

**ПЕРВЫЕ ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА  
О.А. ЗАУРАЛОВА**

Материалы научной конференции  
(Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, 16 мая 2007 г.)

**Саранск 2007**

УДК 58.01  
ББК Е5  
П263

**Редакционная коллегия:**

*д.б.н. А.С. Лукаткин (отв. редактор), д.б.н. В.В. Ревин, д.б.н. Т.Б.Силаева,  
к.б.н. Д.И. Баимаков (отв. секретарь)*

**Первые** чтения памяти профессора О.А. Зауралова: Материалы научной конференции (Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, 16 мая 2007 г.) – Саранск, 2007. – 86 с.

В сборнике представлены материалы конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора О.А. Зауралова (1923-2007), долгие годы работавшего в МГУ им. Н.П. Огарева, возглавлявшего кафедры генетики, физиологии растений, ботаники, основавшего ведущую научную школу в области экологической физиологии растений. Рассмотрены основные этапы жизни и творческий научный вклад О.А. Зауралова, актуальные проблемы современной физиологии растений, флористики, функционального использования растений, грибов и бактерий, экологические и прикладные аспекты современной ботаники.

Предназначен для преподавателей, аспирантов, научных работников и студентов вузов.

*Печатается в авторской редакции  
в соответствии с представленным оригинал-макетом*

**УДК 58.01  
ББК Е5**

© Коллектив авторов, 2007

Научная конференция «Первые чтения памяти профессора О.А. Зауралова» была проведена на биологическом факультете МГУ им. Н.П. Огарева 16 мая 2007 г. Она была посвящена памяти Олега Александровича Зауралова (1923–2007) – профессора, долгие годы работавшего в МГУ им. Н.П. Огарева, возглавлявшего кафедры генетики, физиологии растений, ботаники, основавшего ведущую научную школу в области экологической физиологии растений. Организаторы конференции – Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Мордовское отделение Общества физиологов растений России, Мордовское отделение Русского ботанического общества.

***Организационный комитет конференции:***

*Ревин В.В. – декан биологического факультета, д.б.н., профессор (сопредседатель конференции);*

*Лукаткин А.С. – зав. кафедрой ботаники и физиологии растений, д.б.н., профессор (сопредседатель конференции);*

*Дерябин А.Н. – к.б.н., с.н.с. Института физиологии растений РАН;*

*Силаева Т.Б. – д.б.н., профессор кафедры ботаники и физиологии растений МГУ им. Н.П. Огарева;*

*Лабутина М.В. – к.б.н., доцент, зав. кафедрой ботаники и общей биологии МГПИ им. М.Е. Евсевьева ;*

*Жидкин В.И. – к.б.н., профессор Саранского кооперативного института Российского университета кооперации*

*Зауралов Е.О. – зав. отделением Республиканской детской больницы;*

*Баишаков Д.И. – к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений МГУ им. Н.П. Огарева;*

*Мокшин Е.В. – к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений МГУ им. Н.П. Огарева;*

*Колмыкова Т.С. – к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений МГУ им. Н.П. Огарева.*

В работе конференции приняли участие студенты, аспиранты, преподаватели биологического факультета и Аграрного института МГУ им. Н.П. Огарева, а также Мордовского государственного педагогического института им. М.Е. Евсевьева, Саранского кооперативного института Российского университета кооперации, Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (Москва) и других организаций. Были представлены доклады, касающиеся как творческого наследия и роли О.А. Зауралова в развитии науки, так и актуальных проблем современной биологии растений, грибов и бактерий. Данный сборник статей подготовлен по материалам докладов, представленных на конференции.

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ О. А. ЗАУРАЛОВА**

А.С. Лукаткин

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»*

Олег Александрович Зауралов родился 20 июля 1923 года в г. Костроме. Отец его по образованию землеустроитель, в течение многих лет работал в земельных органах, в последние годы школьным учителем математики; мать многие годы занималась воспитанием детей, работала библиотекарем, счетным работником. В 1931 г. он поступил в школу. Учился всегда хорошо, обнаруживая большие способности к биологическим наукам, иностранным языкам, литературе. В 1941 г. окончил школу с отличным аттестатом.

Его юность пришлось на трудные военные годы. На фронт Олега Александровича не взяли по причине очень большой близорукости, поэтому он трудился в тылу и учился в Ивановском сельскохозяйственном институте (с 1942 по 1946 гг.). Несмотря на трудные материальные условия того времени, не только успешно осваивал курс обучения, но и делал попытки заниматься научной работой, сначала реферативного характера. С увлечением слушал лекции А.И. Фащевского и О.Н. Шалыгановой (ботаника), В.Г. Касаткина (почвоведение), А.М. Свешникова (физиология растений). Эти последние оставили неизгладимое впечатление и во многом определили стремление к физиологии растений, путь к которой был очень далек. На летние практики он устраивался так, чтобы иметь возможность заниматься научной работой.

После окончания института с отличным дипломом в 1946 г. Олег Александрович, более по семейным обстоятельствам, чем по собственному влечению, работал преподавателем агрохимии в Плесском сельскохозяйственном техникуме. Однако стремление заниматься наукой привело его в 1948 г. в аспирантуру по физиологии растений в НИИ овощного хозяйства к профессору А.С. Кружилину. Его руководителем оказался не только эрудированный ученый, но и главное – чуткий, внимательный человек, к которому на все последующие годы сохранились дружеские отношения и чувство благодарности. Интенсивная работа самого аспиранта и умелое руководство А.С. Кружилина позволили выполнить диссертацию на тему «Физиология жароустойчивости белокочанной капусты на юге», которая была успешно защищена в ученом совете Института физиологии растений АН СССР (1951 г.).

После окончания аспирантуры Олег Александрович по распределению МСХ РСФСР работал заведующим лабораторией агрохимии Западно-Сибирской овощной опытной станции (Барнаул) (1951-1953 гг.), затем доцентом по курсу физиологии растений в Курганском СХИ (1953-1957 гг.). Не будучи удовлетворенным условиями для экспериментальной работы по физиологии растений, он воспользовался любезным приглашением Ф.Э. Реймерса и перешел на должность старшего научного сотрудника в Отдел

биологии Восточно-Сибирского ФАН СССР (ныне Сибирский институт физиологии и биохимии растений, Иркутск), где начал исследования физиологии холодоустойчивости теплолюбивых растений на образцах различных видов и сортов тыквенных. Эти работы получили развитие в более поздний период. Сибирский период в жизни О.А. Зауралова длился до 1962 г.

В этом году он принял приглашение возглавить группу по изучению физиологии выделения нектара в НИИ пчеловодства (Рязанская область). Этот вопрос выходил за пределы его научных интересов, однако Олег Александрович увидел интерес и перспективность исследований в этом направлении. Условия для научной работы были благоприятными, что позволило ему в короткое время ознакомиться с проблемой, выявить основные точки приложения усилий в исследовании и собрать работоспособный коллектив. В результате были получены новые данные о метаболизме нектарников, о превращении в них углеводов, об изменении коллоидно-химических процессов. Проведенные в НИИ пчеловодства годы (1962–1969) не прошли напрасно: был собран обширный материал, который был опубликован в многочисленных статьях, а позднее – в монографии (1985 г.) и лег в основу докторской диссертации «Физиология образования и выделения нектара цветковыми нектарниками», защищенной в 1972 г. в Воронежском университете.

К сожалению, эти фундаментальные исследования в Институте не были должным образом оценены частью сотрудников. В то время как одни (директор Н.М. Глушков, его заместитель Л.Н. Брайнес, профессор К.И. Трубецкая) оказывали возможную поддержку, другие не упускали случая подчеркнуть медлительность и якобы бесплодность работы. В результате этого возникла необходимость прервать работу и покинуть институт. Поэтому главной задачей на ближайшее время стало оформление докторской диссертации и ее защита. Для этого нужно было относительно спокойное место, поэтому Олег Александрович принял предложение Рязанского медицинского института, куда и поступил на должность доцента по курсу ботаники и общей биологии (фармацевтический факультет).

Вскоре после защиты диссертации (1972 г.) и утверждения в докторской степени (1973 г.) О.А. Зауралов был приглашен на должность профессора кафедры биохимии Мордовского университета (1974 г.). Начав свою служебную деятельность в выше упомянутой должности он последовательно прошел следующие служебные ступени: зав. кафедрой генетики и дарвинизма (1975–1979 гг.), зав. кафедрой ботаники (1979–1981 гг.), зав кафедрой физиологии растений (1981–1986 гг.), профессора кафедры ботаники и физиологии растений. Все эти годы он читал общие курсы физиологии растений на биологическом и сельскохозяйственном факультетах, спецкурсы на биологическом факультете. Под его непосредственным руководством за все годы работы подготовили и защитили дипломные работы более 100 студентов.

Выбор направления и тематики научных исследований не представил затруднений: была возобновлено и продолжено на новом уровне изучение холодоустойчивости теплолюбивых растений, начатое еще в Сибири. Работая в течение более чем четверти века в одном направлении, Олегу

Александровичу Зауралову удалось добиться значительных фундаментальных и прикладных результатов. Он развил представление о холодовом повреждении теплолюбивых растений, разработал теоретические предпосылки направленного повышения холодоустойчивости при помощи микроэлементов и химических регуляторов роста. Созданная им лаборатория химических регуляторов роста на кафедре ботаники и физиологии растений получила дальнейшее развитие в форме лаборатории цитофизиологии и клеточной инженерии растений.

Всю свою жизнь О. А. Зауралов посвятил служению науке. Основанная им научная школа в области экологической физиологии растений является одной из ведущих в Мордовском университете. Его работы получили широкое признание научной общественности. За свою более чем полувековую научную жизнь О.А. Зауралов опубликовал более 190 научных статей, 1 монографию, 4 учебных пособия. Он являлся действительным членом Нью-Йоркской Академии наук, почетным членом-корреспондентом Российского общества физиологов растений, Заслуженным работником высшей школы Республики Мордовия, Почетным Председателем Мордовского отделения Общества физиологов растений России.

Олег Александрович подготовил большое число учеников, в числе которых 7 кандидатов и 1 доктор наук, которые воплощают его научные идеи.

***Основные труды О.А. Зауралова (книги):***

1. Зауралов О.А. Растение и нектар. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1985. 180 с.

2. Зауралов О.А. Краткий курс физиологии и биохимии растений. Учебник для сельскохозяйственного факультета. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1995. 223 с.

3. Саламатова Т.С., Зауралов О.А. Физиология выделения веществ растениями. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 149 с.

4. Зауралов О.А. Барышева В.Н. Жидкин В.И., Чернавина М.В. Физиологические основы устойчивости растений. Курс лекций. Саранск: Изд-во Саратовского ун-та, 1989. 43 с.

5. Зауралов О.А. Лабораторный практикум по курсу «Физиология растений и биологическая химия». Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1991. 52 с.

УДК 577.175.14: 632.111.6

**ВЛИЯНИЕ ЦИТОКИНИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ  
НА ТЕПЛОЛЮБИВЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ**

**О.А. Зауралов**, А.С. Лукаткин

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»*

В настоящее время известно большое число данных о положительном влиянии экзогенных препаратов – аналогов натуральных фитогормонов – на холодоустойчивость теплолюбивых растений [1-10]. Установлено также,

что препараты, относящиеся к различным классам фитогормонов, оказывают неодинаковое действие на это качество растений. Из всех испытанных групп (кроме абсцизовой кислоты) самый значительный эффект показали препараты цитокининового действия [2]. Во многих случаях отмечено повышение холодоустойчивости растений при обработке цитокининами [3-4], а также активация роста и повышение продуктивности, что особенно часто проявляется в полевых условиях [5-6]. Известны попытки физиологического объяснения этого благоприятного влияния активацией синтеза белка [4,7-8], повышением содержания короткоцепочечных жирных кислот [9], изменением проницаемости цитоплазматических мембран, измеряемой по экзоосмосу электролитов из клетки [10]. Этим собственно и ограничиваются сведения о физиологическом действии цитокининовых препаратов на холодоустойчивость. Имея в виду недостаточность опубликованных сведений, мы решили провести дополнительное исследование по данному вопросу.

**Методика исследований.** Объектами исследований были растения огурца (*Cucumis sativus* L) сорта Вязниковский 37 и кукуруза (*Zea mays* L) сорта Днепропетровская 247. Оба сорта находят широкое применение в сельском хозяйстве Средней России. В лабораторных опытах семена высевали в сосуды с почвой и выращивали при температуре 22–24°C, освещенности 7–8 клк, влажности почвы 70–80% от полной влагоемкости. По достижении растениями фазы трех листьев сосуды делили на две группы. Растения одной охлаждали в течение 3 дней по 16 часов в сутки (кукурузу при 1–2°C, огурцы при 3–4°C). По данным [11] такое охлаждение изменяет физиологические процессы в растениях, не вызывая значительных видимых повреждений. Для определения выживаемости растения охлаждали при более низкой температуре (0–1°C и 2–3°C, соответственно). Вторую группу растений (контрольные) оставляли в условиях оптимальной температуры, помещая в темноту на такое же время, как и охлаждаемые растения.

Для определения действия регуляторов на растения проводили предпосевную обработку и обработку проростков, при этом использовали следующие препараты цитокининового действия: кинетин, картолин 2, полистимулин К, 6-бензиламинопуридин (6-БАП). Оптимальные концентрации препаратов были определены в предварительных опытах [12]. Семена выдерживали в растворах 8 ч, после чего промывали водопроводной водой и подсушивали. Семена контрольного варианта выдерживали в воде. Молодые растения за сутки до охлаждения обрабатывали теми же растворами, что и семена.

Для определения физиологического влияния цитокининовых препаратов в условиях пониженной температуры определяли следующие показатели, главным образом на уровне клетки:

- проницаемость мембран цитоплазмы по экзоосмосу электролитов [13];
- перекисное окисление липидов (ПОЛ) по накоплению малонового диальдегида [14];
- биологическую активность эндогенных ауксинов и цитокининов при помощи биотестов на рост отрезков coleoptилей пшеницы и на пожелтение семядолей огурца [15].

Для всех определений брали от 4 до 6 параллельных усредненных навесок; аналитические данные использовали для выведения средних зна-

чений, которые подвергали математической обработке по принятым в биологических исследованиях методикам [16]. Приведены также результаты визуальных наблюдений за изменением холодоустойчивости растений, выполненные на следующий день после их охлаждения.

**Результаты и обсуждение.** Хотя мы и подбирали такую продолжительность и температуру охлаждения, которые, как было поставлено в задаче, не приводили растения к гибели, полностью достигнуть этого условия не удалось. Некоторое количество растений контрольного варианта при охлаждении все же погибло, это число в разных опытах и для разных растений колебалось в пределах 13,8–15,5% (табл. 1,2). Обработка растений всеми без исключений препаратами и разными способами уменьшала гибель и в то же время увеличивала число неповрежденных растений.

Таблица 1

Влияние обработки растений кукурузы цитокининовыми препаратами на их холодоустойчивость

Вариант	Состояние растений, %		
	Погибшие	Поврежденные	Неповрежденные
Контроль – вода	13,9 ± 1,10	16,0 ± 0,85	70,1 ± 1,00
6-БАП, 10 <sup>-4</sup> %	9,1 ± 1,56	10,9 ± 0,98	79,9 ± 1,00
Картолин 2, 10 <sup>-4</sup> %	0	10,0 ± 0,75	90,0 ± 0,43
Полиstimулин К, 10 <sup>-4</sup> %	0	10,0 ± 0,67	90,0 ± 1,58

Таблица 2

Влияние обработки огурца цитокининовыми препаратами на их холодоустойчивость

Вариант	Состояние растений, %		
	Погибших	Поврежденных	Неповрежденных
Контроль – вода	<u>13,8±0,53</u>	<u>30,9±0,48</u>	<u>55,3±0,13</u>
	15,5±1,00	31,3±0,48	53,2±1,35
Кинетин, 10 <sup>-5</sup> %	<u>5,8±1,13</u>	<u>8,8±1,00</u>	<u>85,3±0,31</u>
	8,3±1,85	19,3±0,13	78,3±1,34
6-БАП, 10 <sup>-5</sup> %	<u>11,8±0,85</u>	<u>15,4±0,9</u>	<u>72,8±0,20</u>
	10,3±0,70	21,5±0,55	67,2±0,63
Картолин 2, 10 <sup>-5</sup> %	<u>11,3±0,48</u>	<u>16,4±0,25</u>	<u>73,3±0,31</u>
	11,3±0,45	21,4±0,80	68,3±0,28

*Примечание.* Цифры над чертой – предпосевная обработка семян; цифры под чертой – обработка растений во время вегетации.

Таким образом, все цитокининовые препараты повышали холодоустойчивость, что мы отмечали выше, в уже цитированных источниках. Более тщательное рассмотрение этих таблиц показывает, что действие различных препаратов и при разных способах обработки растений не были одинаковыми. Так для кукурузы более высокую активность проявили картолин 2 и полиstimулин К, для огурца – кинетин. Также заметно, что более значительное защитное действие оказала предпосевная обработка семян в срав-



нении с обработкой вегетирующих растений, хотя различия между этими вариантами очень невелики (зачастую недостоверны при  $P = 0,05$ ).

Цитокининовые препараты при оптимальных температурных условиях не оказывали влияния на интенсивность перекисного окисления липидов мембран (табл. 3). После охлаждения перекисное окисление значительно повысилось у обоих растений, причем у огурца более значительно, чем у растений кукурузы. Со временем выдерживания после охлаждения (10 суток) у кукурузы его интенсивность продолжала возрастать, у огурца оставалась на прежнем уровне. Обработка всеми цитокининовыми препаратами снижала его, опять же более значительно у огурца. При этом между действием разных препаратов различий практически не было. Несколько лучшие результаты показал кинетин, но отличие его действия от других препаратов недостоверно при  $P = 0,05$ .

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян цитокининовыми препаратами на интенсивность перекисного окисления липидов в листьях растений после их охлаждения, мкМ малонового диальдегида/г сырой массы

Вариант	Длительность периода после охлаждения, сутки		
	Контроль	1	10
Кукуруза сорта Днепропетровская 247			
Контроль – вода	1,04 ± 0,05	1,50±0,11	1,72±0,08
6-БАП, $5 \cdot 10^{-4}$ %	1,04±0,08	1,20±0,07	1,08±0,08
Картолин 2, $5 \cdot 10^{-4}$ %	1,03±0,09	1,18±0,09	1,04±0,15
Полистимулин К, $10^{-5}$ %	1,03±0,10	1,23±0,13	1,06±0,05
Огурец сорта Вязниковский 37			
Контроль – вода	0,96±0,08	2,10±0,14	2.04±0,16
Кинетин, $10^{-5}$ %	0,88±0,20	1,35±0,15	0,98±0,16
6-БАП, $10^{-5}$ %	0,97±0,05	1,61±0,20	1,10±0,13
Картолин 2, $10^{-5}$ %	0,98±0,20	1.58±0,08	1,08±0,18

При оптимальной температуре картолин 2 и полистимулин К показывали тенденцию к снижению проницаемости мембран у растений кукурузы (табл. 4). У растений огурца, напротив, такой тенденции не выявлено. Охлаждение увеличило выход электролитов несколько больше у кукурузы и менее значительно у огурца, причем у последнего степень повышения при двух способах обработки была почти одинаковой. По прошествии 10 суток после охлаждения у кукурузы проницаемость заметно понизилась, что можно рассматривать как репарацию повреждений и возвращение в нормальное физиологическое состояние. У огурца же она оставалась на прежнем высоком уровне. Цитокининовые препараты несколько понижали проницаемость у обоих растений, но до уровня неохлажденных растений она возвращалась не всегда. Сравнение действия различных препаратов показывает, что оно было довольно близким, но в то же время можно отметить, что для кукурузы наиболее благоприятный эффект проявился при обработке полистимули-

ном К, а у огурца – при обработке кинетином. Разные способы обработки растений огурца дали почти одинаковые результаты.

