

**(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)**

На правах рукописи

**АБДУЛЛИНА**

**Олеся Анатольевна**

**ОБЩНОСТЬ И ПОЛИВАРИАНТНОСТЬ МОРФО-  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ  
АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ  
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

Специальности: 03.00.16 – экология,  
03.00.12 - физиология и биохимия растений

**Автореферат**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата биологических наук**

Тольятти – 2006

Работа выполнена на кафедре физиологии растений  
Башкирского государственного университета

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор  
Искандер Юсуфович Усманов

доктор биологических наук, профессор  
Зульфира Фаузиевна Рахманкулова

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор  
Людмила Михайловна Кавеленова

кандидат биологических наук, доцент  
Алина Алексеевна Устинова

Ведущая организация:

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Защита диссертации состоится 10 октября 2006 г. в 11<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 002.251.01 в Институте экологии Волжского бассейна РАН по адресу: 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10.

Тел. (8482) 489-977, факс (8482) 489-504. E-mail: ievbras2005@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии Волжского бассейна РАН.

Автореферат разослан 1 августа 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



А.Л. Маленев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Соли металлов в окружающей среде являются мощным экологическим фактором, оказывающим влияние на физиолого-биохимические процессы в растительных организмах. Как избыток, так и недостаток многих макро - и микроэлементов может вызывать целый ряд негативных процессов, таких как нарушение дыхания, фотосинтеза, фиксации и ассимиляции некоторых главных питательных веществ (Ильин, 1985; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Демидчик и др., 2001; Singh et al., 2005).

Общей реакцией живых систем на отклонение условий среды от оптимальных является активизация адаптивных механизмов к изменившимся условиям. Ранее было показано, что для каждого вида растений вырабатываются характерные механизмы устойчивости, представляющие комплекс морфофизиологических и биохимических приспособлений, через которые реализуется адаптивная стратегия (Grime, 1988; Миркин, 1999; Усманов и др., 1990, 2002; Рахманкулова и др., 2001). Известно, что от эффективности использования растением материально-энергетических ресурсов зависит успех адаптации растений (Жученко, 1988; Усманов, 1987). Однако оценка энергетической эффективности таких затрат представляет собой сложную задачу (Семихатова, 1998; Рахманкулова, 2001). При изменении условий среды может происходить смена соотношений альтернативных путей дыхательного метаболизма (Шугаев, 1999; Меденцев и др., 1999; Федяев и др., 2001). Изменение направления и величины соотношений альтернативных путей дыхательного метаболизма характеризует энергетическую эффективность трат на адаптацию (Рахманкулова и др., 2003).

Одним из главных проявлений токсического действия избытка цинка и меди является окислительный стресс (Prasad et al., 1999; Clijsters et al., 1999; Cuypers et al., 1999; Schutzendubel, Polle, 2002). Возникающие при стрессе активные формы кислорода (АФК) изменяют активность энзиматических антиоксидантных защитных систем (Chen et al., 2000; Ванюшин, 2001; Malecka et al., 2001; Erdei et al., 2002; Wang et al., 2004). Имеются данные об увеличении степени вовлечённости альтернативной оксидазы в дыхание при стрессе, что препятствует накоплению АФК (Шугаев, 1999; Maxwell et al., 1999; Грабельных, 2005).

Цели и задачи исследования. Цель исследования состояла в выяснении особенностей формирования адаптации представителями разных видов растений при стрессе (избыток цинка и меди, дефицит элементов минерального питания).

Для достижения указанной цели ставились следующие задачи:

1) Исследование морфометрических параметров растений видов *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Dactylis glomerata* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., и растений в пределах одного вида *Calendula officinalis* L. на примере трех сортов: Кальта, Кабуна Голд и Калифорний-

ская в изменяющихся условиях (избыток цинка и меди, дефицит элементов минерального питания).

2) Изучение реализации в данных условиях адаптационного потенциала исследуемых растений на уровне энергетических параметров.

3) Исследование включения адаптационных защитных механизмов на уровне биохимических процессов у растений *T. aestivum* и *Z. mays*.

Научная новизна работы. Впервые у представителей разных видов растений проведен сравнительный анализ соотношения дыхательных путей в условиях стресса (повышенного содержания цинка, меди и дефицита элементов минерального питания). Изучены пути формирования стресс - индуцированного адаптационного ответа растений на уровне морфофизиологических и биохимических параметров.

