

**ВЕСТНИК ЧУВАШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И. Я. ЯКОВЛЕВА 2013. № 2 (78) Серия «Естественные  
и технические науки»**

Учредитель ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-36709 от 01 июля 2009 г.)

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6).

Главный редактор Б. Г. Миронов

Заместитель главного редактора Т. Н. Петрова

Ответственный редактор Л. Н. Улюкова

Ответственный секретарь А. А. Сосаева

Редакционная коллегия: Алексеев В. В. (г. Чебоксары), Боряев Г. И. (г. Пенза), Воронов Л. Н. (г. Чебоксары), Газизов М. Б. (г. Казань), Герасимова Л. И. (г. Чебоксары), Голиченков В. А. (г. Москва), Димитриев Д. А. (г. Чебоксары), Илларионов И. Е. (г. Чебоксары), Ильин Е. А. (г. Москва), Ильина Н. А. (г. Ульяновск), Козлов Ю. П. (г. Москва), Максимов В. И. (г. Москва), Митрасов Ю. Н. (г. Чебоксары), Насакин О. Е. (г. Чебоксары), Ноздрин В. А. (г. Орел), Орлов В. Н. (г. Чебоксары), Радаев Ю. Н. (г. Москва), Рябинина З. Н. (г. Оренбург), Сергеева В. Е. (г. Чебоксары), Ситдииков Ф. Г. (г. Казань), Скворцов В. Г. (г. Чебоксары), Филиппов Г. М. (г. Чебоксары), Шуканов А. А. (г. Чебоксары).

Адрес редакции: 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38 Тел.: (8352) 62-08-71

E-mail: [redak\\_vestnik@chgpu.edu.ru](mailto:redak_vestnik@chgpu.edu.ru) www: <http://vestnik.chgpu.edu.ru/>

**ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
АТМОСФЕРЫ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**CHARACTERISTIC FEATURES OF TARAXACUM OFFICINALE METABOLISM UNDER THE CONDITIONS OF  
ATMOSPHERE POLLUTION CAUSED BY MOTOR TRANSPORT**

Г. В. Воробьев<sup>1</sup>, А. Ю. Алябьев<sup>2</sup>, Т. П. Якушенкова<sup>1</sup>, К. К. Ибрагимова<sup>1</sup> G. V. Vorobyev<sup>1</sup>, A. Y. Alyabyev<sup>2</sup>, T. P. Yakushenkova<sup>1</sup>, K. K. Ibragimova

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

г. Казань <sup>2</sup>Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, г. Казань

Аннотация.

Морфологические формы одуванчика лекарственного проявляют различия в уровне энергетического обмена и интенсивности фотосинтеза. Форма с повышенными значениями этих показателей (*T. off. f. dahlstedtii*) была более устойчива к загрязнению атмосферы автомобильным транспортом. Abstract. The morphological forms of *Taraxacum officinale* show the gap in power exchange and photosynthesis intensity. The form with the high parameters (*T. off. f. dahlstedtii*) was more resistant to the atmosphere pollution caused by motor transport. Ключевые слова: одуванчик лекарственный, фотосинтез, дыхание, тепловыделение, загрязнение атмосферы. Keywords: *Taraxacum officinale*, photosynthesis, breath, heat emission, atmosphere pollution. Актуальность исследуемой проблемы. Сопrotивляемость растений антропогенным стрессорам определяется их возможностями модифицировать метаболические процессы, что позволяет в полной мере реализовать свой эволюционно-адаптационный потенциал. Одуванчик лекарственный широко используется в качестве тест-объекта экологических исследований. Адаптивные возможности популяций одуванчика оцениваются по жизнеспособности семенного потомства [5], по уровню сопряженности морфометрических признаков [1], по степени перекисидации мембранных липидов [6]. В настоящем исследовании сделана попытка выявить метаболические различия, определяющие адаптационный потенциал одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* s.l.) двух морфологических форм (*T. off. f. dahlstedtii* и *T. off. f. pectinatiforme*) городских ценопопуляций. Материал и методика исследований. В качестве объекта исследований был выбран одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* Wigg. s.l. – семейство Asteraceae Dumort. (Compositae Giseke), род *Taraxacum officinale* Wigg. Одуванчик – факультативный апомикт. В пределах вида различают большое количество апомиктических разновидностей – микро- видов, биотипов меньшего размера, имеющих морфологические отличия, утративших способность к перекрестному опылению и существующих в одних биотопах. В практической систематике с определенной долей условности такие группы приравниваются к «нормальным» амфимиктическим видам. Жизненная форма, структура однолетних и многолетних органов у всех микровидов комплекса *Taraxacum officinale* Wigg. s.l. одинаковы. Одуванчик – многолетний травянистый стержнекорневой факультативно корнеотпрысковый поликарпик с симподиальной системой вегетативных побегов [2]. Биотипы различаются формой и степенью рассеченности листовой пластинки, долей и их зубцов. Нами определены две морфологические формы: одуванчик Дальштедта (*T. off. f. dahlstedtii* Lindb. fil.) и одуванчик гребенчатовидный (*T. off. f. pectinatiforme* Lindb. fil.), которые хорошо различимы на генеративной стадии онтогенеза. Известно, что данные морфологические формы на популяционном уровне проявляют различия в