Таблица 4

Влияние обработки цитокининовыми препаратами на проницаемость мембран (экзоосмос электролитов) листьев после охлаждения, % от полного выхода

Вариант	Длительность периода после охлаждения, сут-ки		
	Контроль	1	10
Кукуруза сорта Днепропетровская 247, обработка растений			
Контроль – вода	9,93±0,14	14,34±0,34	12,80±0,18
6-БАП, $5 \cdot 10^{-4}$ %	10,11±0,18	13,38±0,33	10,94±0,18
Картолин 2, $5 \cdot 10^{-4}$ %	9,11±0,36	12,31±0,81	10,62±0,18
Полистимулин К, $10^{-5}$ %	9,02±0,53	12,68±0,16	10,31±0,18
Огурец сорта Вязниковский 37, обработка семян			
Контроль – вода	8,10±0,19	11,54±0,18	11,22±0,53
Кинетин, $10^{-5}$ %	8,67±0,30	9,48±0,37	8,90±0,31
6-БАП, $10^{-5}$ %	8,80±0,31	9,89±0,21	9,29±0,37
Картолин 2, $10^{-5}$ %	8,32±0,20	10,00±0,15	9,24±0,14
Огурец сорта Вязниковский 37, обработка растений			
Контроль – вода	8,50±0,25	12,21±0,56	12,43±0,39
Кинетин, $10^{-5}$ %	8,30±0,21	8,84±0,12	8,33±0,18
6-БАП, $10^{-5}$ %	8,80±0,34	9,67±0,54	8,90±0,21
Картолин 2, $10^{-5}$ %	8,11±0,68	10,40±0,32	9,00±0,31

Было определено также влияние охлаждения и обработки растений кинетином на содержание активных форм фитогормонов – ауксинов и цитокининов. Оказалось, что у того и другого растения охлаждение несколько стимулировало активность ауксинов (данные не приведены). Это было выражено более сильно у огурца и слабее у кукурузы. Кинетин также оказал благоприятное действие, но еще более слабое. В вариантах с кинетином и охлаждением эти эффекты суммировались, в результате чего получили самое значительное выражение (максимальную активность ауксинов). Способы обработки огурца кинетином заметных различий не показали. Примерно такие же результаты получены и при определении содержания активных цитокининов.

Окидывая взором полученные результаты и сравнивая их, можно отметить, что все они хорошо согласуются между собой и подтверждаются данными, известными в литературе. Прежде всего, определение холодоустойчивости растений после охлаждения с обработкой цитокининовыми препаратами и без нее. Все соединения оказывали положительное действие, которое не было абсолютно одинаковым. Отмечено, что охлаждение растений, не вызывающее сильных морфологических повреждений и гибели, вызывает нарушение структуры и функций мембран клетки. Это выражается в повышении интенсивности перекисного окисления липидов мем-

бран и в увеличении их проницаемости для электролитов. Подобные изменения были зафиксированы нами ранее [13,14]. В то же время оказалось, что примененные нами цитокининовые препараты снижают интенсивность этих процессов, то есть действуют в сторону повышения холодоустойчивости. Таким образом, благоприятное действие исследуемых веществ, которые уже введены в ранг защитных, находят свое объяснение прежде всего в уменьшении или полной ликвидации неблагоприятных для клетки сдвигов в цитоплазме и мембранах, которые происходят при охлаждении.

Но цитокининовые препараты, являющиеся биологически активными веществами, влияют не только на клеточные мембраны, но и на гормональный статус клетки. Нами получены данные, показывающие увеличение активности эндогенных ауксинов и цитокининов при охлаждении и при обработке растений этими веществами. В силу немногочисленности подобных данных в настоящее время трудно в подробностях истолковать их физиологическое значение, но что они представляют значительный интерес и играют существенную роль в холодоустойчивости – это несомненно.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Зауралов О.А., Лукаткин А.С. Влияние экзогенных аналогов фитогормонов на холодоустойчивость теплолюбивых растений // *Агрохимия*. 1996. № 1. С.109-119.

2. Лукаткин А.С. Влияние различных классов регуляторов роста на индукцию холодоустойчивости теплолюбивых растений // Четвертая Международная конференция «Регуляторы роста и развития растений» (24-26 июня 1997 г.): Тез. докл. М., 1997. С. 198-199.

3. Титов А.Ф., Дроздов С.Н., Критенко С.П., Таланова В.В., Шерудило Е.С. Влияние цитокининов на холодо- и теплоустойчивость активно вегетирующих растений // *Физиология и биохимия культурных растений*. 1986. Т. 18. № 1. С. 64-69.

4. Критенко С.П., Титов А.Ф. Влияние абсцизовой кислоты и цитокинина на биосинтез белка при тепловой и холодной адаптации растений // *Физиология растений*. 1990. Т. 37, вып. 1. С. 126-132.

5. Зауралов О.А., Юмаева Л.А., Бочарова М.А., Трунова Т.И. Холодоустойчивость и урожайность теплолюбивых сельскохозяйственных растений под влиянием картолина 2 // *Сельскохозяйственная биология*. 1991. № 3. С. 95-99.

6. Зауралов О.А. Влияние синтетических регуляторов роста гормональной природы на растения кукурузы в полевых условиях // *Агрохимия*. 1996. №12. С.97-100.

7. Таланова В.В., Титов А.Ф. Действие экзогенных гормонов и ингибиторов синтеза белка при повреждающих растению томатов низких и высоких температурах // *Физиология и биохимия культурных растений*. 1989. Т. 21. № 1. С. 45-48.

8. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Крупнова И.В. Формирование устойчивости в начальный период закаливания растений при действии ингибито-

ров белкового синтеза и цитокинина // Физиология и биохимия культурных растений. 1992. Т. 24. № 4. С. 367-372.

9. Колоша О.И., Великожон Л.Г., Рябокляч В.А. Полистимулин К как регулятор свободнорадикального окисления липидов и устойчивости растений к холодовому стрессу // Докл. ВАСХНИЛ. 1989. № 5. С. 5-7.

10. Юмаева Л.А., Лукаткин А.С., Ласкова Е.А. Действие экзогенных регуляторов роста на состояние клеточных мембран при охлаждении растений // IV Всесоюзн. конф. мол. ученых по физиологии растит. клетки. М., 1990. С.149.

11. Лукаткин А.С. Действие неповреждающих пониженных температур на физиолого-биохимические процессы в клетках листьев теплолюбивых растений // Изучение, охрана и рациональное использование природных ресурсов: Тез. науч. конф. Уфа, 1989. Ч. 2. С.9.

12. Зауралов О.А., Лукаткин А.С. Повышение холодоустойчивости теплолюбивых растений при обработке семян цитокининовыми препаратами // Третья Международная конференция «Регуляторы роста и развития растений»: Тез. докл. (27-29 июня 1995 г.). М., 1995. С.97-98.

13. Зауралов О.А., Лукаткин А.С. Кинетика экзоосмоса электролитов у теплолюбивых растений при действии пониженных температур // Физиология растений. 1985. Т.32, вып.2. С.347 – 354.

14. Лукаткин А.С., Голованова В.С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений// Физиология растений. 1988. Т.35, вып.4. С.773 – 780.

15. Зауралов О.А., Жидкин В.И. Влияние охлаждения на соотношение эндогенных регуляторов роста в растениях проса // Растение и среда. Саранск, 1982. С. 118-130.

16. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.

УДК 504.054:574.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ**

Д.И. Башмаков, Е.С. Башмакова, В.И. Кудряшова  
*ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»*

Техногенное загрязнение почв отражается на растениях, которые попадают в неблагоприятные существования. Известно, что самоочищение почв практически не происходит или скорость его чрезвычайно низка [1]. Токсические вещества могут накапливаться в верхних горизонтах почв, что приводит к постепенному изменению их химического состава, нарушению единства геохимической среды и живых организмов [2]. Все это делает проблему очистки почв от избытка ТМ особенно актуальной.

Сорные растения (рудералы) наиболее приспособлены к таким неблагоприятным условиям и легко к ним акклиматизируются. В настоящее время ведется разработка способов восстановления загрязненных земель. Од-

ним из них является фиторемедиация – улучшение состава и структуры почв при помощи различных растений. Для нее необходимы растения, которые быстро растут, легко размножаются, интенсивно поглощают ТМ из почвы и концентрируют их в надземной части (фитоэкстракторы) или корнях (фитостабилизаторы). Поэтому нами проведено изучение некоторых сорных растений средней полосы России по их способности поглощать ТМ и аккумулировать их в различных частях (в корнях и побегах). Были проанализированы следующие растения: *Amaranthus retroflexus* L. (амарант запрокинутый), *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. (вейник наземный), *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (донник лекарственный), *Chenopodium album* L. s. l. (марь белая), *Taraxacum officinale* Wigg. s. l. (одуванчик лекарственный), *Artemisia vulgaris* L. (полынь обыкновенная), *A. absinthium* L. (полынь горькая).

Пробы корней и побегов отбирали в начале (с 9 мая по 15 мая), середине (с 30 июня по 25 июля) и в конце (с 22 сентября по 5 октября) вегетационного периода в районах воздействия промышленных, сельскохозяйственных, хозяйственно-бытовых и транспортных источников загрязнения в окрестностях г. Саранска (радиусом до 25 км) по стандартной методике [3]. Для получения сравнительного материала пробы отбирали также на территории, не подверженной прямому техногенному воздействию (Национальный парк «Смольный», Ичалковский район РМ).

Определение гумуса производили по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [4]. рН солевой вытяжки почвы определяли потенциометрическим методом [4] на потенциометре рН-150. Анализы почвенных и растительных образцов на валовое содержание ТМ осуществляли рентгенфлуоресцентным методом на рентгеновском спектрометре «Спектроскан» [5]. Результаты обрабатывали статистически по общепринятым биометрическим формулам [6].

Фитоэкстракция ТМ на загрязненных территориях. У всех изученных растений наблюдается высокая семенная продуктивность и быстрый прирост биомассы. Однако на загрязненных территориях лишь у немногих видов отмечается накопление ТМ в надземной части. Это отмечено для Рb у вейника наземного с очистных сооружений; для Zn у вейника наземного с очистных сооружений, и у одуванчика лекарственного из промышленной зоны; для Cu у одуванчика лекарственного из промышленной зоны и одуванчика лекарственного с очистных сооружений.

Обобщая полученные данные о наилучших почвенных, ландшафтных и сезонных условиях аккумуляции ТМ побегами и корнями *Taraxacum officinale*, можно сказать следующее.

Для удаления избытка Рb из почвы одуванчик неэффективен. В этом случае рекомендуется дополнительная очистка с применением вейника наземного, который наиболее эффективно выносит Рb из почвы в середине вегетационного периода (фаза колошения). Содержание Zn в растениях одуванчика лекарственного превышает его концентрации в почве практически во всех условиях. Но эффективнее транслокация ТМ осуществляется одуванчиком на серых лесных почвах аквальных ландшафтов при кис-

лой рН среды. Уборку зеленой массы лучше проводить в начале лета. Си лучше аккумулируется одуванчиком летом на серых лесных почвах и черноземах (аквальный ландшафт) при нейтральной рН солевой вытяжки почв. Фитостабилизация почв при избытке Ni имеет место у одуванчика при произрастании на аквальных ландшафтах, а также на кислых пойменных почвах. Приоритет в аккумуляции Fe побегами принадлежит одуванчику на супераквальных ландшафтах при реакции среды около 7. Наилучший эффект ожидается при скашивании одуванчика в начале осени. Одуванчик особенно хорошо накапливает в побегах Mn на пойменных почвах в течение всего вегетационного периода. Максимальная транслокация Sr надземными органами полыни наблюдается на нейтральных почвах в условиях супераквальных ландшафтов в середине лета.

Проведение фиторемедиации в городе предъявляет высокие требования к эстетичности антропогенного ландшафта. Естественно, заросли полыни и других сорных растений плохо гармонируют с центром города, однако этого нельзя сказать об одуванчике. К тому же *Taraxacum officinale* имеет ряд преимуществ. Из литературы [7] известны следующие факты: среднее число семян в 1 кг достигает  $1,4 \cdot 10^6$ , они могут при температуре ниже 0 °С сохранять жизнеспособность в течение 12 лет; семена одуванчика не имеют периода покоя и могут прорасти сразу после осыпания; на 1 га может прорастать 170-459 млн. семян (всхожесть 72-100 %), способных прорасти как с поверхности, так и с небольшой глубины; после скашивания одуванчик хорошо отрастает; наибольший прирост надземной массы в посевах первого года – в августе, второго – с мая по июнь; одуванчик – эксплерент, он способен быстро занимать участки, лишенные растительности, и, при ослаблении конкуренции со стороны других видов, увеличивает биомассу; в посевах одуванчика урожай зеленой массы колеблется от 7000 до 10000 т/км<sup>2</sup>. В то же время одуванчик имеет определенные недостатки: при частом скашивании растение угнетается; величина листьев сильно зависит от экологических факторов; плохо переносит летнюю засуху.

Исходя из всего вышесказанного и принимая во внимание то, что в листьях одуванчика содержание воды составляет 78 %, можно провести предварительные расчеты возможного выноса ТМ с 1 км<sup>2</sup> почвы при выращивании данного вида в различных условиях (табл. 1).

Из литературных источников мы выяснили основные черты биологии и экологии *Calamagrostis epigeios*. Вейник наземный – сильный эдификатор, он прочно и надолго удерживает занятую территорию и является одним из наиболее мощных конкурентов за элементы минерального питания. Он способен к интенсивному побегообразованию и вегетативному размножению. В среднем на одном генеративном побеге образуется 450 семян, на 1 м<sup>2</sup> почвы падает 43 тысячи семян. При сильном уплотнении почвы всходы очень слабо развиваются и часто гибнут [8, 9]. Учитывая, что фитомасса надземной части, например, вейника наземного, составляет от  $66,3 \pm 5,4$  г/м<sup>2</sup> до  $246 \pm 10$  г/м<sup>2</sup> [10], при подсчете теоретически возможного выноса ТМ побегами вейника получаются следующие цифры (табл. 2).

Таблица 1

Теоретически возможный вынос тяжелых металлов одуванчиком  
в различных условиях

ТМ	Вынос металлов, кг/км <sup>2</sup>	
	относительно чистые районы	загрязненные территории
Pb	123,90 – 177,00	788,06 – 1125,80
Zn	2206,12 – 3151,60	9774,73 – 13963,90
Cu	173,74 – 248,20	2047,22 – 2924,60
Ni	4,20 – 6,00	1301,16 – 1858,80
Fe	13214,11 – 18877,30	66565,10 – 95093,00
Mn	357,49 – 510,70	7641,90 – 10917,00
Cr	16,45 – 23,50	508,13 – 725,90

Таблица 2

Теоретически возможный вынос тяжелых металлов вейником наземным  
в различных местообитаниях

ТМ	Вынос металлов, кг/км <sup>2</sup>	
	минимальный	максимальный
Pb	2,32 ÷ 8,61	8,57 ÷ 31,80
Zn	25,26 ÷ 93,74	86,51 ÷ 320,99
Cu	3,90 ÷ 14,48	10,49 ÷ 38,92
Ni	1,23 ÷ 4,56	9,30 ÷ 34,51
Fe	68,87 ÷ 255,55	277,12 ÷ 1028,21
Mn	0,93 ÷ 3,43	19,58 ÷ 72,64
Cr	2,16 ÷ 8,00	3,34 ÷ 12,41

При проведении фиторемедиационной очистки почв зеленую массу растений рекомендуется периодически скашивать, высушивать и подвергать озолению, т.к. золу брикетировать и утилизировать намного удобнее (из-за значительно меньшего объема и массы).

Золу растений концентраторов также можно использовать как микроудобрение на бедных теми или иными микроэлементами почвах, либо для получения из нее металла.

В наших условиях наилучшим фиторемедиантом можно признать одуванчик лекарственный, который эффективно и в больших количествах выносит из почвы практически все тяжелые металлы. Он устойчив к загрязнениям, эстетичен для проведения фиторемедиации в условиях города, но остается проблема его удаления после завершения очистки. В этом случае может помочь вейник наземный. Он способен постепенно вытеснять из ценозов одуванчик, может извлечь из почвы дополнительное количество металлов. К тому же заросли вейника наземного создают в самом верхнем (и наиболее загрязненном) слое почвы плотный дерн, удалять который сравнительно легче, чем корни одуванчика. Таким образом, фиторемедиацию загрязненных почв нужно проводить в 2 этапа: 1) удаление значи-

тельного количества ТМ с использованием посевов одуванчика лекарственного, 2) дополнительная ремедиация при помощи вейника наземного.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Briat J.F. Plant Responses to Metal Toxicity / J.F. Briat, M. Lebrun // *Plant Biology and Pathology*. – 1999. – V.322, No 1. – P. 43-54.
2. Prasad M.N.V. Heavy metal stress in plants. Phytoremediation as a potential tool for environmental geotechnology and sustainable development / M.N.V. Prasad, J. Hagemeyer // 5th Int. Symp. “Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development”. – 2000. – P. 246-254.
3. Ревич В.А. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории города химическими элементами / В.А. Ревич, Ю.Е. Сагет, Р.С. Смирнова, Е.П. Сорокина. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
4. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
5. Методика выполнения измерений массовой концентрации ТМ в биологических объектах на рентгенофлуорометре «Спектроскан». – СПб., 1994. – 23 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
7. Ермакова И.М. Одуванчик лекарственный // Биологическая флора Московской области / Под ред. В.Н. Павлова, Т.А. Работнова, В.Н. Тихомирова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – с. 210-230.
8. Зворыкина К.В. Эколого-ценотическая характеристика некоторых представителей рода *Calamagrostis* Adans. (на примере южно-таежных березняков) // Эколого-ценотические и географические особенности растительности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – С. 85-98.
9. Маслов А.А. К оценке параметров экологических ниш лесных растений при помощи индикационных шкал // Перспективы теории фитоценологии. – Тарту, 1988. – с. 105-110.
10. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 415 с.