Теоретическое значение. Материалы диссертационного исследования дополняют и расширяют современное понимание механизмов, лежащих в основе развития устойчивости растений.

Практическое значение. На основании данных могут быть выработаны рекомендации при выращивании растений на территориях загрязнённых тяжелыми металлами. Полученные в работе материалы могут быть использованы при чтении лекций по общему курсу экологической физиологии растений и спецкурсам.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были представлены на конференции молодых ученых «Проблемы физиологии растений и генетики на рубеже третьего тысячелетия» (Киев, 2000); научной конференции по научно-техническим программам Минобразования России (Уфа, 2000); 5-ой Пущинской конференции молодых ученых (Пушино, 2001); годичном собрании Общества физиологов растений России «Экспериментальная биология растений 2001» (Уфа, 2001); 4-ом международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Пушино, 2001); международной конференции по экологической физиологии растений «Актуальные вопросы экологической физиологии растений в 21 веке» (Сыктывкар, 2001); международном симпозиуме «Растение под влиянием стресса», (Москва, 2001); VI международном симпозиуме «Ионы металлов и растения» (Санкт-Петербург, 2002); 13-ом конгрессе FESPP (Греция, 2002); 21-ом конгрессе Scandinavian Plant Physiology Society (Дания, 2003); 5-ом международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Пушино, 2003); 7-ой Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология - наука 21-го века» (Пушино, 2003); 5-ом Съезде Всероссийского общества физиологов растений, международной конференции «Физиология растений - основа фитобиотехнологии», (Пенза, 2003); Региональной научно-практической конференции «Технология выращивания и использование лекарственных культур», (Уфа, 2003); XI международной конференции студентов и аспи-

рантов по фундаментальным наукам «Ломоносов - 2004», (Москва, 2004); Всероссийской конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды», (Уфа, 2004); XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2006», (Москва, 2006).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 работы.

Декларация личного участия автора. Планирование экспериментов, выращивание и сбор растительного материала, обработка данных и написание диссертации проведены лично автором по плану, согласованному с научными руководителями.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Абиотические факторы (избыток цинка и меди, дефицит элементов минерального питания) вызывают множественные изменения в метаболизме растительного организма у одно- и двудольных. Эколого-физиологический анализ на уровне межвидовых и внутри видовых изменений служит основой для изучения устойчивости и экологической селекции растений.

2. Включение первичных приспособительных реакций в ответ на воздействие избытка цинка и меди, дефицита минерального питания ограничивается энергетическими возможностями растения. Использование показателя энергетического баланса ( $\Sigma R/Pg$ ), степени его изменения в условиях указанного стресса, в совокупности с адаптационными затратами и ростовыми показателями может служить для прогнозирования потенциальной продуктивности и устойчивости разных видов растений на ранних стадиях развития.

3. Избыток цинка и меди вызывает каскад ответных реакций на уровне биохимических процессов, направленных на нейтрализацию негативного воздействия данного вида стресса, исследование которых в комплексе с энергетическим балансом у растений с различным типом фотосинтетического метаболизма (C3 и C4) позволяет дополнительно оценивать состояние растений.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания методов исследований, результатов и их обсуждения, заключения, выводов. Работа изложена на 158 страницах, содержит 5 таблиц, 37 рисунков. Список литературы представлен работами 137 отечественных и 252 зарубежных авторов.

Благодарности. Автор благодарит за ценные советы, помощь и содействие в работе научных руководителей: доктора биологических наук, профессора Усманова Искандера Юсуфовича и доктора биологических наук, профессора Рахманкулову Зульфиру Фаузиевну.

1. Показано, что в условиях избыточного содержания в среде цинка и меди исследуемые виды сельскохозяйственных растений, с различным типом фотосинтетического метаболизма ( $C_3$  и  $C_4$ ), по-разному реагировали на стресс. Растения *Triticum aestivum* L. характеризовались большей пластичностью метаболизма по сравнению с *Zea mays*: реализация адаптационного потенциала у растений *T. aestivum* происходила путем активного задействования всех адаптационных возможностей (усиление энергетических затрат за счет наиболее энергетически выгодного цитохромного пути, активизация антиоксидантных механизмов, увеличение стресс-индуцированного накопления пролина).

