались по интенсивности фотосинтеза с растущими на высоком фоне, в то время как у необработанных этот показатель был почти на 30 % меньше. На высоком фоне минерального питания отмечена лишь тенденция к превышению интенсивности фотосинтеза обработанных препаратом растений над необработанными, тогда как на низком фоне в фазы колошения и молочно-восковой спелости это превышение было существенным.

Влияние препарата Аватар-1 на фотодоыхание флаговых листьев было менее выраженным. Можно отметить лишь некоторое уменьшение этого показателя у растений на высоком фоне минерального питания в фазу колошения. В остальных случаях различия между обработанными и необработанными растениями были несущественными.

Интенсивность транспирации растений, обработанных нанопрепаратом, заметно возросла, особенно в период налива зерна, причем эффект был выражен сильнее на низком фоне минерального питания, как это наблюдалось и для интенсивности фотосинтеза. Расчеты проводимости листьев для  $CO_2$  показали, что существенное увеличение интенсивности фотосинтеза листьев обработанных растений на низком фоне минерального питания в фазу молочно-восковой спелости было обусловлено повышением как листовой, так и мезофилльной проводимости. Однако при этом листовая проводимость, основной составляющей которой является проводимость устьиц, увеличилась сильнее, чем проводимость мезофилла.

Таким образом, обработка растений озимой пшеницы в фазу выхода в трубку нанопрепаратом биогенных металлов повышает интенсивность фотосинтеза флагового листа в период налива зерна, причем эффект выражен сильнее при недостатке минерального питания. Это может быть перспективным для повышения продуктивности пшеницы в стрессовых условиях.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ НА КЛЕТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ *SILYBUM MARIANUM* L.

Копач О.В.<sup>1</sup>, Кузовкова А.А.<sup>1</sup>, Азизбекян С.Г.<sup>2</sup>, Решетников В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск,

e-mail: olga-kopa@mail.ru

<sup>2</sup> ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,

г. Минск, e-mail: mechanochem@ifoch.bas-net.by

Основной недостаток технологий получения ценных биологически активных веществ (БАВ) с использованием клеточных культур лекарственных растений – низкий конечный выход продукта. Одними из факторов, регулирующих биосинтез БАВ в *in vitro* культурах, являются химические вещества, выступающие в качестве предшественников БАВ или стимуляторов их синтеза. В настоящее время нами исследуется действие препарата наночастиц меди (наноCu) как потенциального регулятора метаболизма каллусных культур расторопши пятнистой. Наночастицы элементов представляют собой нерастворимые вещества сверхмалых размеров, способные проникать через клеточную стенку и мембраны растений вместе с жидкой фазой. Они характеризуются высокой реакционной способностью и каталитической активностью. *S. marianum* обладает выраженной металлофитностью к ряду микроэлементов, в том числе и к Cu. Данный микроэлемент играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, повышает интенсивность дыхания, влияет на углеводный и белковый обмен растений. Биологические эффекты препарата наноCu в 2-х концентрациях (0,15 и 1,5 мг/мл среды культивирования) оценивали на длительнопассируемых (на 8-м и 11-ом пассаже) стеблевых и корневых каллусах, полученных от эксплантов *S. marianum* двух рас – красноцветкового белорусского сорта Золушка и белоцветкового венгерского сортаобразца. Тестируемыми параметрами были содержание белка и активность антиоксидантных ферментов (пероксидаз, каталаз). Внесение в среду культивирования наноCu не повлияло на содержание белка в каллусах *S. marianum* – не имели значения ни концентрация наночастиц, ни происхождение и возраст клеточной культуры, тогда как активность исследуемых ферментов зависела от данных параметров, что выражалось в разной степени увеличения/уменьшения активности пероксидаз и каталаз.

Так, в корневом каллусе от растений сорта Золушка на среде с 0,15 мг/мл наноCu происходило увеличение активности пероксидаз от 1,5 раз (в 8-м пассаже) до 1,7 (в 11-м пассаже), а на среде с 0,15 мг/мл наноCu – в 6,3 раза независимо от пассажа. В стеблевом же каллусе, полученном от тех же растений, наблюдалось повышение активности пероксидаз только в 11 пассаже: в 2,4 раза – при 0,15 мг/мл наноCu и в 2,9 – при 1,5 мг/мл. В стеблевых каллусах, иницированных на эксплантах венгерского сортаобразца, ни на 8-ом, ни на 11-ом пассажах внесение препарата наноCu в среду культивирования не влияло на активность пероксидаз. Однако в корневых каллусах от этих же растений активность пероксидаз возрастала как в 8-м, так и в 11-ом пассажах. В первом случае увеличение было одинаковым (в 2,7 раза) независимо от концентрации наноCu в среде, во втором случае – в 1,8 раз на среде с 0,15 мг/мл наноCu и в 5,4 раз – при 1,5 мг/мл наноCu.

В корневом каллусе 8 пассажа от сорта Золушка активность каталазы под действием наноCu не изменялась. В стеблевом же каллусе отмечено увеличение активности в 1,2 раза при концентрации наноCu 1,5 мг/мл и в 2 раза – при 0,15 мг/мл. Дальнейшее культивирование (до 11 пассажа) корневых и стеблевых каллусов от сорта Золушка на среде с 0,15 мг/мл наноCu привело к увеличению активности каталазы в 2 раза в обоих случаях, а при концентрации наноCu 1,5 мг/мл – соответственно, в 2,4 и 2,9 раз. Добавление наноCu в среду культивирования резко снижало активность каталазы в корневых и стеблевых каллусах 8 пассажа от сортаобразца венгерской селекции: при концентрации наноCu 0,15 мг/мл, соответственно, в 3,6 и 18,9 раз, а при 1,5 мг/мл – соответственно, в 3,2 и 5,9 раз. Однако на 11 пассаже в данных корневых и стеблевых каллусах происходило увеличение активности каталазы: при 0,15 мг/мл наноCu в среде – соответственно, в 5,1 и 2,8 раз, при 1,5 мг/мл наноCu – соответственно, в 7,1 и 3,2 раза.

## СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ КАЛЛУСОВ *SILYBUM MARIANUM* L. В ПРОЦЕССЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Копач О.В.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г.Минск,  
e-mail: olga-kopa@mail.ru

In vitro культуры клеток, тканей, органов и микрорастения можно использовать как «фабрики» по производству биологически активных веществ (БАВ). Однако широкое их использование часто лимитировано рядом факторов, один из которых – недостаток знаний о физиологии и биохимии клеточных культур растений. Цель наших исследований состояла в установлении характера изменений в антиоксидантной системе корневого и семядольно-листового каллусов лекарственного растения расторопши пятнистой (*Silybum marianum* L.) в процессе культивирования в течение 11-ти пассажей. Тестируемыми параметрами были содержание белка и активность пероксидаз гваяколового типа (ПГТ) и каталаз в каллусах 0, 2, 5, 8 и 11-го пассажей. Каллусы получали на эксплантах *S. marianum* двух рас – красноцветкового сорта Золушка белорусской селекции и белоцветкового сортаобразца венгерской селекции. Нами установлено, что в течение всего исследуемого периода культивирования каллусы от эксплантов сорта Золушка отличались от таковых сортаобразца венгерской селекции по уровню накопления белка и активности анализируемых ферментов.

Так, процесс дедифференциации клеток на эксплантах *S. marianum*, независимо от их происхождения (от типа исходной ткани и сорта растений), но за исключением процесса на корневых сегментах сорта Золушка, сопровождался повышением содержания белка на начальных этапах с пиком на 2-ом либо 5-ом пассаже. Начиная же с 8-го пассажа, происходило достаточно резкое снижение данного показателя с минимальным значением в 11-ом пассаже. При каллусогенезе на корневых сегментах сорта Золушка момент снижения содержания белка в клетках, скорее всего, отложен во времени (наступает позже 11-го пассажа).

В процессе каллусообразования активность ПГТ (у.е/мг белка) в семядольно-листовом каллусе сорта Золушка резко уменьшалась от

0-го ко 2-му пассажу, далее плавно снижалась к 5-му и потом возрастала, демонстрируя максимальную активность в 11-ом. В семядольно-листовом каллусе венгерского сортаобразца активность ПГТ в 0, 2 и 8-м пассажах не тестировалась используемым методом, но в 11-м пассаже была на достаточно высоком уровне ( $1057,56 \pm 69,687$ ). В корневом каллусе сорта Золушка активность ПГТ стремительно уменьшалась от 0-го к 5-му пассажу, но уже к 8-му пассажу возрастала до  $7,197 \pm 0,26$ , а к 11-му – еще в 15,3 раза. Как и в случае с семядольно-листовым каллусом, активность ПГТ в корневом каллусе венгерского сортаобразца не тестировалась на отдельных стадиях каллусогенеза (во 2 и 8-ом пассажах), но 0-м пассаже была на уровне  $435,93 \pm 26,13$ , резко падая к 5-му и затем возрастая к 11-му ( $182 \pm 19,483$ ). Таким образом, процесс каллусообразования и на семядольно-листовых, и на корневых эксплантах *S. marianum* сорта Золушка сначала сопровождался уменьшением активности ПГТ от 0-го до 5-го пассажа, затем, начиная с 8-го пассажа, – увеличением, достигая высоких значений в 11-ом. Процесс дедифференциации клеток на эксплантах венгерского сортаобразца характеризовался отсутствием активности ПГТ на отдельных этапах (0, 2 и 8-м пассажах), но неизменно наблюдалась достаточно высокая активность в 11 пассаже.

Характер изменений активности каталаз (у.е/мг белка) в процессе дедифференциации клеток *S. marianum* совпадал с таковым ПГТ. Так, активность каталаз в корневых каллусах и сортаобразца венгерской селекции, и сорта белорусской постепенно увеличивалась по мере дедифференциации клеток, достигая максимума в 11-ом пассаже. Как и в случае с ПГТ, в семядольно-листовом каллусе венгерского сортаобразца активность каталаз не тестировалась в 0, 2 и 8-м пассажах, в 5-м составила  $0,051 \pm 0,022$ , а в 11-ом пассаже возросла до  $0,442 \pm 0,063$ . В процессе каллусообразования активность каталаз в семядольно-листовом каллусе сорта Золушка резко уменьшалась от 0-го к 5-му пассажу, а потом возрастала, демонстрируя максимальную активность в 11-ом пассаже.

Научное издание

**Биологически активные вещества растений –  
изучение и использование**

**Материалы международной научной конференции  
(29–31 мая 2013 г., г. Минск)**

Ответственный за выпуск *О.Н. Козлова*

Корректор *И.А. Каранкевич*

Оригинал-макет выполнен издательством ЗАО «Конфидо»

Подписано в печать 25.05.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага мелованная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 8,37.  
Уч.-изд. л. 4,29. Тираж 100 экз. Заказ № 220.

УП «ИВЦ» Минфина Республики Беларусь»

ЛИ № 02330/0494336 от 16.03.2009

ЛП № 02330/0494120 от 11.03.2009

Ул. Кальварийская, 17, г. Минск, Республика Беларусь, 220004