УДК 582.542.1

### О КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ВЕТВЛЕНИЯ ЗЛАКОВ

А.Ю. Горчакова, В.В. Коммодов

*Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева*

Растениям семейства злаков (Gramineae), или мятликовых (Poaceae) свойственно кущение и ветвление. Кущение (концентрированное ветвление) – это образование побегов из укороченных узлов (фитомеров) в зоне кущения, на некоторой глубине или на поверхности почвы. Ветвление (рассеянное ветвление) – образование побегов из надземных узлов (фитомеров). Первое свойство изучено хорошо, а второе – недостаточно. В ботанической и сельскохозяйственной литературе на словах указывается, как проявляется и изме-



няется ветвление в зависимости от вида и сорта злаков, от условий произрастания и состояния растений. Но словесная оценка этого свойства является расплывчатой, не конкретной, не объективной. Для установления конкретной и объективной характеристики ветвления следует определять количественные показатели – степень, характер, интенсивность, состояние, пучковое и повторное ветвление. Степень ветвления – это количество ветвящихся растений, выраженное в процентах от общего числа проанализированных. Характер – определяет, из каких узлов идет ветвление. Для злаков, имеющих до 5–7 надземных узлов, выделяется 3 группы растений: с нижними боковыми побегами, идущими из 1 и 2 надземного узла, верхними – из 3-го узла и выше и по всему стеблю (побегу), т.е. отросшими из нижних и верхних узлов. Количество растений каждой группы выражается в процентах от общего числа ветвящихся растений. Интенсивность – количество побегов ветвления, приходящее на одно ветвящееся растение. Состояние ветвления характеризует рост и развитие побега. Здесь выделяются 3 группы побегов: слабые – побеги мало отросли, угнетенные, соцветие мелкое, средние – достаточно отросли и сформировали соцветие, начинают цвести и завязывать семена, и хорошие – в соцветиях образовались нормальные семена, которые созревают и начинают осыпаться. Количество побегов в каждой группе выражается в процентах от общего числа побегов ветвления. Пучковое ветвление – образование 2-х и более побегов из одного надземного узла. Повторное ветвление – образование побега из узла побега ветвления. Устанавливая эти показатели, следует учитывать некоторые особенности. Определяя степень ветвления, нужно отмечать способ отрастания побега ветвления: вневагалищный (экстравагинальный) или внутривагалищный (интравагинальный). В первом случае образовавшийся побег прорывает основание вагалища листа и сразу же становится заметным. Во втором – побег отрастает от узла стебля и растет между стеблем и вагалищем листа, появляется наружу в зеве (отгибе) листа, преодолевая расстояние от 5-10 до 15-20 см, и тогда становится заметным. Выходит, растение ветвится, но побег закрыт вагалищем листа, не виден и это растение считают неветвящимся. Для восстановления истины необходимо вскрывать вагалище листьев. В любом случае при определении ветвления у внутривагалищных злаков должно отмечаться – вскрывалось или нет вагалище листьев. В условиях Мордовии господствуют злаки с внутривагалищным ветвлением, только у двух видов – тростника южного, обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)\* и двукисточника тростниковидного (*Phalaroides arundinaceae* (L.) Rausch.) оказалось вневагалищное ветвление. Определение ветвления злаков проводится в конце вегетационного периода, при созревании и осыпании семян, когда у них наиболее полно проявляется это свойство. Характер ветвления для невысокостебельных злаков приведен выше, но он уже не будет подходить для высокорослых злаков, как, например, суданская трава (*Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf.) и тростник южный. Для таких высокостебельных злаков также выделяется три груп-

---

\* Названия видов растений здесь и далее приводятся по Н.Н. Цвелеву (1976).

пы: нижние побеги, отросшие из 1-4 нижних узлов, верхние – из 5-го и выше и по всему побегу. Усложнять эту схему не целесообразно, она практически будет трудно выполнима. Интенсивность ветвления исчисляется от количества побегов ветвления, побеги повторного ветвления здесь не учитываются. На это свойство заметно влияет пучковое ветвление. Имеются особенности и в определении состояния ветвления. У внутривлагалищных злаков слабые побеги, едва вышедшие из влагалища листа, нередко образуют несколько мелких семян. По схеме их, вроде, нельзя считать слабыми, но они, на самом деле слабые и их следует такими считать. Количественные показатели ветвления изучались конкретно, постепенно и публиковались в разные годы: о степени и характере – в 1983 г., об этих показателях с дополнением о интенсивности – в 2003 г., а в 2005 г. к названным характеристикам присоединилось состояние ветвления. В данной статье все количественные показатели ветвления будут представлены довольно широко и наглядно.

Кроме видовой и сортовой принадлежности на ветвление злаков сильно влияют условия жизни и состояние растений. Об этом довольно подробно и обстоятельно изложено ранее (3, 6). Повторяться не будем, однако, необходимо отметить, что при изучении ветвления злаков следует подробнее указывать условия произрастания и состояние растений.

Для анализа растения выдергиваются, это чаще бывает при изучении однолетних злаков, или срезаются на уровне почвы. Мы используем простую форму первичного анализа растений. Она приводится в таблице при изучении ветвления ежевника обыкновенного (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.).

Таблица

Учет ветвления побега ежевника обыкновенного <sup>x)</sup>

№ п/п	Ветвление из узлов						Кол- во узлов	Кол-во побегов				Повторное ветвление
	1	2	3	4	5	и т.д.		X	Ср.	С	все- го	
1							4				--	
2	2хх	2хх	+с				3	4		1	5	1х1х2ср 2х1с
3	+ср	+с	+с				3		1	2	3	--
4	5хх	4хх	3х				5	9		3	12	1х1х2с 2х1с
	ххс	хс	хс									2х1с
и т.д.												

<sup>x)</sup> *Примечание:* Ветвление из узлов отмечается знаком + и указывается состояние побега буквами: х – хорошее, ср – среднее или с- слабое.

Если имеется пучковое ветвление, то оно отмечается цифрой, указывающей количество побегов в пучке, и также фиксируется буквами состояние побегов. Количество узлов на стебле учитывается для того, чтобы конкретно и обоснованно характеризовать – из каких узлов идет ветвление. Иногда высказывается мнение, что из нижних и верхних узлов, якобы, ветвление не происходит. В графе – количество побегов, приводятся ито-

говые данные по количеству и состоянию побегов ветвления. В графе – повторное ветвление, первая цифра указывает, из какого узла отрастает побег ветвления, на котором идет повторное ветвление, а буква – его состояние. Дальнейшие цифры показывают, – из каких узлов побега ветвления появляется побег повторного ветвления, а буквы – его состояние. Здесь, в таблице, к примеру, приведены фактические растения, встретившиеся при учете. Данная форма записи первичного анализа ветвления злаков, хотя и условна, но проста в понимании и исполнении, размещается на странице листа ученической тетради, дает возможность количественно охарактеризовать разнообразные проявления и особенности ветвления. Если растения другого вида злаков проявляют низкую активность ветвления, то и, соответственно, можно упростить форму учета. Для примера расшифруем запись учета ветвления таблицы 1. Порядковый № 1 показывает: растение не ветвится. П. № 2: из 1-го узла – пучковое ветвление из 2-х побегов хорошего состояния, из 2-го узла – пучковое ветвление из 2-х побегов хорошего состояния и из 3-го узла – ветвление слабого состояния. У этого растения идет повторное ветвление: у побега ветвления из 1-го узла, хорошего состояния, отросли 2 побега повторного ветвления – один из 1-го узла, хорошего состояния, второй – из 2-го узла, среднего состояния; и еще – из 2-го узла, у побега ветвления хорошего состояния, из 1-го узла появился побег повторного ветвления слабого состояния. Это растение представлено на рисунке, где можно увидеть указанное разнообразие ветвления.

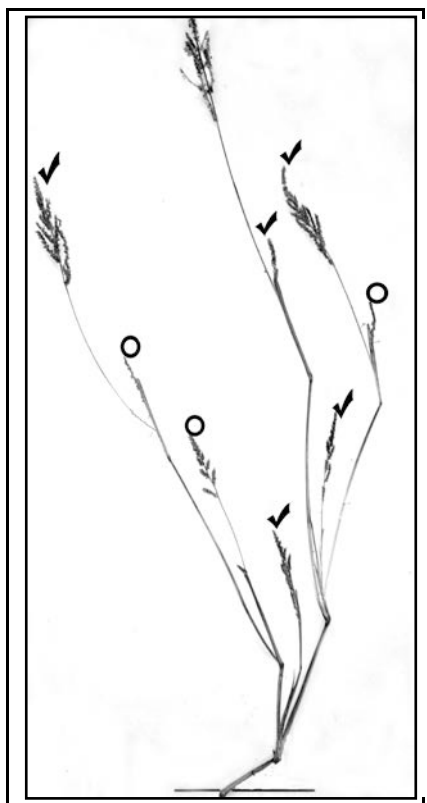


Рисунок 1- Ветвление побега ежовника обыкновенного.

*Примечание:* знаком **V** отмечены побеги ветвления, **O** – побеги повторного ветвления.

П. № 3: идет обычное ветвление – из 1-го узла побег среднего состояния, из 2-го и 3-го узлов побеги слабого состояния. П. № 4: из 1-го узла пучковое ветвление из 5 побегов, 4 побега хорошего и 1-го слабого состояния, из 2-го узла пучковое ветвление из 4-х побегов, 3-х хорошего и 1-го слабого состояния, в 3-м узле пучковое ветвление из 3-х побегов, 2-х хорошего и 1-го слабого состояния. Повторное ветвление идет из 1-го узла у побега ветвления хорошего состояния, на котором образовались побеги повторного ветвления из 1-го узла – хорошего, из 2-го – слабого состояния. Кроме того – из 2-го узла, на побеге хорошего состояния, из 1-го узла – побег повторного ветвления слабого состояния.

Итоги анализа обобщаются и представляются в более наглядной форме. К примеру, в 2004 г. изучалось ветвление ежевника обыкновенного (петушьего, или куриного проса). Это растение – однолетний, широко распространенный сорняк, росло на южном, хорошо освещенном солнцем склоне, в верхней части балки, в разреженном травостое. В 2005 г. ежевник произрастал на выровненном участке, ранее занятом под огороды, где возделывался, главным образом, картофель, в разреженном, хорошо освещенном солнцем травостое. Растения выдергивались с корнем, подряд, без разбора, в фазе осыпания семян (август-начало сентября). Они сильно кустились. Для анализа отбирался неповрежденный главный (основной) стебель (побег). При анализе влагилице листа вскрывалось. Итоги анализа следующие: в первом случае отобрано 37 растений, из них ветвилось 37, т.е. все. Ветвление шло из узлов: 1-го и 2-го – у 22, 3-го и выше – у 1 и по всему побегу – у 14 растений. Количество побегов: всего – 163, в т.ч. хорошего состояния – 102, среднего – 11, слабого – 50 и у 31 растения наблюдалось пучковое ветвление. Соответственно во втором случае: 112 и 111, 36-0-75 и 436, 168, 112, 156, и 86. Более наглядно эти данные показаны в таблице 2.

Таблица 2

Ветвление побега ежевника обыкновенного

Дата	Степень ветвления, в %	Ветвление из узлов, в %			Интенсивность	Состояние побегов, в %		
		1-2	3 и в <sup>х)</sup>	пвс		хор.	ср.	сл.
2004	100	59,5	2,7	37,8	4,7	62,6	6,7	30,7
2005	99,1	32,4	-	67,6	3,9	38,5	25,7	35,8

<sup>х)</sup> 3 и в- 3-го и выше, пвс – по всему стеблю (побегу).

Из данных таблицы 2 видно, что ежевник обыкновенный, произрастающий в разреженном травостое, очень сильно ветвился, практически каждое растение проявило это свойство. Ветвление шло в основном из нижних узлов и по всему побегу. Интенсивность ветвления очень высокая, здесь оказало положительное влияние обильное пучковое ветвление. Пре-

обладали побеги ветвления хорошего состояния.

Пучковое ветвление в литературе не отмечено. Мы его наблюдали у лисохвоста коленчатого (*Alopecurus geniculatus* L.), ежовника обыкновенного, щетинника сизого (*Setaria glauca* L.), плевела (райграса) многолетнего (*Lolium perenne* L.) и начали изучать у ежовника и щетинника. В 2004 г. пучковое ветвление у ежовника наблюдалось у 31 растения из 37 ветвящихся, что составило 83,8 %; в 2005 г. соответственно: 86 из 111 или 77,5%. Ветвление шло главным образом из нижних 1-го и 2-го узлов. В таблице 3 приведены итоги исследования.

Таблица 3

Пучковое ветвление ежовника обыкновенного

Кол-во побегов в пучке	2004 г		2005 г	
	Кол-во растений	%	Кол-во растений	%
2	13	42,0	72	83,7
до 3	16	51,6	14	16,3
до 4	1	3,2	–	–
до 5	1	3,2	–	–

Данные таблицы 3 указывают на то, что у ежовника обыкновенного преобладало пучковое ветвление из 2-х и 3-х побегов, а из 4-х и 5-ти побегов – редко. Следует заметить, что растение с количеством побегов в пучке до 5, приведено в таблице 1, под п. № 4. Это редкое растение и с ним интересно ознакомиться.

Повторное ветвление образовывалось на побегах ветвления только хорошего состояния. Такие побеги, чаще всего, имели один или два узла, на них и отрастали побеги повторного ветвления. В 2005 г. из 111 ветвящихся растений повторное ветвление наблюдалось у 92, что составляет 82,9%. Если расчет вести на побеги ветвления хорошего состояния, то из 168 их побегов повторного ветвления дали 104, что составляет 61,9%. Как видно, повторное ветвление у ежовника в 2005 г. шло активно, почти массово. У щетинника сизого в 2005 г. ветвление шло аналогично ежовнику, но резко хуже было повторное ветвление и составило 11,2 и 6,9%. Как видно, количественные показатели конкретно, наглядно и убедительно характеризуют ветвление. Такого подробного и конкретного изложения о ветвлении злаков мы не встречали, дается оно впервые. Здесь сосредоточено внимание в основном на ежовнике обыкновенном, который обильно и разнообразно ветвится. Убедились, что всем, кто занимается ветвлением злаков или думает это сделать, очень полезно будет в первую очередь ознакомиться и изучить обильное ветвление ежовника обыкновенного. Это позволит проще, конкретнее, легче и полнее изучать ветвление злаков других видов, у которых это свойство обильно или слабо проявляется. Сделать это просто, т.к. названное растение широко распространено и не составит труда найти его.

Подводя итоги, следует отметить, что ветвление злаков имеет боль-

шое значение в их жизни, поэтому должно более полно, всесторонне и глубже изучаться, характеризоваться количественными показателями – степенью, характером, интенсивностью, состоянием, пучковым и повторным ветвлением. Совместно с видовой и сортовой принадлежностью должны приводиться эти количественные показатели и более подробно указываться условия жизни и состояние растений.

УДК 57.043:582.94

## **ВЛИЯНИЕ ГИПОТЕРМИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КИСЛЫХ ИНВЕРТАЗ И СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩЕННЫХ *IN VITRO***

А.Н. Дерябин, И.М. Дубинина, Е.А. Бураханова, Е.П. Сабельникова  
*Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН*

**Введение.** Известно, что в ответ на различные стрессоры, в том числе гипотермию, в растениях происходит неспецифическое усиление гидролиза полимерных форм углеводов и связанное с этим процессом внутриклеточное накопление низкомолекулярных растворимых сахаров, что играет важную роль в формировании устойчивости к низким температурам [Туманов, 1979]. Наибольшее количество экспериментальных данных о роли сахаров в адаптации и устойчивости растений к гипотермии получено на морозостойких объектах – озимых злаках, основная стратегия которых состоит в сохранении узла кущения (обогащенного сахарами) при действии низкотемпературного стрессора [Трунова, 2007]. У холодостойких растений наиболее подвержены действию низких температур листья. Однако роль сахаров, содержащихся в них, в формировании устойчивости к гипотермии изучена в малой степени.

Одним из новых подходов в изучении роли сахаров в формировании устойчивости к низким температурам является использование трансформированных растений с измененным углеводным метаболизмом. Исследования, проведенные с растениями картофеля, у которых встроенный ген инвертазы дрожжей находится под контролем пататинового промотора *B33* класса I (апопластный вариант локализации фермента), выявили увеличение активности кислой инвертазы и содержания сахаров в клубнях [Sonnwald et al., 1997] и листьях [Дерябин и др., 2003], а также повышенную устойчивость к гипотермии [Дерябин и др., 2007; Deryabin et al., 2005]. Мы предположили, что высокая активность инвертаз, особенно кислой нерастворимой формы, связана с частичной адсорбцией секретлируемой чужеродной инвертазы дрожжей на клеточной стенке [Дерябин и др., 2003].

В связи с вышеизложенным, цель работы заключалась в изучении динамики изменения активности кислых инвертаз и общего содержания сахаров в листьях исследуемых генотипов картофеля в условиях длительной гипотермии.

**Объект и методы исследования.** Объектом исследования служили растения картофеля (*Solanum tuberosum* L. cv. Desiree), экспрессирующие ген инвертазы дрожжей, находящийся под контролем пататинового промотора *B33* класса I и с присоединенной последовательностью лидерного пептида ингибитора протеиназы II для обеспечения апопластной локализации фермента. Контролем служили нетрансформированные растения картофеля сорта Дезире. Растения были отобраны из коллекции клонов картофеля, полученных в результате совместной работы сотрудников Лаборатории роста и развития имени М.Х. Чайлахяна ИФР РАН и Института молекулярной физиологии растений имени Макс Планка (Германия). Растения размножали микрочеренкованием *in vitro* и выращивали при 22°C и 16 ч световом дне с освещенностью 4 клк в течение 5 недель в пробирочной культуре на агаризованной среде Мурасиге-Скуга, содержащей 2% сахарозы. Холодovому воздействию (5°C) растения подвергали в течение 6 суток при 16-ч фотопериоде и освещенности 4 клк.

Об активности инвертаз в листьях судили по количеству образовавшейся глюкозы в инкубационной среде, которую определяли глюкозооксидазным методом. Содержание сахарозы и фруктозы в листьях определяли по методу Рое. Методы были подробно изложены ранее [Дерябин и др., 2003]. На рисунке представлены средние значения типичного опыта, состоящего из трех биологических повторностей и их стандартные ошибки.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение влияния длительной гипотермии на активность кислых инвертаз в листьях исследуемых генотипов картофеля выявило увеличение их активности в течение первых трех суток (Рис. 1а). Кривая изменения активности кислых инвертаз в листьях трансформантов повторяла таковую у контроля, однако на протяжении первых трех суток холодной экспозиции активность фермента была выше (видимо, за счет экспрессии чужеродного гена инвертазы дрожжей). Далее активность кислой инвертазы у трансформантов продолжала оставаться высокой, в то время как у контрольных растений снижалась, но к окончанию эксперимента (6 сут) несколько превышала исходное (до охлаждения) значение.

В динамике содержания сахаров в листьях исследуемых генотипов картофеля выявилась интересная закономерность – незначительное их снижение в начале охлаждения и дальнейшее быстрое накопление (Рис. 1б). У трансформантов накопление сахаров происходило быстрее и по общей сумме сахаров они превосходили контрольные растения. По сравнению с исходным значением, за период гипотермии общая сумма сахаров в листьях трансформантов увеличилась почти в 2 раза, а у контрольных растений не более чем в 1,5 раза. Таким образом, экспозиция растений картофеля в условиях гипотермии была связана с увеличением активности кислых инвертаз и внутриклеточным накоплением сахаров. При этом вышеназванные процессы происходили интенсивней в листьях растений картофеля, экспрессирующих ген инвертазы дрожжей.

Как отмечали ранее [Дерябин и др., 2003], накопление сахаров в листьях трансформантов происходит вследствие гидролиза сахарозы, предна-

значенной для дальнего транспорта, апопластной инвертазой, в результате чего образующиеся гексозы обратно поступают в клетки мезофилла листа и включаются в путь ресинтеза сахарозы, поступающей в вакуоль. Нельзя исключить, что высокое содержание сахаров в клетках листьев исследуемых генотипов картофеля после гипотермии также связано с ее поступлением из питательной среды, т.к. использованные в экспериментах растения находились в условиях *in vitro* на среде с 2% сахарозы.