2. Выявлены сортовые различия адаптивного ответа на избыток цинка и меди в пределах одного вида *Calendula officinalis* L. Сорты Кальта и Каблуна Голд были менее продуктивны и более устойчивы к воздействию тяжёлых металлов (цинка и меди), особенно растения сорта Каблуна Голд. Растения сорта Калифорнийская были высокопродуктивными и не устойчивыми к данному стрессу.

3. На основе анализа морфофизиологических параметров и энергетических затрат показано, что растения *Calendula officinalis* L. сорта Каблуна Голд и *D. glomerata* L. более устойчивы к дефициту элементов минерального питания; растения *L. quinquelobatus* Gilib., и *C. officinalis* L. сорта Калифорнийская и Кальта - не устойчивы к данному стрессу (значительное увеличение  $\Sigma R/Pg$ , адаптационных дыхательных затрат, диссипация неиспользуемых метаболитов).

4. Исследование включения адаптационных защитных механизмов на уровне биохимических процессов дополняют морфофизиологический анализ состояния растений. Показано что, изменение некоторых биохимических параметров в определенном векторе значений (увеличение активности пероксидазы, накопления пролина, более низкий уровень МДА) свойственно более устойчивым растениям.

5. Показано, что для более объективной физиологической характеристики и дифференциации по степени устойчивости представителей разных видов растений и сортов (в пределах одного вида) при стрессе (избыток цинка и меди в среде, дефицит элементов минерального питания) может быть использован комплекс общих, более консервативных параметров, таких  $RGR$ ,  $\Sigma R / Pg$ ,  $Ra$ , ИУ, и дополнительных поливариантных биохимических показателей (соотношение разных дыхательных путей, активность пероксидазы, содержание ТМ, пролина).

**Список работ Абдуллиной О.А. (Подашевка), опубликованных по теме диссертации**

1. Федяев В.В., Подашевка О.А. Составляющие дыхательного обмена растений с разными уровнями устойчивости // Проблеми фізіології рослин і генетики на рубежі третього тисячоліття. Тези доповідей. Киев, 2000. С. 15.
2. Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Подашевка О.А., Усманов И.Ю. Функционирование отдельных этапов дыхательного метаболизма у растений с разной устойчивостью к дефициту элементов минерального питания // Сборник статей и тезисов. Часть 1. Издание БашГУ – Уфа. 2000. С. 233–239.
3. Федяев В.В., Подашевка О.А. Изменение доли участия гликолиза в дыхательном обмене у растений с разными типами адаптивных стратегий при стрессе // Биология-наука 21-го века: 5-ая конференция. Пушино, 2001. С. 64.
4. Федяев В.В., Рахманкулова З.Ф., Подашевка О.А., Усманов И.Ю. Формирование соотношений альтернативных путей дыхания при реализации альтернативных стратегий // Вестник БашГУ, № 2. Издание БашГУ – Уфа, 2001. С. 79-82.
5. Федяев В.В., Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф. Изменение функционирования отдельных этапов темнового дыхания у видов с разными адаптивными стратегиями при стрессе // Итоги биологических исследований. Вып. 6. 2000 г.: Сборник научных трудов. Издание БашГУ-Уфа, 2001. С. 56-60.
6. Федяев В.В., Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф. Изменение дыхательного обмена у *Amaranthus retroflexus* L. При разных условиях минерального питания в онтогенезе // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы 4-го междунар. симпозиума Т I - Пушино, 2001. С.115.
7. Федяев В.В., Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф., Усманов И.Ю. Функционирование альтернативных путей темнового дыхания у представителей разных адаптивных стратегий в оптимальных и стрессовых условиях // Актуальные вопросы экологической физиологии растений в 21 веке: Международная конференция по экологической физиологии растений. Сыктывкар, 2001. С. 125-126.
8. Fedyayev V.V., Rakhmankulova Z.F., Podashevka O.A., Usmanov I.Yu. Dark respiration components and secondary metabolism in plant with different adaptive strategies under stress conditions. // Plant under environmental stress: International sympos. Moscow, K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, 2001. P. 73-74.
9. Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Подашевка О.А., Усманов И.Ю. Альтернативные пути дыхания и вторичный метаболизм у растений с раз-

ными типами адаптивных «стратегий» при дефиците элементов минерального питания // Физиология растений, 2003. Т. 50, № 2, С. 231 – 237.

10. Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Усманов И.Ю. Устойчивость растений рода *Calendula* к повышенному содержанию ТМ. Ионы металлов и растения: Материалы VI междунар. симпозиума. Издательство СПбГУ – СПб, 2002. Микроэлементы в медицине, спец. выпуск, №2, Т. 3. С. 81.

11. Podashevka O.A., Rakhmankulova Z.F., Fedyaev V.V., Usmanov I.Yu. The tolerance of *CALENDULA* family plants to increased heavy metal contents // Materials of 13th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology (Hersonissos, Heraklion, Crete, Greece, 2-6 September 2002. P. 744.

12. Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Усманов И.Ю. Оценка устойчивости растений рода *Calendula* L. к повышенному содержанию тяжёлых металлов на уровне составляющих дыхательного обмена // Итоги биол. исслед. Вып. 7. 2001 г.: Сборник науч. трудов. Изд. БашГУ – Уфа, 2003 С. 56.

13. Rakhmankulova Z.F., Fedyaev V.V., Podashevka O.A., Usmanov I.Yu. Alternative respiration pathways and reactive oxygen species in plants with different adaptive strategies in normal and unfavorable conditions // Materials of 21st Congress of the Scandinavian Plant Physiology Society (Allinge-Sandvig, Bornholm, Denmark, 21 – 24 August, 2003.

14. Федяев В.В., Рахманкулова З.Ф., Подашевка О.А., Усманов И.Ю. Изменение величины параметров дыхательного обмена у растений *Leonurus quinquelobatus* Gilib. в условиях дефицита элементов минерального питания // «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования»: Материалы 5-го международного симпозиума (9 – 14 июня 2003 г.), Пушкино, 2003. С. 120.

15. Подашевка О.А., Федяев В.В. Изменение величины R / Pg у растений рода *Calendula* L. в норме и в условиях повышенного содержания кобальта и меди Биология – наука 21-го века. 7-ая конференция молодых ученых (Пушино, 14 – 18 апреля 2003 г.): Сборник тезисов – Пушкино, 2003. С. 204 – 205.

16. Федяев В.В., Рахманкулова З.Ф., Подашевка О.А., Усманов И.Ю., Фархутдинов Р.Р. Антиокислительная активность тканей у растений с разными типами эколого-ценотических стратегий // Материалы 5-го Съезда Всероссийского общества физиологов растений (Пенза, сентябрь, 2003 г.) С. 347-348.

17. Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Подашевка О.А., Усманов И.Ю. Альтернативные пути дыхания и активные формы кислорода у растений с разными типами адаптивных стратегий при дефиците элементов минерального питания // Материалы 5-го Съезда Всероссийского общества физиологов растений (Пенза, сентябрь, 2003). С. 69 - 70.



18. Подашевка О.А., Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Усманов И.Ю. Растения *Calendula officinalis* L. в условиях высокого содержания тяжелых металлов // Региональная научно-практическая конференция «Технология выращивания и использование лекарственных культур». Уфа, июль-2003. С. 19 - 21.

19. Абдуллина О.А. Физиологические механизмы формирования устойчивости у растений *Calendula officinalis* L в условиях повышенного содержания тяжелых металлов // Тезисы докладов XI международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов - 2004», Москва, 2004. М: МГУ, С. 4 - 5.

20. Абдуллина О.А., Федяев В.В. Влияние высоких концентраций цинка и кобальта на морфофизиологические параметры у растений с С<sub>3</sub>- и С<sub>4</sub>-типами фотосинтеза // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: Тезисы докладов Всероссийской конференции молодых ученых и студентов. Уфа; РИО БашГУ, 2004. С. 91 – 92.

21. Федяев В.В., Абдуллина О.А. Изменение некоторых биохимических процессов у растений кукурузы и пшеницы в условиях повышенного содержания тяжелых металлов // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: Тезисы докладов Всероссийской конференции молодых ученых и студентов. Уфа; РИО БашГУ, 2004. С. 104 – 105.

22. Абдуллина О.А., Федяев В.В. Влияние меди на антиоксидантную систему побегов *Triticum aestivum* L. Тезисы докладов XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2006», секция «Биология», (12-15 апреля 2006, Москва). М: МГУ, биологический факультет. С. 3 - 4.