устойчивости к химическому загрязнению среды [1]. Для исследований использовали растения молодого генеративного (q1) онтогенетического состояния, которые отбирали с пробных площадок размером 10×40 м, поделенных на три участка. Ценопопуляция № 1 рассматривалась в качестве условно- контрольной: она расположена на опушке смешанного леса, находящегося в 7 км от го- рода и в 0,1 км от проселочной дороги (район пос. Усады). Ценопопуляции № 2 и 3 – газоны, расположенные вблизи регулируемых перекрестков на ул. Татарстан и Горьковское шоссе соответственно. Расчет выбросов автотранспорта в районе регулируемого перекрестка произведен согласно методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов (утверждена приказом Госкомэкологии России от 16 февраля 1999 года № 66). Согласно этим расчетам ценопопуляцию № 2 можно отнести к загрязненной, а № 3 – к сильно загрязненной (табл. 1).

Таблица 1 Удельные значения выбросов автомобилей в зоне регулируемого перекрестка (в г/мин, среднее ± SD, n=4).

Собранные семена хранили в бумажных пакетах при комнатной температуре в сухом месте. Определяли энергию прорастания на 7-е сутки проращивания выполненных семян, отличающихся по цвету семенной оболочки. Для характеристики одного участка популяции проращивали в двух повторностях по 50 семян в чашке Петри на отстоянной водопроводной воде. Интенсивность фотосинтеза (ассимиляции CO<sub>2</sub>) регистрировали портативной системой измерения газообмена GFS-3000 (Heinz Walz GmbH, Германия). Средние значения интенсивности ассимиляции CO<sub>2</sub> получены от 10 молодых генеративных растений (q1) в расчете на массу сырых листьев. Фиксировали световые кривые фотосинтеза в лабораторных условиях.

Тепловыделение регистрировали дифференциальным темновым микрокалориметром LKB-2277 (Bio Activity Monitor, Швеция). Для определения тепловыделения усредненную от трех растений навеску корней (30–40 мг) помещали в калориметрическую ампулу объемом 3 см<sup>3</sup> с 1 см<sup>3</sup> отстоявшейся водопроводной водой. Время термостатирования образца до начала измерений – 30 минут. Рабочий диапазон чувствительности усилителя – 100 мкВ. Измерения проводились при температуре 30 оС. Одна биологическая повторность – три ампулы. Средние значения были рассчитаны от трех биологических повторностей. Дыхательный газообмен регистрировали манометрическим методом в аппарате Варбурга. Навеску отсеченных корней по 150 мг от трех растений в трех повторностях помещали в сосудики Варбурга и после 10-минутного термостатирования измеряли потребление кислорода при температуре 30 оС. Средние значения были рассчитаны от трех биологических повторностей. Результаты исследований и их обсуждение. Исследуемые морфологические формы одуванчика лекарственного проявляют различия в стратегии выживания. У *T. dahlstedtii* проявляется защитная компонента в онтогенетической стратегии выживания, а у *T. pectinatiforme* – комбинированная стрессо-защитная компонента [1]. Тип стратегии был определен из уровня сопряженности морфометрических признаков. На уровне физиологических процессов исследуемые морфологические формы проявляют различия в интенсивности дыхания и тепловыделения корней в зависимости от загрязненности. Эти показатели были существенно ниже у форм, произраставших в условиях ул. Горьковское шоссе (сильное загрязнение), а при сравнении двух форм более низкие показатели были у *T. off. f. pectinatiforme*. Известно, что резкое снижение тепловыделения при экстремальном засолении в 500 мМ NaCl является защитной реакцией клетки и сопряжено с защитным торможением метаболизма [3]. При существующей конкуренции за метаболическую энергию между процессами повреждения и репарации торможение метаболизма способствует сдвигу соотношения в направлении использования энергии на репарацию [8]. Рассчитать количество этой энергии можно, сделав некоторые преобразования.

Образующуюся при дыхании энергию (Е<sub>дых.</sub>) оценивали по изменению энтальпии на нмоль потребленного для окисления субстрата O<sub>2</sub> [10], используя коэффициент, равный 455 мкВт/нмоль. Полученное преобразование дает возможность определить количество сохраненной при дыхании энергии (ΔН) [4], которую рассчитывали как разность между общим количеством энергии, образовавшейся при окислении дыхательного субстрата (Е<sub>дых.</sub>), и потерями энергии в форме тепла (рис. 1). На рис. 1 представлены зависимости энергии, образующейся в результате окисления дыхательного субстрата (Е<sub>дых.</sub>) и ΔН, от уровня загрязненности атмосферы автотранспортом. Для *T. officinale dahlstedtii* характерен более высокий уровень как Е<sub>дых.</sub>, так и ΔН во всех исследованных ценопопуляциях. Достоверно различимы.