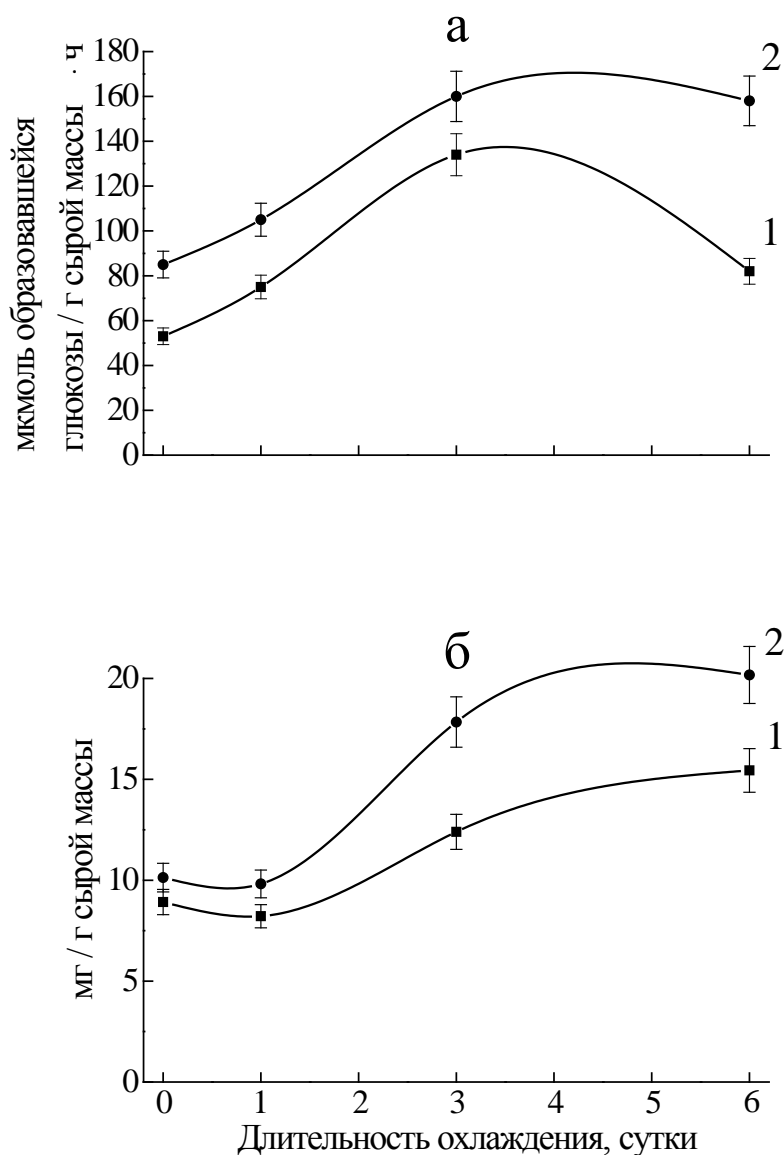


Рисунок 1. Влияние гипотермии (5 °С) на активность кислых инвертаз (а) и общее содержание сахаров (б) в листьях контрольных (1) и трансформированных геном инвертазы дрожжей (2) растений картофеля.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что картофель, как представитель группы холодостойких растений, в условиях длительной гипотермии (5°С) накапливает сахара в листьях. При этом трансформация растений геном дрожжевой инвертазы способствует активации этих процессов, что отражается на более высоком уровне устойчи-



ности исследуемых генотипов к холодovому стрессору. Выявленное нами накопление сахаров в листьях растений картофеля показало важную роль кислых инвертаз и растворимых углеводов в формировании устойчивости холодостойких растений к гипотермии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-04-48476).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дерябин А.Н., Трунова Т.И., Дубинина И.М., Бураханова Е.А., Сабельникова Е.П., Крылова Е.М., Романов Г.А. Устойчивость к гипотермии растений картофеля, трансформированных геном дрожжевой инвертазы, находящимся под контролем промотора пататина В33. *Физиология растений*. 2003. Т.50. №4. С.505-510.

2. Дерябин А.Н., Синькевич М.С., Дубинина И.М., Бураханова Е.А., Трунова Т.И. Влияние сахаров на развитие окислительного стресса, вызванного гипотермией (на примере растений картофеля экспрессирующих ген инвертазы дрожжей). *Физиология растений*. 2007. Т.54, №1, с. 39-46

3. Deryabin A.N., Dubinina I.M., Burakhanova E.A., Astakhova N.V., Sabel'nikova E.P., Trunova T.I. Influence Expressing Yeast-Derived Invertase Gene in Potato Plants on Membranes Lipid Peroxidation at Low Temperature. *Journal of Thermal Biology*. 2005. V.30. №1. P.73-77.

4. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 54 с.

5. Туманов И.И. Физиология закаливания и зимостойкости растений. М.: Наука, 1979. 350 с.

6. Sonnewald U., Hajlrezaei M.-R., Kossmann J., Heyer A., Thethewey R.N., Willmitzer L. Increased Potato Tuber Size Resulting from Apoplastic Expression of a Yeast Invertase. *Nature Biotechnology*. 1997. V.15. P.794-797.

УДК 577.175.1:573.6

### РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ И КАЧЕСТВО ПРОДОВОЛЬСТВИЯ

В.И. Жидкин

*Саранский кооперативный институт РУК*

В начале XX века в растениях были обнаружены гормональные вещества, получившие название «фитогормоны». В настоящее время выявлены некоторые физиологические эффекты, вызываемые этой группой веществ: апикальное доминирование, тропизмы, ризогенез, а так же регуляция роста клеток растяжением и делением, темпы развития растений и другие. Некоторые физиологические свойства фитогормонов нашли практическое применение в растениеводстве для стимулирования роста и корнеобразования, получения партенокарпических плодов, регуляции сроков цветения и созревания плодов, повышения продуктивности растений и т. д. [1].

Поскольку действие фитогормонов универсально, то можно их выделять из одних видов растений и применять на других интересующих человека растениях. Например, красноярскими учеными разработана технология выделения фитогормонов из древесных опилок и других растительных отходов и их использования для повышения продуктивности некоторых сельскохозяйственных культур. Однако получение естественных фитогормонов таким путем достаточно трудоемко, поэтому стали синтезировать их аналоги и выявлять соединения, оказывающие рострегулирующее действие путем изменения в растениях баланса фитогормонов – синтетические регуляторы роста.

В конце 70-х – начале 80-х годов XX века под руководством профессора О. А. Зауралова в ботаническом саду университета нами проведены полевые опыты по применению  $\beta$ -индолилуксусной кислоты и гиббереллина  $A_3$  с целью повышения холодоустойчивости и продуктивности проса, а в колхозах «Заря» Ромодановского района и «Дружба» Краснослободского района – производственные внедренческие опыты по повышению урожайности проса и кукурузы путем предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов 0,01 % раствором гетероауксина с высоким экономическим эффектом. При этом нами не было обнаружено негативного воздействия применяемых препаратов на качество зерна проса и зеленой массы кукурузы.

Еще Кегль заметил, что содержание ауксинов в моче человека зависит от потребляемой им растительной пищи. Считается, что природные регуляторы роста растений не представляют опасности для человека, поскольку организм человека в процессе эволюции выработал механизмы их биотрансформации.

Синтетические регуляторы роста получают химическим и микробиологическим путем. Ауксины используют как гербициды для уничтожения сорняков, а также укоренения черенков и регуляции плодоношения в плодоводстве. Этилен применяется для синхронизации созревания плодов и для индукции их опадания. Гиббереллины используют для улучшения качества плодов. Широкое распространение в практике при выращивании пшеницы и декоративных растений получили ретарданты.

К этой же группе регуляторов роста относятся: производные сульфонилмочевины гранстар, леной, хардин, хруг и эллина; азоксфор; биферак, используемый для обработки клубней картофеля; кротонолактон, применяемый в рисоводстве для обработки семян; квартазин, которым обрабатывают семена ячменя, пшеницы и ржи; фумер, применяется для обработки саженцев [2].

Если естественные фитогормоны или их синтетические аналоги не нарушают химический состав растений и получаемого из него продовольствия, то резонно предположить, что обработка растений другими синтетическими регуляторами роста может повлечь за собой химическое загрязнение продовольствия, которое может оказать вредное воздействие на организм человека. Вместе с тем степень опасности большинства регуляторов роста растений не изучена.

Практически отсутствует информация о механизме их действия на растительный и животный мир. Предполагается их негативное влияние, причинами которого могут быть нарушения внутриклеточного обмена и образование токсичных соединений. Кроме того, остаточные количества синтетических регуляторов роста в продовольственном сырье и пищевых продуктах могут сами проявлять токсичные свойства. Потенциальная опасность указанных веществ для человека усугубляется их стойкостью в окружающей среде и продуктах питания.

Основными направлениями профилактики загрязнения продовольствия синтетическими регуляторами роста могут быть: преимущественное использование естественных фитогормонов и их синтетических аналогов; применение наиболее безопасных приемов обработки растений; строгое соблюдение условия, влияющих на стабильность и активность регуляторов роста; накопление банка данных о степени их опасности для человека; разработка методов определения остаточных количеств используемых веществ; установление допустимого уровня содержания в растениеводческой продукции [2].

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход: Пер с англ. М.: Мир, 1985.- 304 с .
2. Позняковский В. М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов. – Новосибирск.: Сибирское университетское издание, 2002. – 556 с.

УДК 577.175.322:582.951.4

### **ДЕЙСТВИЕ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ И ПРЕПАРАТА СИЛК НА РОСТ ТОМАТА**

Т.С. Колмыкова, Н.Н. Куликова

ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Для нивелирования действия стрессовых факторов на растение в практике растениеводства возможно использование регуляторов роста. К наиболее изученным относятся цитокининовые вещества. Однако в последние годы были синтезированы новые препараты, действие которых мало изучено, например, «СИЛК». Препарат СИЛК представляет собой водную эмульсию, в состав которой входят эфирный экстракт (д.в. абиетиновая кислота) пихты сибирской *Abies sibirica* Ldb .

Целью нашей работы является изучение действия препарата СИЛК на растения томата при сочетании стрессовых температур и водного дефицита. Объектом исследования служили растения томата (*Lycopersicon esculentum*) сорта Тамбовский. Предварительно отобранные семена обрабатывали препаратом СИЛК в концентрациях  $10^{-6}$  М,  $10^{-7}$  М в течение 8 часов. После предпосевного замачивания семена проращивали методом поч-

венных культур. При появлении развернутых семядольных листьев у проростков опыт продолжали в трех температурных условиях: кратковременное охлаждение (7–9°C) в сочетании с 30–40 % НВ и повышенная температура (34–35°C) + 30–40 % НВ. Кроме этого в модельном опыте были созданы оптимальные условия – 22–23°C + 70 % НВ. Действие неблагоприятных температур имитировали в течение 7 суток по 16 часов. По прошествии этого времени в фазе 5 настоящего листа у растений определяли высоту стебля, сухую и сырую массу, а также площадь листовой поверхности. В качестве контроля использовали проростки, выращенные в тех же условиях, но без предварительной обработки препаратом СИЛК.

Анализ результатов показал, что СИЛК стимулировал прирост высоты стебля по сравнению с контролем во всех вариантах без исключения (табл. 1). Если сравнивать концентрации, то более эффективной по сравнению с контрольными вариантами оказалась  $10^{-7}$  М. Анализируя высоту стебля по температурным вариантам, мы отметили высокую эффективность регулятора в стрессовых условиях, особенно при кратковременном охлаждении в сочетании с засухой.

Таблица 1

Влияние различных условий выращивания и препарата СИЛК на высоту побега томата

Условия выращивания	Высота побега, мм			Площадь листовой поверхности, см <sup>2</sup>		
	Без обработки	СИЛК $10^{-6}$ М	СИЛК $10^{-7}$ М	Без обработки	СИЛК $10^{-6}$ М	СИЛК $10^{-7}$ М
25°C + 70 % НВ	91,0±0,63	149,0±0,54	167,2±0,18	17,0±0,02	5,8±0,03	6,3±0,02
7-9 °C + 30-40 % НВ	76,4±0,64	144,5±0,11	162,6±0,07	11,3±0,18	5,1±0,36	7,0±0,27
34-35°C +30-40 % НВ	87,8±0,38	155,0±0,90	171,9±0,47	8,9±0,34	7,1±0,17	7,1±0,02

При изучении действия СИЛКа на термоустойчивость важно изучение и тех показателей, на основе которых возможно прогнозирование будущего урожая. Для этого нами были определены площадь листовой поверхности, а также сырая и сухая масса. При изучении действия препарата СИЛК на площадь ассимиляционной поверхности листьев у проростков томата обнаружили, что ее значения уменьшались относительно контроля во всех модельных вариантах. Возможно, это связано с уменьшением содержания воды на единицу площади листа. Это обоснование более приемлемо для высоких температур, так как уменьшение содержания воды в листьях снижает вероятность перегрева и нивелирует повреждающее действие высоких температур и засухи.

Обработка семян препаратом СИЛК в обеих концентрациях не оказала стимулирующее действие на увеличение сырой массы (табл. 2). Зна-

чения этого показателя были ниже, чем в контроле. При кратковременном охлаждении в условиях засухи наблюдали незначительное увеличение сырой массы (в пределах ошибки опыта). Сочетание гипертермии и водного стресса способствует увеличению сырой массы на 28 % – при концентрации  $10^{-6}$  М и 33 % – при концентрации  $10^{-7}$  М.

Таблица 2

Влияние различных условий выращивания и препарата СИЛК на сырую и сухую массу растений томата

Условия выращивания	Сырая массы, г 10 растений			Сухая масса, г 10 растений		
	Без обработки	СИЛК $10^{-6}$ М	СИЛК $10^{-7}$ М	Без обработки	СИЛК $10^{-6}$ М	СИЛК $10^{-7}$ М
25°C + 70 % НВ	6,44±0,05	4,24±0,08	4,27±0,11	0,28±0,01	0,16±0,01	0,30±0,01
7-9°C + 30-40 % НВ	5,12±0,32	5,17±0,40	5,22±0,50	0,19±0,02	0,20±0,01	0,20±0,01
34-35 °C + 30-40 % НВ	5,53±0,24	7,10±0,32	7,38±0,28	0,25±0,02	0,27±0,01	0,28±0,00

Сходные результаты были получены при анализе сухой массы растений. Повышенная температура в сочетании с засухой стимулировала увеличение сухой массы на 8 и 12 % при обработке семян СИЛКом в концентрациях  $10^{-6}$  М и  $10^{-7}$  М соответственно.

В условиях кратковременного охлаждения в сочетании с осмотическим стрессом регулятор не оказал стимулирующего действия на этот показатель. При оптимальных условиях более высокая концентрация СИЛКа ( $10^{-6}$  М) уменьшала значения сухой массы по сравнению с контролем. Концентрация  $10^{-7}$  М увеличивала значения сухой массы на 7 %..

Таким образом, полученные данные показывают, что препарат, полученный на основе абиетиновой кислоты, влияет в первую очередь на увеличение линейных размеров стебля, особенно в стрессовых условиях. При действии повышенной температуры в сочетании с осмотическим стрессом СИЛК способствует увеличению площади листовой поверхности. Однако, для более полного изучения эффективности изучаемого препарата необходимы дополнительные исследования не только по морфологическим, но и физиологическим показателям, как в момент действия стресса, так и в его последствии.

УДК 581.16: 582.5

## АЗИАТСКИЕ ГИБРИДЫ ЛИЛИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е.В. Мокшин, Н.Ф. Шумкина

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»

В последнее время в нашей стране большое внимание озеленительных организаций уделяется ландшафтному дизайну и в частности пробле-

ме озеленения городов. На сегодняшний день данное направление получило широкое развитие и распространение.

Особой популярностью в промышленном озеленении пользуются цветочно-декоративные растения. Среди них все большее значение с каждым годом приобретают лилии и особенно высокодекоративные Азиатские гибриды (*Asiatic hybrids*). Благодаря тому, что они прекрасно растут в наших климатических условиях, имеют большое разнообразие окрасок и форм цветков они широко применяются для создания красочных ландшафтов и клумб. А при умелом подборе сортов позволяют создавать в садах и парках долго цветущие великолепно оформленные уголки [1].

Важной проблемой при этом остается получение высококачественного посадочного материала, так как до сих пор производство луковиц ведется в масштабах, не удовлетворяющих потребности озеленительных организаций. Кроме того, достаточно велик процент потерь связанный с высокой инфицированностью исходного материала [2].

Одним из путей решения данной проблемы является применение технологий клонального микроразмножения (КМР), которые позволяют значительно увеличить коэффициент размножения и получить посадочный материал свободный от патогенов [3-6].

В настоящее время не существует универсальной технологии культивирования *in vitro*, которая была бы пригодной для всех растений. Для каждого вида и даже сорта требуется разработка сугубо специфических методических приемов, обеспечивающих формирование растений-регенерантов в культуре тканей. Прежде всего, это касается выяснения особенностей действия отдельных типов фитогормонов и их соотношений на процесс морфогенеза в культуре тканей. В связи с этим довольно интересным представляется изучение регенерационной активности эксплантов на этапе введения в культуру *in vitro* обусловленной предобработкой их регуляторами роста. По-видимому, в процессе эволюции растительные организмы постепенно утратили независимость одних тканей и органов от других. Вероятно поэтому, изолированные экспланты в условиях нарушенных коррелятивных связей требуют для образования новых органов присутствия экзогенных регуляторов роста.

Объектом исследования служили луковицы лилий (*Asiatic hybrid*) сорта Сайдья. Предстерилизационную обработку проводили следующими регуляторами роста: эпин (1 мкг/л, 0,1 мг/л, 10 мг/л) и 6-бензиламинопурин (6-БАП) (0,1 мг/л, 0,5 мг/л, 1,0 мг/л). Время экспозиции варьировали 15 мин и 1 ч. В качестве контроля выступали не обработанные регуляторами роста экспланты.

Для получения хорошо растущей стерильной культуры луковицы тщательно отмывали и подвергали поверхностной стерилизации. В качестве стерилизующих растворов использовали 0,1 %  $\text{KMnO}_4$  (25 минут), 70 % этанол (1 минута) 50 % Доместосом (25 минут). После стерилизации чешуи трехкратно промывали стерильной дистиллированной водой и подрезали места облома на расстояние 1-1,5 мм от края.

Экспланты (сегменты чешуек размером 1,0 × 0,5 см) помещали на питательную среду (ПС). В качестве основной ПС использовали агаризованную (0,7%) среду с минеральной основой по Мурасиге и Скугу (МС) [7] (рН 5,8-5,9), включающую витамины тиамин и пиридоксин (по 1 мг/л), аскорбиновую кислоту (15 мг/л), сахарозу (40 г/л). Материал культивировали в пробирках 20 × 200 мм, содержащих 10 мл питательной среды. Выращивание осуществляли при температуре 18–23°C и круглосуточном освещении белыми люминесцентными лампами с интенсивностью света 3 клк.

Число повторностей в каждом варианте опыта от 15 до 30. Опыты повторяли 3 раза. Статистическая обработка полученных данных проведена на ПК с использованием программ Biostat, Статистика v.2.6, Microsoft Excell 2000.

Исследования показали, что предварительная обработка чешуй регуляторами роста значительно влияла как на количество образовавшихся микролуковиц, так и на их размеры. Установлено, что наиболее эффективной по количеству сформировавшихся микролуковичек оказалась предстерилизационная обработка эпином при концентрации 0,1 мг/л и времени экспозиции 1 ч – в среднем 3,6 шт./эксплант (рисунок), тогда как в контроле – 2,3 шт./эксплант. Снижение времени обработки до 15 мин. (при всех концентрациях эпина) оказалось менее эффективным (в среднем 2,0 шт./эксплант). Предстерилизационная обработка эксплантов 6-БАП оказалась менее эффективной (в среднем 2,3 микролуковички/эксплант).



Рисунок. Формирование микролуковиц у сорта Садья в варианте с предстерилизационной обработкой эпином при концентрации 0,1 мг/л и времени экспозиции 1 ч

Предобработка эпином и 6-БАП положительно повлияла и на размер формирующихся микролуковичек. Установили, что для получения крупных луковиц целесообразно использовать 6-БАП во всех концентрациях и

времени экспозиции 15 мин. В данном варианте формировались луковички максимального размера (0,5 см). Если сравнивать с контролем, то там этот показатель в среднем составлял 0,4 см. Использование для предстерилизационной обработки эпина оказалось менее эффективно.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами подобраны условия, позволяющие оптимизировать регенерационные процессы на этапе введения Азиатских гибридов лилий в культуру *in vitro* и получать оздоровленный посадочный материал.

Предстерилизационная обработка эксплантов лилий сорта Сайдыя эпином значительно ускоряет процессы морфогенеза на этапе введения в культуру *in vitro*, стимулируя образование микролуковиц в 1,6 раза по сравнению с контролем. А предобработка эксплантов 6-БАП позволяет получать микролуковички диаметром 0,5-0,6 см.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранова М.В. Лилии. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 384 с.
2. Мазур А.М., Калашникова Е.А. Клональное микроразмножение ценных гибридов лилий // Сельскохозяйственная биотехнология. Избранные работы / Под ред. Шевелухи В.С. – М.: Евразия+, 2000. – С.99-105.
3. Anderson W.C. Rapid propagation of *Lilium*. cv. Red Carpet // *In vitro*. – 1977. – V.13. – P.145.
4. Kubitz K., Börner R., Richter P. Tissue culture of the monocot *Lilium* // *Arch. Gartenbau*. – 1979. – V.27. – № 2. – P. 61-71.
5. Takayama S., Misawa M. A scheme for mass propagation of *Lilium in vitro* // *Sci. hort.* – 1983. – V. 18. – P.353-362.
6. Van Aartrijk J., Blom-Barnhoorn G.J. Growth regulator requirements for adventitious regeneration from *Lilium* bulb scale tissue *in vitro*, in relation to duration of bulb storage and cultivar // *Acta Hort.* – 1981. – V. 15, № 7. – P. 261-268.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. plant.* – 1962. – V. 15, № 1. – P. 473-497.

УДК 581.9:631

### РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Н.Д. Чегодаева

ГОУВПО «Мордовский государственный педагогический институт  
имени М.Е. Евсевьева»

Созданные на сельскохозяйственных землях полезащитные лесные полосы выполняют многофункциональную роль. Они превращают аграрные ландшафты в лесоаграрные, что существенно обогащает их природное биоразнообразие и улучшает условия выращивания сельскохозяйственных культур. Формирование растительности самих лесных полос идет под воздействием окружающих их агроценозов. В связи с этим в лесных полосах



произрастает много культурных, луговых, сорных и других групп растений [1; 3; 5; 6].

Изучение растительности полезащитных лесных полос проводилось в окрестностях с. Александровка Лямбирского района Республики Мордовия. Исследован состав растительности четырех полезащитных лесных полос.

Лесная полоса № 1 представлена двумя рядами березы бородавчатой (*Betula pendula*), рядом ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) с вязом приземистым (*Ulmus pumila*), рядом шиповника коричневого (*Rosa majalis*), с сиренью обыкновенной (*Syringa vulgaris*). Встечаются редкие растения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), черемухи обыкновенной (*Padus racemosa*). Ширина лесной полосы 7 м, границ 1,5 и 8 м.

Лесная полоса № 2 включает три ряда тополя душистого (*Populus suaveolens*). Изредка встречается карагана древовидная (*Caragana arborescens*). Ширина лесной полосы 12 м, границ 2 м.

Лесная полоса № 3 состоит из шести рядов ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*). Ширина лесной полосы 12 м, границ 1,5-2 м.

Лесная полоса № 4 представлена 2 рядами березы бородавчатой. Границы лесных полос узкие 1,5-2 м. Ширина лесной полосы – 7 м.

Полевые исследования по изучению видового состава растений проводили традиционным маршрутно-рекогносцировочным методом.. Маршруты выбирались с целью, чтобы по ходу движения охватить наибольшее количество разнообразных участков полезащитных лесных полос. Экскурсии проводились несколько раз за сезон в течение 2005-2006 гг. Определение растений проводилось по определителям Г. Ф. Маевского [2; 4]. В рамки наших исследований входило изучение растительности самих полезащитных лесных полос их опушек и границ (непахотная зона).

Определение эколого-фитоценотического состава и хозяйственно-полезных групп, проведение биоморфологического анализа проводилось по созданной компьютерной базе данных и по литературным источникам.

Произведя анализ состава растительности исследуемых полезащитных лесных полос, получены следующие данные. В березово-ясеновой лесной полосе выявлено 108 видов растений из 28 семейств и 95 родов; в тополевой – 59 видов из 18 семейств и 51 рода; в ясеновой – 69 видов из 25 семейств и 66 родов; в березовой – 75 видов из 22 семейств и 65 родов.

Видовое многообразие полезащитных лесных полос во многом определяется составом древесной и кустарниковой растительности самих лесных полос, также характером примыкающих биотопов. Большое видовое многообразие березово-ясеновой лесной полосы связано с тем, что к нему примыкает непахотная луговая ассоциация, через которую в лесные полосы проникает много различных видов. Остальные полосы находятся в постоянной изоляции от естественных стадий, их видовое разнообразие беднее, но более стабильное.

В целом на исследуемых полезащитных лесных полосах выявлен 131 вид растений из 32-х семейств и 76 родов (таблица 1).

Основу растительности представляют покрытосеменные растения. Класс Однодольных включают 15 видов из 2-х семейств, класс Двудольных

Таблица 1

Таксономический состав растений лесных полос окрестности с. Александровка Лямбирского района

№ п/п	Семейство	Число видов		Число родов	
		абсолютное	%	абсолютное	%
1	Сложноцветные	28	21,37	22	20,2
2	Бобовые	13	9,92	8	7,3
3	Злаки	13	9,92	13	11,9
4	Крестоцветные	11	8,40	11	10,1
5	Розоцветные	9	6,87	9	8,3
6	Гвоздичные	6	4,58	4	3,7
7	Зонтичные	5	3,82	5	4,6
8	Норичниковые	4	3,05	4	3,7
9	Лютиковые	4	3,05	4	3,7
10	Губоцветные	4	3,05	4	3,7
11	Мареновые	3	2,29	1	0,9
12	Молочайные	3	2,29	2	1,8
13	Гречишные	2	1,52	2	1,8
14	Бурачниковые	2	1,52	2	1,8
15	Подорожниковые	2	1,52	1	0,9
16	Крапивные	2	1,52	1	0,9
17	Лилейные	2	1,52	2	1,8
18	Маревые	2	1,52	2	1,8
19	Ворсянковые	2	1,52	2	1,8
20	Маслиновые	2	0,76	1	1,8
21	Кирказоновые	1	0,76	1	0,9
22	Вьюнковые	1	0,76	1	0,9
23	Гераниевые	1	0,76	1	0,9
24	Мальвовые	1	0,76	1	0,9
25	Маковые	1	0,76	1	0,9
26	Зверобойные	1	0,76	1	0,9
27	Ивовые	1	0,76	1	0,9
28	Дымянковые	1	0,76	1	0,9
29	Амарантовые	1	0,76	1	0,9
30	Колокольчиковые	1	0,76	1	0,9
31	Березовые	1	0,76	1	0,9
32	Ильмовые (Вязовые)	1	0,76	1	0,9
Всего:		131	100	76	100

116 видов из 30 семейств. Наибольшим видовым обилием представлены семейства Сложноцветные, Бобовые, Злаки, Крестоцветные, Розоцветные, на долю которых приходится 56,5% всех растений лесных полос. Довольно широко представлены семейства Гвоздичные, Норичниковые, Губоцветные, Лютиковые.

В исследуемых лесных полосах выявлено четыре жизненные формы растений: деревья, кустарники, однолетние и многолетние травы. Группа древесных растений включает 6,9 % видового обилия, из них 4,6 % деревья и 2,3 % кустарники. Преобладающей является травянистая растительность, объединяющая 122 вида, т.е. 93,1 % всех описанных растений: многолетние травы – 71,7 %, однолетние – 21,4 %.

Анализируя состав растений полезацильных лесных полос, нами выявлено 12 эколого-фитоценологических групп (таблица 2). Их состав в полосах различного типа, безусловно, далеко не одинаков и зависит от многих факторов: породного состава деревьев и кустарников, составляющих лесные полосы, степени сомкнутости крон, наличия прогалин, ширины границ, а также прилегающих к ним агро- и фитоценозов.

Самым большим видовым многообразием представлены группы сорных, сорно-луговых, луговых, лесных растений.

Из выявленных 131 вида растений, практически все имеют определенное хозяйственное значение для человека, а многие виды относятся к многосторонне используемым и отнесены в 14 хозяйственно-полезных групп (таблица 3). Самой многочисленной является группа лекарственных растений, имеющих различный спектр действия (68,7%). Чуть больше половины растений относятся к медоносам, кормовые растения объединяют 49 %, почти треть относится к группе сорных. Широко представлены группы декоративных, пищевых, ядовитых растений. Самыми малочисленными являются газонные, масличные и дубильные растения.

Таблица 2

Эколого-фитоценологический состав растений полезацильных лесных полос окрестностей с. Александровка Лямбирского района

№ п/п	Эколого-фитоценологические группы растений	Число видов	%
1	Лесные	21	16,0
2	Лесо-луговые	2	1,5
3	Лесо-болотные	1	0,8
4	Сорно-лесные	1	0,8
5	Луговые	22	16,8
6	Сорно-луговые	24	18,3
7	Степные	4	3,1
8	Сорно-степные	2	1,5
9	Культивируемые	5	3,8
10	Культивируемо-луговые	5	3,8
11	Культивируемо – сорные (часто дичающие)	1	0,8
12	Сорные	43	32,8
Всего:		131	100

Таблица 3

Хозяйственно-полезные группировки растительности лесных полос  
около Александровка Лямбирского района

№ п/п	Хозяйственные группировки растений	Число видов	Видовое обилие, %
1	Лекарственные	90	68,7
2	Медоносные	71	54,2
3	Кормовые	64	48,9
4	Сорные	43	32,8
5	Декоративные	37	28,2
6	Пищевые	36	24,5
7	Ядовитые	20	15,3
8	Красильные	16	12,2
9	Технические	16	12,2
10	Перганосные	11	8,4
11	Газонные	6	4,6
12	Жирно-масличные	5	3,8
13	Эфирно-масличные	4	3,1
14	Дубильные	1	0,8

**Выводы:**

1. Многообразие видового состава растений полезности лесных полос зависит от состава древесно-кустарниковой растительности полос и от характера окружающих их фитоценозов.

2. Основу растительности лесных полос составляют растения из семейств: Сложноцветные, Бобовые, Злаки, Крестоцветные, Розоцветные.

3. Преобладающей жизненной формой являются многолетние травы.

4. Наибольшим видовым многообразием характеризуются группы сорных, сорно-луговых, луговых и лесных видов.

5. Все выявленные растения имеют определенное хозяйственное значение, самыми многообразными являются группы лекарственных, медоносных, кормовых и сорных растений.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ковылина, О. П. Изучение травянистого покрова в полезности лесных полосах в степях Хакасии /О. П. Ковылина, Н. В. Сухенко //Ботанические исследования в азиатской России. Материалы XI съезда Русского ботанического общества (18 – 22 августа 2003 г., Новосибирск – Барнаул). Т.2. Барнаул, 2003. – С. 388 – 389.

2. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России /П. Ф. Маевский. – М: Тов-во научн. изданий КМК, 2006. – 600 с.

3. Миркин, Б. Н. Растительные сообщества наших полей / Б. Н. Миркин. – М.: Знание, 1990. – 125 с.

4. Новиков, В. С. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения / В. С. Новиков, И. А. Губанов. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

5. Павловский, Е. С. Агролесомелиорация и плодородие почв / Е. С. Павловский. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.

6. Чегодаева, Н. Д. Влияние полезащитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жуужелиц прилегающих полей / Н. Д. Чегодаева, И. Ф. Каргин, В. И. Астрадамов. – Саранск.: Морд. кн. из-во. – 2005. – 126 с.

УДК 574.3:582.594(470.345)

### **О ПОПУЛЯЦИЯХ ВЕНЕРИНА БАШМАЧКА НАСТОЯЩЕГО (*CYPRIPEDIUM CALCEOLUS L.*) В ИЧАЛКОВСКОМ И ЛЯМБИРСКОМ РАЙОНАХ МОРДОВИИ**

Г.Г. Чугунов, Е.В. Варгот, А.Е. Шигаева, И.В. Кирюхин  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Одной из самых насущных проблем современности является сохранение биологического разнообразия [1]. Первыми шагами к этому служит инвентаризация видового состава и выявление редких и исчезающих видов. Главным правовым документом, на основании которого производится охрана того или иного вида служит Красная книга [2].

Одним из важнейших объектов охраны является представитель семейства орхидные (*Orchidaceae*) венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus L.*), включенный в Красные книги РСФСР, МСОП, готовящееся издание Красной книги России, а также Приложение II Конвенции СИТЕС [3].

На территории Республики Мордовия в. б. настоящий зарегистрирован в Атяшевском, Большеберезниковском, Зубово-Полянском, Инсарском, Кадошкинском, Лямбирском, Темниковском, Теньгушевском и Чамзинском районах. Практически во всех известных местообитаниях встречается немногочисленными группами [3].

Нашей флористической группой в конце мая – начале июня 2007 г. проведены исследования состояния популяций в. б. настоящего в Ичалковском и Лямбирском районах Республики Мордовия.

В Ичалковском районе в. б. настоящий впервые достоверно зарегистрирован в июле 2006 года в лиственном лесу в 2 км восточнее пос. Ташкино. Согласно наблюдениям, проведенным в начале июля 2006 г. в состав скопления входило от одной до 127 особей. Всего нами было зарегистрировано 557 особей, из которых 147 находились при плодах.

Отмечено, что основная часть *Cypripedium calceolus* произрастает в участках лесного массива, где травянистый ярус подвергся воздействию низового лесного пожара 2006 г. [4]. Учет, проведенный 2 июня 2007 г.

выявил уже 731 побег, в том числе 327 вегетативных и 404 генеративных.

В начале июня 2007 г. в ближайших окрестностях пос. Камчатка Ичалковского района в смешанном широколиственном лесу было обнаружено новое местонахождение в. б. настоящего. Здесь нами было зарегистрировано 98 вегетативных и 43 цветущих побега (02.VI.2007, Чугунов Г. Г., Варгот Е. В., Шигаева А. Е., Веретенникова А. В.).

В Лямбирском районе нами в мае 2007 г. была исследована популяция в. б. настоящего в остепненной дубраве юго-восточнее с. Лямбиров, известная по гербарным сборам с 1977 г. В июне 1999 г. здесь нами были отмечены единичные побеги. Наблюдения 2007 года показали, что после низового пожара 2006 г. численность вегетативных и генеративных побегов заметно возросла. Всего здесь зарегистрировано 263 разновозрастных побега, из них 88 проростков, 43 вегетативных и 132 цветущих (27.V.2007, Чугунов Г. Г., Кирюхин И. В., Варгот Е. В.).

Таким образом, исследования популяций в некоторых местонахождениях показали, что такой фактор как пал естественного или антропогенного происхождения способствует развитию проростков и ювенильных особей [4].

В настоящее время охрана в. б. настоящего проводится лишь на территории Мордовского государственного заповедника и Симкинского природного парка, что позволяет сохранить его далеко не в полной мере, поэтому важность охраны вида не вызывает сомнений. Наиболее целесообразно было бы указанные лесные массивы взять под охрану в статусе ботанических памятников природы.

В ходе работы был собран гербарий, сделаны многочисленные цифровые фотографии. Координаты всех микропопуляций были зарегистрированы GPS-навигатором. Материалы исследований переданы в научный отдел национального парка «Смольный» и научный гербарий кафедры ботаники и физиологии растений МГУ им. Н. П. Огарева.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Малышев, Л. И. Стратегия и тактика охраны флоры / Л. И. Малышев // Бот. журн.- 1980. –Т. 65, № 6. – С. 875 – 885.

2 Красная книга Республики Мордовия. Т.1: Редкие виды растений, лишайников и грибов / Сост. Т. Б. Силаева. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – 288с.

3 Силаева, Т. Б. Венерин башмачок настоящий / Т.Б. Силаева, В.М. Смирнов // Красная книга Республики Мордовия. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – Т.1. – С.97.

4 Редкие растения и грибы: материалы для ведения Красной книги Республики Мордовия за 2006 год. / Под общей редакцией Т. Б. Силаевой. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 68 с.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОКНИЖНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ АРДАТОВСКОГО РАЙОНА

Г.Г. Чугунов, Е.В. Царева

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»

Современный растительный мир сформировался в результате длительного процесса эволюции. Человек в процессе всей жизни оказывает большое воздействие на исчезновение растительных сообществ. И в настоящее время становятся актуальными вопросы защиты и охраны растительного мира, при чем особое внимание должно быть уделено редким и исчезающим видам, внесенным в Красную книгу России и Мордовии в том числе [1].

Особый интерес представляет изучение краснокнижных видов сосудистых растений Ардатовского района Республики Мордовия, так как он расположен на стыке лесной и степной зон [2].

По сведениям, имеющимся в литературе, гербариях и картотеке флоры кафедры ботаники и физиологии растений в аборигенной флоре Ардатовского района зарегистрировано 508 видов сосудистых растений, из них 29 видов занесены в Красную книгу Мордовии [3].

В июле – августе 2006 – 2007 годах нами было исследовано состояние популяций двенадцати краснокнижных видов на ранее выявленных местонахождениях: сосняк в 2,5 – 3,5 км северо-западнее деревни Большие Поляны; лес возле города Ардатова; переходное болото с березой в 3,5 км западнее деревни Большие Поляны, склон высокого холма (гора Питерка) в 3 км северо-западнее станции Ардатов; остепненный овраг в долине реки Меня близ деревни Олевка; сосновый лес возле поселка Тургенево; окрестности поселка Тургенево  $\approx$  800 м восточнее мужской ключевой пустыри, а также зарастающий торфяной карьер на правом берегу реки Алатырь прямо напротив села Луньга.

Нами были собраны и загербаризированы такие виды как: *Juniperus communis* L. – Можжевельник обыкновенный (встречался изредка  $\approx$  15 экземпляров на 150000м<sup>2</sup>), *Stipa pennata* L. – Ковыль перистый (встречался очень обильно  $\approx$  15 куртин на 1м<sup>2</sup>), *Stipa capillata* L. – Ковыль волосовидный (встречался довольно обильно  $\approx$  12 куртин на 1м<sup>2</sup>), *Salix myrtilloides* L. – Ива черничная (встречался в небольших количествах  $\approx$  3 побега на 1м<sup>2</sup>), *Epipactis palustris* L. – Дремлик болотный (встречался плотными зарослями  $\approx$  50 экземпляров на 1м<sup>2</sup>), *Dianthus superbis* L. – Гвоздика пышная (встречалась единичными экземплярами  $\approx$  2 экземпляра на 1м<sup>2</sup>), *Anemone sylvestris* L. – Ветреница лесная (встречалась редко  $\approx$  3 экземпляра на 1м<sup>2</sup>), *Pulsatilla patens* L. – Прострел раскрытый (встречался довольно многочисленно  $\approx$  33 экземпляра на 1м<sup>2</sup>), *Adonis vernalis* L. – Адонис весенний (встречался довольно часто  $\approx$  20 экземпляров на 1м<sup>2</sup>), *Andromeda polifolia* L. – Подбел обыкновенный (встречался небольшими скоплениями – коло-

ниями  $\approx 5$  колоний на  $1\text{ м}^2$ ), *Oxycoccus palustris* Pers. – Клюква болотная (встречалась очень обильно  $\approx 25$  экземпляров на  $1\text{ м}^2$ ), *Artemisia latifolia* Ledeb – Полынь широколистная (встречалась единичными экземплярами  $\approx 1$  экземпляр на  $1\text{ м}^2$ ) и данные о нахождении еще 3 видов не были подтверждены (*Drosera rotundifolia* L. – Росянка круглолистная, *Carex supina* L. – Осока приземистая, *Gratiola officinalis* L. – Авран лекарственный), так как популяции были по-видимому разрушены [4].

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что сведения об ареалах распространения краснокнижных видов Ардатовского района устарели и требуют тщательной проверки.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Толмачев, А. И. Богатство флор как объект сравнительного изучения / А. И. Толмачев // Вестник ЛГУ. 1970. Сер. Биол., вып. 4, №9. С. 71–83.