В условно-контрольной ценопопуляции обе морфологические формы на процессы метаболизма тратят менее 50 % Е<sub>дых.</sub>, в ценопопуляции № 2 – более 55 %.

Следует отметить тот факт, что интенсивность фотосинтеза (А) у растений *T. officinale pectinatiforme* ниже, чем у *T. officinale dahlstedtii*, как в ценопопуляции № 2, так и в ценопопуляции № 3. Известно, что стресс, индуцируя избыточную активацию метаболизма, может вызвать общие адаптивные механизмы неспецифической устойчивости [11], [9], [7]. Можно предположить, что большее количество энергии, получаемое и расходуемое *T. officinale dahlstedtii* на жизнедеятельность, позволяет этим растениям эффективнее адаптироваться к сильному загрязнению. При верности этого предположения семенное потомство данной морфологической формы одуванчика будет качественно отличаться от потомства *T. officinale pectinatiforme* q1.

При подготовке семян к проращиванию было замечено различие в интенсивности окраски семенной оболочки. Это различие нашло отражение в энергии прорастания семян, разделенных по принципу окраски семенной оболочки.

С ростом загрязненности энергия прорастания снижается у семян без пигмента. Для нормально окрашенных семян *T. officinale dahlstedtii* зависимость не столь очевидна.

Резюме. Проведенные исследования показывают, что более высокий уровень метаболизма *T. officinale dahlstedtii* позволяет им лучше адаптироваться к загрязнению атмосферы автомобильным транспортом, что в конечном итоге приводит к более высокому качеству семенного потомства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жуйкова, Т. В. Адаптация растительных систем к химическому стрессу: популяционный аспект / Т. В. Жуйкова, В. С. Безель // Вестник Удмуртского университета. – 2009. – Вып. 1. – С. 31–42.
2. Ермакова, И. М. Одуванчик лекарственный. Номенклатура и систематическое положение / И. М. Ермакова // Биологическая флора Московской области / под ред. В. Н. Павлова, Т. М. Работнова, В. Н. Тихомирова. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – Т. 8. – С. 210–269.
3. Мелехов, Е. И. О возможном принципе регуляции повреждения и защитной реакции клетки / Е. И. Мелехов // Журнал общей биологии. – 1983. – Т. 44. – № 3. – С. 386–397.
4. Петров, В. Е. Энергетика ассимилирующей клетки и фотосинтез / В. Е. Петров. – Казань : Из-во Казанского университета, 1975. – 150 с.
5. Позолотина, В. Н. Пути адаптации ценопопуляций одуванчика лекарственного к длительному химическому и радиационному воздействию / В. Н. Позолотина, Е. В. Антонова, В. С. Безель, Т. В. Жуйкова, О. А. Северюхина // Экология. – 2006. – № 6. – С. 440–445.
6. Савинов, А. Б. Интенсивность перекисного окисления липидов у *Taraxacum officinale* Wigg. и *Vicia cracca* L. в биотопах с разными уровнями загрязнения почв тяжелыми металлами / А. Б. Савинов, Л. Н. Курганова, Ю. И. Шекунов // Экология. – 2007. – № 3. – С. 191–197.
7. Шакирова, Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция / Ф. М. Шакирова. – Уфа : Гилем, 2001. – 160 с.

8. Criddle, R. S. Effects of NaCl on metabolic heat evolution rates by barley roots / R. S. Criddle, L. D. Hansen, R. W. Breidenbach, M. R. Ward, R. C. Huffaker // *Plant Physiol.* – 1989. – Vol. 90. – P. 53–58.
9. Franco, E. Modulation of D1 protein turnover under cadmium and heat stress monitored by [35S] methionine incorporation / E. Franco, S. Alessandrelli, et al. Masojidek // *Plant Sci.* – 1999. – Vol. 144. – P. 53–61.
10. Hansen, L. D. The relation between plant growth and respiration: A thermodynamic model / L. D. Hansen, M. S. Hopkin, D. R. Rank, T. S. Anekonda, R. Breidenbach W., R. S. Criddle // *Planta.* – 1994. – Vol. 194. – № 1. – P. 77–85.
11. Ishikama, M. Comparison of viability tests for assessing cross-adaptation to freezing, heat salt stress induced by abscisic in bromegrass (*Bromus inermis* leys) suspension culture cells / M. Ishikama, A. J. Robertson, L. Gusta // *Plant Sci.* – 1995. – Vol. 107. – P. 83–93.