2 Левин, В. К. Сезонная динамика степной растительности в Мордовской АССР / В. К. Левин // Флора и интродукция растений. Саранск, 1977. С. 29–34.

3 Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов / Сост. Т. Б. Силаева. Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. 88 с.

4 Определитель сосудистых растений центра европейской России / И. А. Губанов, К. В. Киселева, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. 2-е изд., дополн. и перераб. М.: Аргус, 1995. 560 с.

УДК 581.143

### ИЗМЕНЕНИЯ РОСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Э.Ш. Шаркаева

ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева

Одним из характерных проявлений действия пониженных температур на теплолюбивые растения является замедление роста, сильнее выраженное у чувствительных видов и сортов по сравнению с устойчивыми (Родченко, 1987). Выдерживание теплолюбивых растений при пониженных температурах приводит к появлению многочисленных симптомов повреждений, величина которых является функцией температуры, длительности выдерживания в холодных условиях, вида растения и физиологического состояния растительного материала (Morris, 1982). Нарушения роста растения прослеживаются по разным параметрам: уменьшается сырая масса растений и накопление сухого вещества (Skrudlik, Koscielniak, 1996); снижается высота охлажденных растений (Зауралов, 1993); тормозится рост листьев (Ben Haj-Salah, Tardieu, 1995) и корня (Rab Saltveit, 1996).



Нарушения роста, вызванные действием пониженных температур, приводит к значительному снижению продуктивности растений (Сичкарь, 1984). В связи с этим исследовали влияние охлаждения при различных уровнях и режимах на ростовые параметры растений кукурузы.

**Методика.** Материалом для исследования служили растения кукурузы (*Zea mays* L.) сорта Днепропетровская 247. Растения выращивали в условиях вегетационного опыта. Семена, обработанные 0,05% раствором марганцево-кислого калия, выдерживали в течение 24 ч в водопроводной воде при температуре 25<sup>0</sup>С, после чего высевали в сосуды с почвой. Растения выращивали при температуре 22-24<sup>0</sup>С, освещенности люминесцентными лампами 5000лк при 12-14 ч световом дне, влажности почвы 60-80% от полной влагоемкости. Растения кукурузы выращивали до фазы 2-3 листьев (возраст 11 дней).

Охлаждение растений проводили в холодильной камере при температуре 0<sup>0</sup>С и 2<sup>0</sup>С. Экспозицию варьировали от 0,5 до 24 часов. В качестве контроля служили растения, находившиеся в это время в условиях оптимальной температуры в темноте. Ростовые характеристики организма определяли на 15 растениях каждого варианта спустя 10 суток после охлаждения. Высоту растений измеряли от поверхности почвы до кончика верхнего листа. Площадь листовой поверхности растений кукурузы определяли суммированием площадей всех листьев растения, рассчитанных по формуле (Гродзинский, Гродзинский, 1973):  $S = 0,68 \cdot a \cdot b$ , где S – площадь листьев, см; a – длина листовой пластинки; b – ширина листовой пластинки; 0,68 – коэффициент перерасчета.

**Результаты и обсуждение.** Охлаждение растений кукурузы при температуре 2<sup>0</sup>С вызывало торможение роста, которое зависело от его длительности (табл.). Первые достоверные различия по высоте растений отмечены после 2 ч охлаждения и составили 75,9% от величины контрольных растений.

Таблица

Влияние длительности охлаждения растений кукурузы на параметры роста

Длительность охлаждения, ч	Температура 2 <sup>0</sup> С		Температура 0 <sup>0</sup> С	
	высота растений, см	площадь листьев, см <sup>2</sup>	высота растений, см	площадь листьев, см <sup>2</sup>
0	44,3±1,6	72,8± 1,6	44,3± 1,6	72,8± 1,6
0,5	44,2± 2,0*	72,5± 2,8*	39,8± 1,8*	71,2± 3,3*
1	38,8± 2,2*	67,5± 3,2*	37,2± 1,8	58,2± 2,7
2	36,3± 1,9	54,2± 3,1	32,0± 1,7	55,4± 2,1
4	32,1± 1,5	53,3± 2,6	31,9± 1,6	51,2± 1,2
8	31,2± 1,0	51,2± 2,7	26,2± 1,1	45,3± 2,7
12	30,9± 0,8	50,3± 2,2	25,1± 1,2	38,5± 1,1
16	30,7± 0,9	48,9± 1,6	-	-
20	28,4± 0,8	46,1± 3,6	-	-
24	28,4± 0,8	43,3± 2,7	-	-

\*- различия с контролем недостоверны при P=0,05.

По мере удлинения холодовой экспозиции прирост растений прогрессирующе снижался. Минимальный прирост растений отмечен для наиболее длительных экспозиций (29-24 ч), где высота растений составила 64,1% по сравнению с контролем.

Подобная закономерность отмечена и в отношении прироста листовой поверхности, где достоверные различия с неохлажденным контролем также наступали после 2 ч охлаждения. Наименьший прирост листовой поверхности наблюдали у растений охлажденных в течение 24 ч – 59,5% от величины контрольных растений.

При более жестком режиме охлаждения интенсивность ростовых процессов на уровне организма подавлялась значительно, чем при действии температуры 2°C. Достоверные различия высоты растений после охлаждения при температуре 0°C наступали спустя 1 ч. Снижение высоты охлажденных растений прогрессировало до 12 ч выдерживания при пониженной температуре. То же самое отмечено и для прироста листовой поверхности.

Приведенные данные показывают снижение ростовых реакций растений кукурузы после охлаждения, при этом отмечена четкая зависимость изменений от интенсивности охлаждения. Возможные механизмы, оказывающие влияние на ростовые реакции теплолюбивых растений в ходе охлаждения, связаны с нарушением цитофизиологических процессов. Известно, что пониженные положительные температуры вызывают различные изменения в клетках теплолюбивых растений: усиление выхода электролитов (Simon, 1974), изменение внутриклеточного pH (Родченко, 1987), возрастание перекисного окисления липидов (Zhang Yi et al., 1992), накопление свободных жирных кислот (Kaniuga, Michalski, 1978) и другие.

Установлено, что на ростовую функцию каллуса оказывает влияние оксигенированные производные полиеновых ЖК. Полагают, что взаимодействие метаболизма структурных липидов и ростовой функцией клетки реализуется через изменение ионной проницаемости плазмалеммы, а также активности ионтранспортирующих систем (Панкратова и др., 1990).

Изменение внутриклеточного pH является решающим фактором в процессе деления каллуса (Sethi et al., 1988). Известно, что при охлаждении теплолюбивых растений происходит резкое увеличение свободных радикалов и возникающих на их основе перекисей, которые, возможно, через какие-то цитоплазматические элементы активируют транскрипцию генов, участвующих в индукции роста, дифференцировке и развитии клеток (Гамалей, Клюбин, 1996). Кроме того, охлаждение вызывает увеличение концентрации свободного цитозольного  $Ca^{2+}$  (Minorski, 1985). Установлено, что блокирование Ca-каналов приводит к снижению скорости роста клеток (Полыгалова и др., 1999).

Таким образом, на ростовые параметры клеток оказывают влияние различные цитофизиологические изменения, происходящие в охлажденных растениях. Это в свою очередь вызывает торможение роста на уровне организма, что в итоге приведет к снижению продуктивности растений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гамалей И.Ф., Клюбин И.В.. Перекись водорода как сигнальная молекула//Цитология.- 1996.- Т.38, N 12.- С.1233-1247.
2. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова думка, 1973. – 591 с.
3. Зауралов О.А. Влияние охлаждения проростков огурца на последующий рост и интенсивность фотосинтеза//Физиология и биохимия культурных растений.- 1993.- Т.25, №4.- С.380-387.
4. Панкратова С.И., Ярин А.Ю., Гречкин А.Н.. Влияние оксигенированных производных полиеновых жирных кислот на ростовую функцию//2 Съезд Всесоюз. об-ва физиологов растений: Тез. докл. Минск.- 1990.- Ч. 1.- С.71.
5. Полыгалова О.О., Иванова А.Б., Гордон Л.Х. Влияние гадолиния на ультраструктуру и рост культивируемых клеток каллуса гороха//Цитология.- 1999.- Т. 41, N 3/4.- С.230-235.
6. Родченко О.П. Адаптация к низким температурам и рост корня: Автореф. дис... д-ра биол. Наук. М., ТСХА, 1987.- 26 с.
7. Сичкарь В.И. О холодоустойчивости растений сои//С.-х. биология.- 1984.- N 6.- С.11-16.
8. Ben Haj-Salah H., Tardieu F. Temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length//Plant Physiol.- 1985.- V.109, N 3.- P/861-870.
9. Kaniuga Z., Michalski W. Photosynthetic apparatus in chilling-sensitive plants. II. Changes in free fatty acid composition and photoperoxidation in chloroplasts following cold storage and illumination of leaves in relation to Hill reaction activity//Planta.- 1978.- V .140, N 2.- P.129-136.
10. Minorsky P.V. An heuristic hypothesis of chilling injury in plants: a role for calcium as the primary physiological transducer of injury//Plant Cell Environm.- 1985.- V 8, N 2.- P.75-94.
11. Morris L.L. Chilling injury of horticultural crops: An overview//HortScience.- 1982.- V.17, N 2.- P.161-162.
12. Rab A., Saltveit M.E. Differential chilling sensitivity in cucumber (*Cucumis sativus*) seedling//Physiol. plant.- 1996.- V 96, N 3.- P.375-382.
13. Sethi U., Basu A., Guha-Mkherjee S. Control of cell proliferation and differentiation by regulating polyamine biosynthesis in cultures of brassica and its correlation with dlyoxalase-I activity//Plant Sci.- 1988.- V 56.- P.167-175.
14. Simon E.W. Phospholipids and plant membrane permeability//New Phytol.- 1974.- V 73, N 3.- P.377-420.
15. Skrudlik G, Koscielniak J. Effects of low-temperature treatment at seedling stage on soybean growth, development and final yield// J. Agronomy and Crop Sci. = Zeitschrift fur Acker-und Pflanzenbau. – 1996.- V.176, N 2. – P.11-117.
16. Zhang Yi, Gu Weilian, Dai Junying. Влияние низкой температуры на фотосинтез, активность супероксиддисмутазы и зерновую продуктивность//Zuowu xuebao = Acta Agron. Sin.- 1992.- V 18, N 5.- P.397-400.

**ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ В КРАСНОЙ КНИГЕ  
РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ**

Е.В. Варгот, Т.Б. Силаева, Г.Г. Чугунов, И.В. Кирюхин  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Во всей совокупности редких видов целесообразно изучать особенности растений из различных экологических групп для выявления истинных причин их редкости. Водная флора в этом отношении является интересным объектом, так как в водной среде складываются относительно постоянные условия обитания, а последствия антропогенного пресса дают, порой, неоднозначные результаты. В Красную книгу Республики Мордовия включены 17 водных и прибрежно-водных видов [1]. В работе приведены данные о местах сборов этих растений (на основании полевых исследований и гербарных коллекций GMU, MW, LE и IBIW). Эта информация может существенно уточнить и дополнить сведения об их экологии.

***Salvinia natans* (L.) All.** – Сальвиния плавающая (Сем. *Salviniaceae* – Сальвиниевые). Категория редкости – 2 (уязвимый вид). *Большеберезниковский р-н*: 1. Оз. Инерка на р. Суре, на поверхности озера около берега; 10.09.1967; К. Малютин. 2. В 10 км юж. с. Симкино, оз. Тростное; 18.07.1983; Т. Силаева, В. Юканькин. 3. В оз. Осинное в 3 км сев.-вост. с. Николаевка в сообществе с телорезом алоэвидным; в оз. Хлучино, где образует небольшие скопления по мелководью озера среди розеток водокраса лягушачьего (18.08.2007, Е. Варгот, Г. Левина). *Дубенский р-н, Николаевское лесн.*: 4. Оз. Лисерка, в воде среди ив пепельной и трехтычинковой вместе с телорезом; 7.09.1968; К. Малютин. 5. 209 кв., в болоте; 18.07.1976; Л. Канайкина, Н. Егорова. 6. Озера Монашкино болото, Сальвиниевое, Пыжевка, Сосновка, Барское, Медведка, Гусиное, где вид образует сообщества с телорезом алоэвидным, водокрасом лягушачьим и ряской малой, давая проективное покрытие (ПП) до 5% (12-14 августа 2005 г., Е. Петрова, Е. Варгот). *Зубово-Полянский р-н*: 7. Оз. Сасерка в пойме р. Вад в 1.5 км сев. д. Копронь заньф; 4.10.1974; Б. Смирнов (GMU). 8. В 3 км юж. д. Тенишево, в р. Вад у самого берега. Площадь популяции 0,25 м<sup>2</sup> при ПП 100% (10.08.2007, Е. Варгот, Г. Чугунов).

***Potamogeton acutifolius* Link** – Рдест остролистный (Сем. *Potamogetonaceae* – Рдестовые). Категория редкости – 4 (неопределенный вид). *Теньгушевский район*: 1. В оз. Белое в 3 км юго-вост. с. Широмаково, где отмечен по всему водоему в массе (9.08.1999, Т. Крамина, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков). 2. В пойменном озере Мокши около с. Веденяпино, 10.08.1999, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков (MW, GMU). *Дубенский р-н, Николаевское лесн.*: оз. Медведка в 1 км сев.-вост. охотничьего кордона, 14.08.2005, Е. Петрова, Е. Варгот (IBIW, GMU).

***P. alpinus* Valb.** – Р. альпийский. Категория редкости – 3 (редкий вид). *Зубово-Полянский р-н*: 1. В 3 км юго-вост. ж/д станции Известь, в вы-

работанном торфяном карьере на глубине 1,2 м, 12.08.1999, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков. 2. Близ пос. Известь в лесном озере на месте горельника, 12.08.1999, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков. 3. Окрестности с. Зубова Поляна, в лесном ручье, 1886, Литвинов. *Темниковский р-н*: 4. В р. Пуште при впадении в оз. Сумежное, 13.07.1981, Н. Бородина. 5. МГЗ, кв. 422, р. Сатис, 06.08.1981. *Теньгушевский район*: 6. Барашевское лесн., в лесном ручье, 13.07.1970, Катькова, Гамбургерф, Вишнякова.

***P. gramineus* L.** – Р. злаковый. Категория редкости – 4 (неопределенный вид). *Теньгушевский р-н*: 1. В старице р. Мокши (13.07.1979; 8.07.1979; Т. Силаева). 2. Пойма р. Мокши, в старице у с. Стандрово (2.08.1980; Т. Силаева). *Зубово-Полянский р-н*: 3. Окрестности с. Зубова Поляна (1975; Б. Смирнов) (MW, GMU). 4. *Лукояновский уезд. Ичалковское лесничество*. В болоте у Песочного кордона (16.06.1927; М. Назаров) (LE, MW). *Большеберезниковский р-н*: 5. В Симкинском лесн. на оз. Калэрке образует обширные заросли (29.06.2005, Е. Варгот). 5. Лесное озеро в 1,5 км юж. д. Красная поляна на мелководье (15.07.2005; Т. Силаева, И. Кирюхин, Е. Варгот) (GMU). *Дубенский р-н, Николаевское лесн.*: 6. В оз. Пиявочное болото на мелководье (12.08.2005; Е. Варгот, Е. Петрова) (IBIW, GMU).

***P. obtusifolius* Mert. et Koch.** – Р. туполистный. Категория редкости – 3 (редкий вид). *Дубенский р-н*: 1. В старице р. Суры близ с. Николаевка, 24.07.1967, Мигунова. 2. На перекате р. Лаши в 3 км юго-вост. 46 кордона Николаевского лесн. (12.08.2005, Е. Петрова, Е. Варгот) (IBIW, GMU). *Зубово-Полянский р-н*: 3. Оз. Глухое и близкие к нему озера в 3 км от с. Зубова Поляна, июль 1975 года. 4. С. Зубова Поляна, карьер автозаправочной станции, 11.08.1999, Т. Крамина, С. Майоров, А. Щербаков (MW, GMU). *Темниковский р-н*: 5. МГЗ, кв. 492, в р. Пушта, 13.07.1981, Н. Бородина (GMU).

***P. praelongus* Wulfen** – Р. длиннейший. Категория редкости – 3 (редкий вид). *Зубово-Полянский р-н*: 1. Оз. Имерка в 4 – 5 км зап. ж/д станции Умет, 11.08.1999, Т. Крамина, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков. 2. Оз. Имерка напротив с. Журавкино, 11.08.1999, Т. Силаева, А. Щербаков. *Ичалковский р-н*: 3. В озере – старице р. Алатырь близ мельницы на р. Калыша против с. Новые Ичалки, 1919 г., Н. Павлов. *Теньгушевский р-н*: 4. В 2 км сев.-зап. д. Ивановка, в оз. Пиявское, 10.08.1999, Т. Крамина, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербаков.

***P. rutillus* Wolfg.** – Р. красноватый. Категория редкости – 0(4) (вероятно, исчезнувший (неопределенный) вид). *Зубово-Полянский р-н*: 1. Оз. Глухое, июль 1975, Б. Смирнов.

***Najas major* All.** – Наяда большая (Сем. *Najadaceae* – Наядовые). Категория редкости – 2 (уязвимый вид). *Большеберезниковский р-н*: 1. Оз. Инерка, 1975, К. Малютин (имеются сборы, Т. Силаевой и группы студентов 2002 г.). *Ичалковский р-н*: 2. Оз. Инерка в 0,2 км юж. пос. Сосновка, 7.07.2000, Г. Чугунов. 3. В старице р. Алатырь у д. Камчатка, 7.07.2000, Г. Чугунов. *Ельниковский р-н*: 4. Заливчик р. Мокши у с. Корино, 14.08.1965, Е. Лукина (GMU). *Кадошкинский р-н*: 5. В р. Исса в окрестностях с. Глушково (А. Агеева).

***N. minor* All.** – Н. малая. Категория редкости – 1 (исчезающий вид). *Большеберезниковский р-н*: 1. Оз. Ишак (отрог оз. Инерка), 1975, К. Малютин. *Ковылкинский район*: 2. Вдоль берега Мокши против д. Андреевка, август 2000, Т. Силаева. 3. *Зубово-Полянский р-н*, Б. Смирнов (GMU).

***Alisma gramineum* Lej.** – Частуха злаковая (Сем. *Alismataceae* – Частуховые). Категория редкости – 4 (неопределенный вид). *Теньгушевский р-н*: травяное болото в пойме р. Мокши близ с. Стандрово, 13.07.1979, Т. Силаева.

***Ranunculus kauffmannii* Clerc.** – Лютик Кауфмана (Сем. *Ranunculaceae* – Лютиковые). Категория редкости – 3 (редкий вид). *Зубово-Полянский р-н*: 1. Болото в окрестностях с. Зубова Поляна, 28.06.1968, Кочетовская. 2. Смирнов, 1975. 3. Против с. Журавкино в р. Вад (близ оз. Имерка), 11.08.1999, Т. Силаева, С. Майоров. 4. Близ места слияния обоих верховой речки Чиуши, Свечникова.

***R. polyphyllus* Waldst. et Kit. ex Willd.** – Л. многолистный. Категория редкости – 3 (редкий вид). *Зубово-Полянский р-н*: 1. На лесном болоте в 2 км от Старой Потьмы, июнь 1975 г., Свечникова. *Большеберезниковский р-н*: 2. В 11 км юж. с. Симкино, в пересыхающем болотце в зарослях ивняка (на территории биостанции МГУ им. Н.П. Огарева), 27.06.2002 (GMU). 3. В 8 – 9 км к югу от с. Симкино в мелководном тенистом озерке среди пойменного ольшаника на левом берегу р. Суры, 21.06.1980, В. Тихомиров, А. Девятков, А. Симонова, Т. Троицкая (MW, GMU). 4. К югу от с. Симкино, болото в разреженном сосновом лесу в 125 кв. Симкинского лесн., 4.06.1982, М. Воронина, А. Филиппова. *Ковылкинский район*: 5. Правый берег р. Мокши у д. Новая Резеповка, 23.06.1964, Козлова и др. *Ардатовский р-н*: 6. Болото в ольшанике в 1 км юж. д. Гудимовка, 24.06.1982, В. Тихомиров, Т. Силаева, А. Тимонин (MW, GMU).

***R. trichophyllus* Chaix.** – Лютик волосолистный. Категория редкости – 3 (редкий вид). *Инсарский р-н*: 1. Водоем в окрестностях г. Инсар, 1984, А. Девятков, И. Октябрева. *Краснослободский р-н*: 2. В болоте у с. Аракчеево, 28.06.1975. 3. Озеро в устье р. Сивинь, 28.06.1975, Морозов, Уковребадзе.

***Elatine hydropiper* L.** – Повойничек перечный (Сем. *Elatinaceae* – Повойничковые). Категория редкости – 3 (редкий вид). *Теньгушевский р-н*: 1. Оз. Белое в 3 км к юго-вост. от с. Широмаково, на песчаной отмели у восточного берега, 9.08.1999, Т. Крамина, С. Майоров, Т. Силаева, А. Щербачков (MW, GMU). *Зубово-Полянский р-н*: 2. Окрестности с. Зубова Поляна, Духленкин пруд, 8.08.1975, Б. Смирнов. 3. Берег оз. Глухое к северу от д. Красный Октябрь, июль 1974 г., Б. Смирнов. *Большеберезниковский р-н*: 4. В 11 км юж. с. Симкино, окрестности биостанции МГУ им. Н.П. Огарева, В. Тихомиров, Т. Силаева (MW, GMU).

***Trapa natans* L. s. l.** – Водяной орех плавающий, или Чилим (Сем. *Trapaceae* – Рогульниковые). Категория редкости – 2 (уязвимый вид). 1. *Ардатовский р-н*. Оз. Паршинки близ с. Луньга-Майдан, 10.08.1991, Е. Локотков. 2. Озеро-старица в левобережье р. Алатырь в 2,5 – 3 км сев. с. Лун-

га-Майдан, 6.07.2000, Г. Чугунов, В. Фалипов. 3. На оз. Долгое в окрестностях с. Луныга-Майдан, 28.09.1993, И. Константинова. 4. Уксумское озеро возле д. Анютино, 8.06.1934, Андреев, Минейчева. 5. *Ичалковский р-н*: Дубовые озера в пойме р. Алатырь близ 108 кв. Барахмановского лесн. 6.07.1995, Н. Бармин, А. Лафуткина, Т. Спиридонова (имеются сборы 1996 и 2004 г.г.). 6. Оз. Инерка в 0,2 км юж. п. Сосновка, 7.07.2000, Г. Чугунов. 7. Оз. Песчаное в долине р. Алатырь возле с. Камчатка, 08.06.1940, И. Спрыгин. 8. *Большеберезниковский р-н*. Оз. Инерка, 22.06.1992, Т. Силаева (имеются сборы 2002 г.). 9. *Темниковский р-н*. Правый берег Мокши в 3 км ниже по течению от г. Темникова в речной заводи, 11.07.1991, С. Майоров, И. Савенок. 10. Озеро в долине р. Мокши в окрестностях г. Темникова (54°38' с.ш. и 43°10' в.д.), из коллекции И. Спрыгина. 11. МГЗ, оз. Пичерки в 403 кв, 10.07.1972, Л. Долматова (GMU).

***Utricularia intermedia* Hayne.** – Пузырчатка средняя (Сем. *Lentibulariaceae* – Пузырчатковые). Категория редкости – 0 (вероятно, исчезнувший вид). 1. Светлое Лашминское моховое болото близ д. Крутенькой, 1890, К. Космовский. 2. *Нижегородская губерния*. Болото между кордоном Кривое и кордоном Язы, 17.08.1928, А. Усанов, М. Хамутова, А. Жадовский.

***Senecio tataricus* Less.** – Крестовник татарский (Сем. *Asteraceae* – Сложноцветные). Категория редкости – 3 (редкий вид). 1. Впервые отмечен К. Космовским в 1890 году в сырых колодеобразных понижениях на известняках между с. Новые Шалы и с. Пурдошки (MW). *Теньгушевский р-н*: 2. Пойма р. Мокши, у с. Стандрово в зарослях кустарников по берегу старицы, 2.08.1980; Т. Силаева. *Дубенский р-н, Николаевское лесн.*: 3. Высохшее болото в пойме р. Суры, окруженное зарослями осок, ив, 7.09.1968, К. Г. Малютин. 4. На берегу оз. Медведка (старица р. Суры) в 1 км сев.-вост. охотничьего кордона (14.08.05, Е. Петрова, Е. Варгот) (GMU). *Темниковский р-н*: 4. МГЗ: В 3 км юго-вост. кордона Воровской в сыром ольшанике, 3.07.1979, Т. Силаева). 5. Инорские луга, 8.1958, Соболевский. 6. На заливных лугах в кв. 444а, в пойменном ольшанике 324 кв. на берегу оз. Инорка и оз. Пушта, 1980.: 7. Пойменные луга у д. Качеево, 4.08.1965, В. Левин. 8. Ольшаник в Емашевой роще у г. Темникова, 20.07.1972, Колованова (GMU). *Большеберезниковский р-н*: 9. Окрестности биостанции МГУ им. Н.П. Огарева, среди ив на заросшем берегу оз. Тростное (29.06.2004, Е. Петрова, Е.Варгот), где он ранее отмечался Т. Силаевой и В. Тихомировым (1985).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Красная книга Республики Мордовия. В 2 т. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов / Сост. Т.Б. Силаева. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – 288 с.

2 Гербарий Мордовского университета.

## О РАСПРОСТРАНЕНИИ *BATRACHOSPERMUM TURFOSUM* BORY НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Ю.С. Орлова, Т.Б. Силаева

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»

Сохранение биологического разнообразия – одна из важнейших проблем современности и необходимое условие экологического равновесия в биосфере. Первоочередными задачами в деле охраны живой природы являются инвентаризация ее видового состава, выявление редких и исчезающих растений, животных и грибов и создание на этой основе Красных книг. Изданы Красные книги СССР, РСФСР, Красная книга России. В областях и республиках готовятся или уже опубликованы региональные Красные книги. В 2003 году была издана Красная книга республики Мордовия.

Полнота выявления редких и исчезающих растений напрямую связана с уровнем изученности флоры региона. Продолжающиеся флористические исследования территории республики Мордовия позволяет получить дополнительные данные по хорологическому статусу и состоянию локальных популяций того или иного потенциального кандидата на включение в Красную книгу. Наблюдения за популяциями этих видов, инвентаризация местонахождений или подтверждение произрастания на территории республики – важная научная и практическая задача.

Водоросли – наименее изученная группа растений в Мордовии. Поэтому в Красную книгу включено всего два вида: *Hydrodictyon reticulatum* и *Chara foetida*.

В 2005 году на территории Национального парка на болоте «Ельничное озеро» впервые был обнаружен *Batrachospermum turfosum* Bory (Силаева Т.Б., Чугунов Г.Г.). В 2007 году местонахождение было подтверждено (Чугунов Г.Г., Орлова Ю.С.). «Ельничное озеро» находится в 34 квартале Кемлянского лесничества. Оно представляет собой верховое болото с хорошо сформированным сфагновым покровом. В средней части имеются небольшие сплавины. На болоте также произрастают росянка круглолистная, вахта трехлитсная, пушица влагалищная, клюква обыкновенная и осоки. *Batrachospermum turfosum* Bory был обнаружен на краю одной из сплавин в зарослях рдеста.

В июле 2007 года *Batrachospermum turfosum* Bory был обнаружен на болоте Моховое (Орлова Ю.С., Чугунов Г.Г.). Болото Моховое относительно молодое, до 60-х годов на нем велись интенсивные разработки торфа. Поэтому сфагновый покров на болоте развит очень слабо, а в центре располагаются две довольно большие сплавины. Основную часть растительного покрова составляют осоки. *Batrachospermum turfosum* Bory, как и на «Ельничном озере» был найден у края сплавины.

Неожиданно удалось зарегистрировать *Batrachospermum turfosum* Bory на западе республики Мордовия. Он был собран в р. Уркат (правобе-



режный приток Мокши) на окраине с. Б.Уркат Ельниковского района. Ширина русла около 8 м. Примечательно, что на этом отрезке река характеризуется высокой скоростью течения. Выше и ниже по течению имеет песчаное дно, а в месте произрастания батрахоспермума на дне большое количество камней. Отмечено обилие водорослей (в том числе *Chara sp.*) и высших водных растений (4 вида рода *Potamogeton*). Возможно, высокое видовое разнообразие водных растений обусловлено повышенной аэрацией (река на этом отрезке «бурлит», наличием субстрата для прикрепления).

*Batrachospermum turfosum* Вору растет прикреплено к камням. Его немногочисленные кустики буровато-оливкового цвета на площади около 20 м<sup>2</sup> достигали длины до 5-8 см. Примечательно, что в литературе указывается на произрастание батрахоспермума в стоячих и медленно текущих водоемах. Изученное местообитание принципиально отличается.

*Batrachospermum turfosum* Вору относится к семейству, *Batrachospermaceae* порядку *Nemaliales*, классу *Florideophyceae*, отделу *Rhodophyta*.

Эта водоросль представляет собой таллом в виде сильно разветвленного кустика оливково-зеленого или стального цвета. Центральная ось из длинных бесцветных клеток, от которых отходят ветви ограниченного роста, образующие мутовку. От них отходят ветви неограниченного роста и кортикальные нити, образующие обертку. Половое размножение отличается некоторыми особенностями. Трихогина необычной для красных водорослей кеглевидной формы. После оплодотворения из брюшка карпосгона вырастают ветвящиеся гонимобласты, конечные клетки которых дают карпоспоры, собранные в цитокарпий. Из карпоспор вырастают нити, от которых вертикально отходят нити совсем иного внешнего вида, чем таллом батрахоспермума. Эта стадия описана под родовым названием шантразия. При благоприятных условиях из верхушечных клеток этой стадии развивается таллом батрахоспермума. Предпочитает хорошо аэрируемые воды медленно текущих рек и ручьев, но их можно встретить в прибрежной части озер. Некоторые проникают даже в торфяные болота, но чаще встречаются вблизи ключей.

*Batrachospermum turfosum* Вору крайне редкий для средней полосы России вид, поэтому он рекомендован к внесению в следующее издание Красной книги Мордовии.

Представители рода *Batrachospermum* также внесены в Красные книги нескольких регионов. Так *Batrachospermum moniliforme* Roth включен в Красные книги Московской, Нижегородской, Вологодской областей, Ненецкого Автономного Округа и входит в аннотированный перечень таксонов и популяций, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде в приложении к Красной книге республики Коми. На территории стран СНГ *Batrachospermum moniliforme* Roth относится к охраняемым растениям бассейна Днестра на территории Украины и входит в список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь. В Красную книгу Московской области входит также *Batrachospermum*

*vagum*. (Roth) Ag. К охраняемым растениям бассейна Днепра на территории Украины относится *Batrachospermum ectocarpum* Sirod.

Таким образом *Batrachospermum* представляется нам очень интересным объектом для дальнейшего изучения. В задачи дальнейшего исследования будет входить поиск на территории Мордовии видов *Batrachospermum*, охраняющихся в соседних регионах, а также выявление новых местообитаний *Batrachospermum turfosum* Vory.

УДК 577.175.1:582.581.71

## **ВЛИЯНИЕ ЦИТОДЕФА НА СКОРОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ СУПЕРОКСИДНОГО АНИОН-РАДИКАЛА В СЕМЯДОЛЬНЫХ ЛИСТЯХ ОГУРЦА ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Н.А. Пыненко, Д.И. Башмаков

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»

В связи с развитием промышленности происходит сильное изменение условий внешней среды. Особенно опасно для растения глобальное загрязнение экосистем стабильными токсическими компонентами, такими как тяжелые металлы [1]. Тяжелые металлы способны накапливаться в растении, а вместе с растительной пищей они поступают в организм человека и животных. Известно, что металлы способны индуцировать генерацию активных форм кислорода. Типичными последствиями функционирования активных форм кислорода являются перекисное окисление липидов, нарушение структуры и инактивация белка [2]. В связи с этим большую актуальность имеет разработка и внедрение мероприятий по повышению устойчивости растений к действию ионов металлов [3].

Задачами настоящей работы явилось:

1. Выяснить способность ионов Sr, Ni, Pb, Zn к образованию супероксидного анион-радикала ( $O_2^{\bullet -}$ ).
2. Выяснить влияние препарата Цитодеф на скорость генерации  $O_2^{\bullet -}$  при действии ионов металлов.

Материалом для работы служили 7 дневные проростки огурца сорта «Изящный». Эксперимент проходил в факторостатных условиях (освещенность 2000 лк, фотопериод 14 ч., температура 21 °С). Растения выращивали в водной культуре. Часть семян высаживали на 1мМ, 0,1 мМ, 10 мкМ растворы ионов тяжелых металлов ( $Pb(NO_3)_2$ ;  $SrSO_4 \cdot 7H_2O$ ;  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ ;  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), другую часть выращивали на 0,1 мкМ Цитодефа в присутствии ионов металлов. Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде. На 7 сутки определяли скорость генерации  $O_2^{\bullet -}$ . В основе метода лежит способность этого радикала окислять адреналин в адренохром [4].

В ходе эксперимента были получены следующие результаты (рисунок). Внешне действие тяжелых металлов проявляется в угнетении роста, однако это внешнее воздействие обусловлено изменениями, происходя-

щими на физиологическом уровне. Из рисунка видно, что ионы металлов повышают скорость генерации  $O_2^{\bullet-}$ , ионы свинца и цинка более интенсивно, чем ионы стронция и никеля. В присутствии цитодефа наблюдается уменьшение скорости генерации  $O_2^{\bullet-}$ , но из изученных металлов наименьшее гашение скорости генерации отмечается при экспозиции с растворами ионов стронция и свинца.

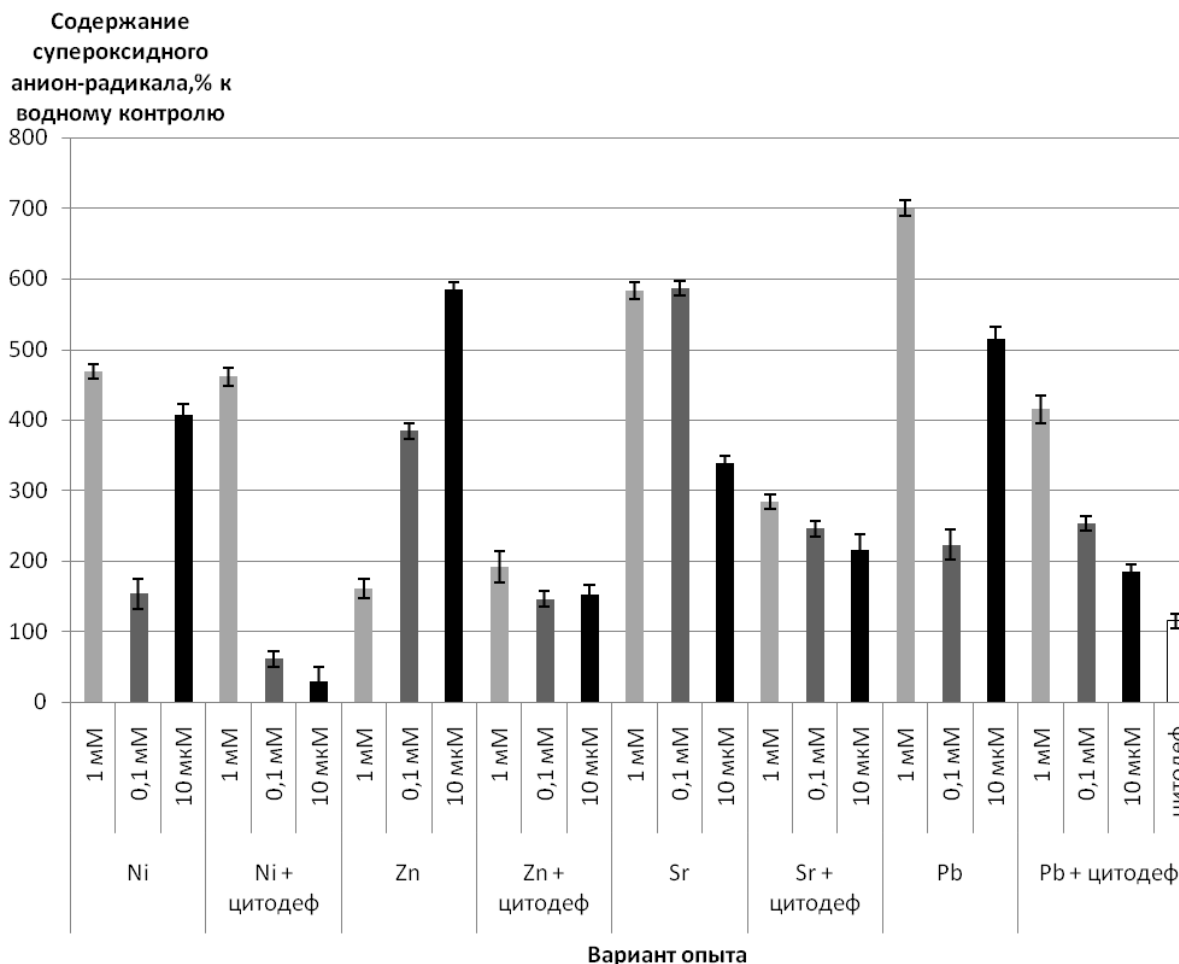


Рисунок. Влияние препарата Цитодеф и ионов металлов на скорость генерации супероксидного анион-радикала в гомогенате семядольных листьев проростков огурца.

Очевидно, тяжелые металлы вызывают активацию образования активных форм кислорода, в частности супероксидного анион-радикала. Можно предположить, что под воздействием ионов металлов происходят нарушения функционирования электронно-транспортной цепи митохондрий, которые и приводят к неконтролируемому образованию активных форм кислорода. Цитодеф вызывает экспрессию генов, ответственных за антиоксидантную систему растения. Однако следует отметить, что не всегда эффект Цитодефа заметен. Например, при 1 мМ ионов никеля и цинка в присутствии Цитодефа не отмечено снижения скорости генерации  $O_2^{\bullet-}$ .

Исходя из полученных результатов, можно сделать выводы о том, что свинец является наиболее токсичным металлом, и препарат Цитодеф в большинстве случаев нормализует оксидантный статус растений огурца.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Милащенко, Н. З. Программа исследований тяжёлых металлов в географической сети опытов со средствами химизации / Н. З. Милащенко // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – №4. – С. 4–7.
2. Минибаева Ф. В. Продукция супероксида и активность внеклеточной пероксидазы в растительных тканях при стрессе / Ф. В. Минибаева, Л. Х. Гордон // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 3. – С. 459 – 464.
3. Серёгин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И. В. Серёгин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606 – 630.
4. Лукаткин, А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во мордовского ун-та, 2002. – 208 с.

УДК 581.1

### ДИНАМИКА АККУМУЛЯЦИИ ИОНОВ СВИНЦА В ТКАНЯХ ОСЕВЫХ ОРГАНОВ ФАСОЛИ (*PHASEOLIUS VULGARIS L.*)

К.А. Сазанова, Д.И. Башмаков

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им Н.П.Огарева»

Возрастающее поступление в окружающую среду тяжелых металлов (ТМ) приводит к загрязнению почвы, которая является основным источником поступления избыточных количеств ТМ в растения. Это вызывает серьезные нарушения растительных организмов на уровне клетки, ткани, организма, популяции [1]. Одним из наиболее токсичных ТМ, поступающих в почву, как естественным образом, так и из антропогенных источников (транспорт, металлургия и т.д.), является свинец [2]. Рb обнаруживается во всех растениях, но в повышенных концентрациях он ингибирует поглощение катионов, влияет на поглощение воды, биосинтез хлорофилла, нарушает окислительно-восстановительные процессы, влияет на иные функции. Кроме того, он способен передаваться по пищевым цепям. В связи с этим мы решили исследовать локализацию данного металла в тканях и органах пищевых растений, а также динамику его поглощения в зависимости от концентрации ионов  $Pb^{2+}$  в окружающей среде.

Растения фасоли (*Phaseolus vulgaris L.*) сорта «Сакса» проращивали в растильнях на дистиллированной воде в течение 5 суток. Затем часть растений переносили на растворы, содержащие 10 мМ, 1 мМ, 0,1 мМ, 10 мкМ ионов  $Pb^{2+}$  ( $Pb(NO_3)_2$ ). Поперечные срезы корня в зоне проведения и гипокотилия делали спустя 1 час, 24 ч., 72 ч. и 120 ч. экспозиции. Для выяснения локализации ионов свинца ткани среза окрашивали дитизоном (дифенилнитрокарбазон). Для этого непосредственно перед проведением опыта растворяли 3 мг вещества в 6 мл ацетона, добавляли 2 мл дистиллированной воды и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты [3]. Окрашенные срезы изучали под световым микроскопом ЛЮМАМ Р8 (увеличение 80) и

некоторые из них фотографировали на фотоаппарате «Rekanon Zoom Lens». О локализации свинца судили по характерной красной окраске клеток и тканей.

Анализ срезов под микроскопом и фотографий показал, что спустя 1 час экспозиции растений с растворами ионов свинца, его содержание в тканях не отличалось от контрольного, о чем свидетельствовало одинаковое окрашивание тканей опытных и контрольных растений, выращенных на дистиллированной воде.

Спустя 24 часа экспозиции при концентрации 10 мкМ и в корне и в стебле заметно окрашивалась только ксилема; при концентрации 0,1 мМ в корне окрашивалась ксилема и флоэма, в стебле – только ксилема; при концентрации 1 мМ ионы свинца локализовались в клеточных стенках ксилемы, флоэмы, перицикла корня, и ксилемы и флоэмы гипокотыля; и при концентрации 10 мМ отмечали окрашивание клеточных стенок ксилемы, флоэмы, перицикла и эндодермы корня, а также ксилемы, флоэмы и эндодермы гипокотылей фасоли. При всех концентрациях ионы свинца локализуются в клеточных стенках экзодермы гипокотыля.

Через 72 часа экспозиции с 10 мкМ в корне отмечали окрашивание флоэмы и, менее интенсивное, – перицикла, в гипокотыле окрашивалась только флоэма; при концентрации 0,1 мМ ионы  $Pb^{2+}$  проникли в корне помимо ксилемы и флоэмы в перицикл, в гипокотыле флоэма, окрашивалась, но менее интенсивно, чем ксилема; при концентрации 1 мМ – и в корне и в гипокотыле кроме вышеперечисленных тканей окрасилась эндодерма; при 10 мМ  $Pb^{2+}$  и в корне и в стебле ионы свинца проникли во все ткани.

Через 120 часов во всех вариантах опыта и в корне и в стебле окрасились все ткани, причем, не только клеточные стенки, но и отмечали присутствие ионов свинца в цитоплазме и вакуолях клеток.

Таким образом, поступление металла в побеги и в корни начинается через 24 часа экспозиции растений. Ионы  $Pb^{2+}$  локализуются в клеточных стенках экзодермы, ксилемы и флоэмы. Спустя 72 часа в корне значительное количество ионов свинца отмечается в клеточных стенках клеток перицикла, вакуолях клеток ксилемы и флоэмы. При концентрации 10 мМ и в корне и в стебле ионы  $Pb^{2+}$  локализуются в клеточных стенках, вакуолях и цитоплазме клеток всех тканей.

При сравнении динамики поглощения ионов свинца тканями побега и корня, можно констатировать более интенсивное поглощение элемента корнем по сравнению с тканями гипокотыля.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606-630.
2. Алехина, Н.Д. Физиология растений: учебник для вузов / Н.Д.Алехина, Ю.В.Балнокин, В.Ф.Гавриленко, Т.В. Жиалова, Н.Р. Мейчик, А.М. Носов, О.Г. Полесская, Е.В. Харитоновы, В.В. Чуб / Под ред.

Н.П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.

3. Серегин И.В. Гистохимические методы изучения распределения кадмия и свинца в растениях / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // Физиология растений. – 1997. – Т.44, № 6. – С. 915-921.

УДК 577.175.1:633.15.

### **КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРЕПАРАТА «РИБАВ-ЭКСТРА» В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ**

Н.В. Нарайкина, А.С. Лукаткин

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»*

Неблагоприятные (стрессовые) факторы окружающей среды, такие как пониженные положительные и повышенные температуры, засуха, гипоксия, поллютанты и т. д., усиливают перекисное окисление липидов (ПОЛ), повышают проницаемость мембран, изменяют активность антиоксидантных ферментов, т. е. индуцируют повреждения клеточных мембран, окислительный стресс и нарушения физиологических функций [1,2].

Для повышения устойчивости растений к стрессовым факторам широко применяют синтетические регуляторы роста и развития растений. Среди новых разработок – препарат «Рибав-Экстра» – экстракт из микоризных грибов женьшеня, содержащий уникальный комплекс аминокислот и биологически активных веществ. Он стимулирует синтез фитогормонов, ростовые процессы, может повышать устойчивость к стрессовым ситуациям.

Информации о действии препарата на молодые растения кукурузы и об оптимальных концентрациях недостаточно. Цель данной работы состояла в том, чтобы исследовать влияние различных концентраций препарата на ростовые процессы, ПОЛ и общую антиоксидантную активность (АОА) в норме, а также при действии повышенных и пониженных температур.

**Материалы и методы.** Материал для работы — молодые растения кукурузы (*Zea mays* L.) сорта РОСС-149. Перед посадкой семена замачивали в разных концентрациях препарата «Рибав-Экстра» (0,1; 1 и 10 мл/л) в течение 10 часов (контроль – в воде). Растения выращивали в лабораторных условиях (температура 25°C, освещение естественное, влажность воздуха около 80%, продолжительность светового дня 12 часов) в сосудах с почвой емкостью 2 кг. Полив производили через день.

По достижении растениями возраста семь дней измеряли высоту надземной части и разделяли сосуды на три группы. Одна из них – контрольная, находилась при комнатной температуре и естественном освещении. Остальные две выдерживали 24 часа в темноте при пониженной (8 °C) и повышенной (44 °C) температуре. Сразу после охлаждения или нагрева в листьях растений определяли интенсивность ПОЛ и АОА. Для определения интенсивности ПОЛ 1 г ткани гомогенизировали в 10 мл среды выделения (0,1 М трис-НСl буфер, рН 7,6, содержащий 0,35 М NaCl). К 3 мл

гомогената добавляли 2 мл ТБК в 20% ТХУ, нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 минут и фильтровали. Оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре при длине волны 532 нм против среды выделения с реагентом. Концентрацию МДА рассчитывали по молярной экстинкции ( $\epsilon = 1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ). Количество МДА в листьях рассчитывали в микромолях / грамм сырой массы листьев [1].

АОА анализировали по цветной реакции полифенолов с 1,1-дифенил-2-пикрилгидрацилом (DPPH). Навеску ткани 1 г измельчали, делали этанольную вытяжку объемом 10 мл, центрифугировали 15 минут при 1500g. К 2 мл экстракта добавляли 1 мл DPPH (200 мкМ в 50% этаноле) и сразу измеряли оптическую плотность при 517 нм против 50% этилового спирта. Далее инкубировали в течение 30 минут на свету при комнатной температуре и повторно измеряли оптическую плотность.

Процент ингибирования радикалов DPPH рассчитывали по формуле:

$$\text{Ингибирование DPPH (\%)} = [(A_{c(0)} - A_{A(t)}) / A_{c(0)}] \times 100\%,$$

где  $A_{c(0)}$  – оптическая плотность контроля, при  $t = 0$ ;  $A_{A(t)}$  – оптическая плотность опыта при времени инкубирования реакционной смеси (30 минут) [3].

Все опыты проводились в 3 биологических повторностях, опыты повторяли 2 раза. Статистическую обработку проводили по общепринятым биометрическим формулам. На графиках приведены средние из всех опытов с их стандартными ошибками.

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенной работы оказалось, что исследованные концентрации препарата «Рибав-Экстра» не оказали существенного влияния на рост побегов (рис. 1). Растения контрольного варианта показывали тенденцию к самому высокому росту, однако различия вариантов обработки «Рибав-Экстра» с контролем были недостоверными. Очевидно, что данный препарат в нормальных условиях не влиял на рост, но вполне возможно ожидать влияния «Рибав-Экстра» на рост кукурузы в неоптимальных температурах.

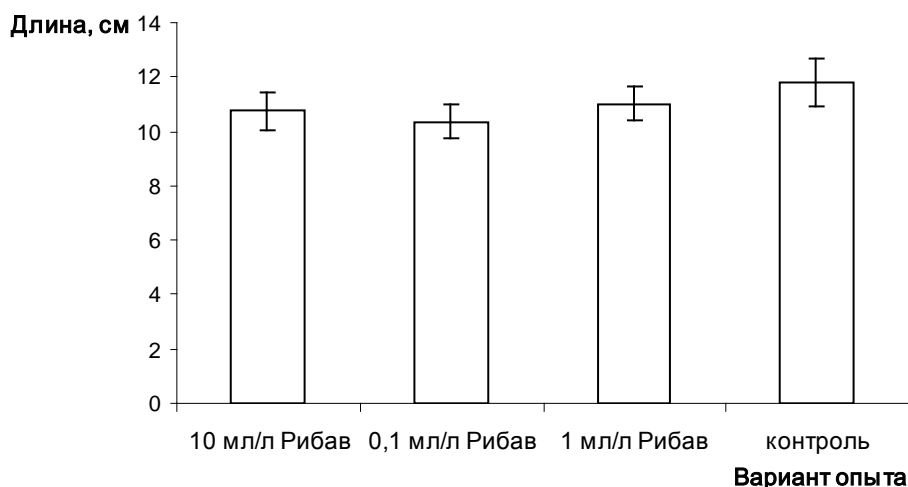


Рисунок 1 Влияние концентрации препарата «Рибав-Экстра» на высоту надземной части молодых растений кукурузы сорта РОСС-149.

При исследовании интенсивности ПОЛ в листьях кукурузы показано, что содержание МДА во всех вариантах в целом ниже контрольного варианта (семена замачивали в воде), но общую закономерность в понижении содержания МДА выделить трудно (рис. 2). Наименьшее содержание МДА было в контрольном варианте, подвергнутом нагреву. В вариантах, обработанных препаратом «Рибав-Экстра», самое малое содержание МДА наблюдали в концентрации 1 мл/л (после нагрева растений).

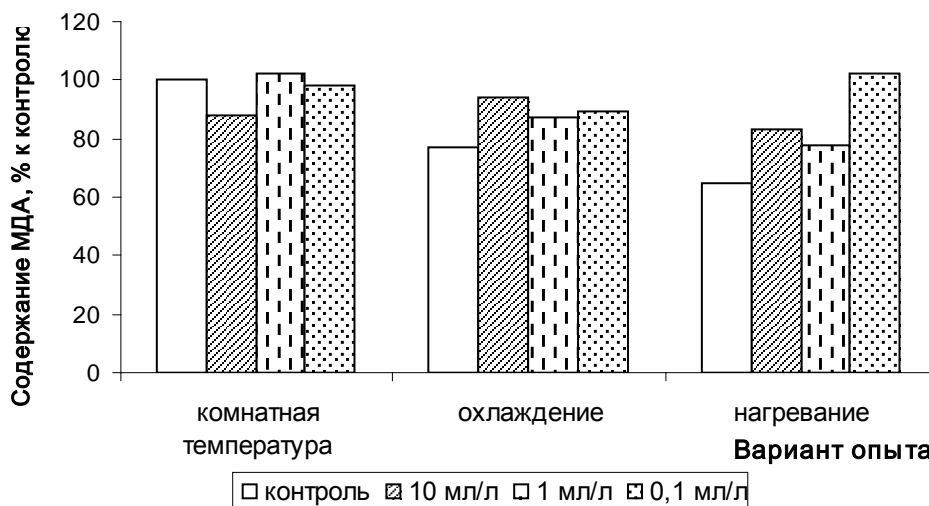


Рисунок 2. Влияние повышенной и пониженной температур на содержание МДА в листьях кукурузы в зависимости от концентрации препарата «Рибав-Экстра». *Примечание:* Определения проводили после 24 ч выдерживания проростков в холодильнике (8 °С) или термостате (44 °С).

Исследование общей антиоксидантной активности показало, что самый большой процент ингибирования DPPH, а следовательно, и уровень антиоксидантов, наблюдается в растениях, обработанных 0,1 мл/л «Рибав-Экстра» и подвергнутых действию повышенных температур (рис. 3).

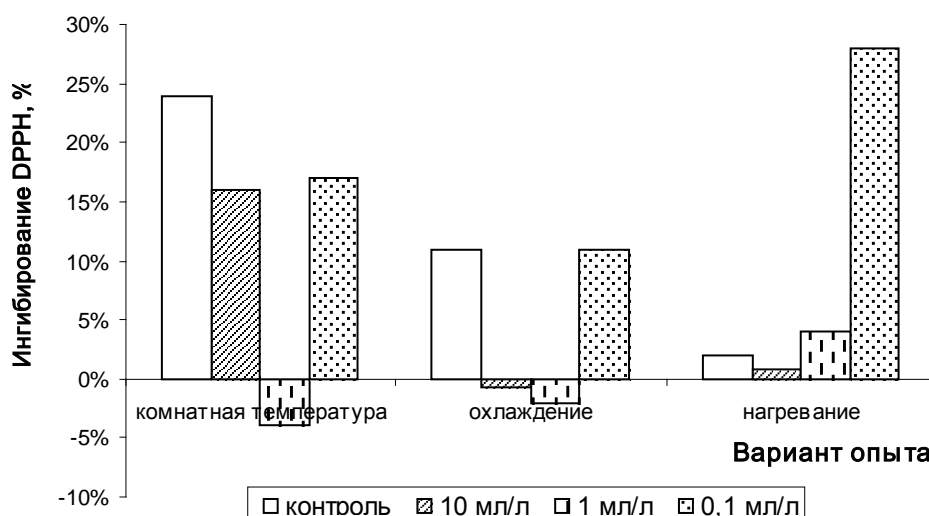


Рисунок 3. Влияние повышенной и пониженной температур на АОА в листьях кукурузы в зависимости от концентрации препарата «Рибав-Экстра». *Примечание:* Определения проводили после 24 ч выдерживания проростков в холодильнике (8 °С) и термостате (44 °С).



Можно предположить, что в этом случае проявляется защитное действие препарата (увеличении уровня антиоксидантов и сопротивление окислительному стрессу). Наиболее высокая эффективность при неблагоприятных температурах показана для концентрации препарата 0,1 мл/л.

Таким образом, проведенные исследования не показали высокой эффективности препарата «Рибав–Экстра» на рост кукурузы и интенсивность ПОЛ при оптимальных температурах. Возможно, в проведенных опытах отсутствовало заметное повреждающее действие неблагоприятных температур, что не позволило проявиться антистрессовому эффекту препарата. Вероятно, для окончательного решения о возможности применения «Рибав–Экстра» необходимо проведение опытов в более жестких стрессовых условиях, а также расширение диапазона концентраций препарата.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукаткин, А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс / А. С. Лукаткин. — Саранск: Изд-во Мордов. унта, 2002. — 208 с.
2. Саиди-Сар, С. Совместное влияние гибберелловой и аскорбиновой кислот на ПОЛ и активность антиоксидантных ферментов в проростках сои при обработке никелем / С. Саиди-Сар, Р. А. Хавари-Недждат, Х. Фахими, М. Горбанли, А. Мадж // Физиология растений. — 2007. — 54, № 1 — С. 85-91.
3. Coban, Túlay. Free radical scavenging activity of *Linum arboretum* / Túlay Coban, Belma Konuklugil // Pharmaceutical Biology. — 2005. — 43, № 4 — С. 370 – 372.

УДК 574.24

### К АНТЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*) В УСЛОВИЯХ ИТРОДУКЦИИ

М.В. Лабутина

ГОУВПО «Мордовский государственный педагогический институт  
имени М. Е. Евсевьева»

Люпин является типичным сидерационным растением, превосходящим другие культуры нетребовательностью к почве, а также способностью накапливать большое количество азота. Он способен накапливать и оставлять после себя в почве около 100–160 и более т/га азота. Корни люпина, проникая глубоко в почву, извлекают питательные вещества, в том числе и фосфор, из труднорастворимых соединений, почти недоступных другим культурам. Люпин находит применение в лесоводстве, садоводстве, цветоводстве, почвозащитном деле (Тарануха, 1979). Из всех хозяйственных показателей люпина главным его достоинством является высокое содержание белка. По количеству белка люпин превосходит горох, фасоль, вику, чече-

вицу и сою. Белки люпина используются для пищевых, кормовых и технических целей. Из люпина можно получать не только хороший корм, но и масло, высокобелковую муку, протеиновые изомеры и концентраты, пригодные для приготовления хлебопекарных изделий (Вавилов, 1983).

Эта культура является перспективной для Мордовии, где климатические и почвенные условия позволяют выращивать ее как кормовую и сидеральную культуру.

Цель работы – исследование суточного ритма и экологии цветения люпина белого (сорт Мановицкий, к-3491).

Наблюдения проводили в с. Красный Шадым Старошайговского района Республики Мордовия в течение 2003-2004 гг. Растения высаживались широкорядным способом (30х30 см), на хорошо освещенном участке. Почва участка серая лесная. Полевая всхожесть составила 80%.

Суточный ритм цветения изучался по методике А. Н. Пономарева (1960) в период массового цветения люпина белого на 10-ти растениях. Наблюдения за динамикой цветения проводили в течение 3 – 4 дней с 8 ч. утра до 22 ч. вечера (через каждые 2 часа). Одновременно отмечали продолжительность цветения: одного цветка, всего соцветия, одного растения, всех растений. Отмечались основные насекомые – опылители.

Цветок люпина белого мотылькового типа, завязь одногнездная. Цветок люпина имеет десять тычинок, расположенных в два круга, девять из них сросшиеся. Срастание тычинок в трубку происходит в нижней части, вверху они свободные. Перед цветением длина тычиночных нитей неодинакова: выделяют пять длинных и пять коротких тычинок. Пыльники диморфные (Дорофеев, Лаптев, 1990). Рыльце люпина головчатое, окружено венцом волосков.

Цветение люпина в условиях Мордовии в годы исследования начиналось 23–30 июня. Общая продолжительность цветения растений составила 43–45 суток. Продолжительность цветения отдельного растения в среднем составила 29 суток, одного соцветия – 12–17 суток, одного цветка – 5–6 суток.

Созревание пыльцы происходит быстрее, чем рыльца. В бутоне размерами 1,5-1,7 мм тычиночные нити усиленно растут и выносят пыльники в суженную часть лодочки. Там же происходит вскрывание пыльников и высыпание пыльцы. Пыльца накапливается в лодочке и при достижении ее рыльцем, может произвести опыление еще в бутоне. В открытых цветках пыльцы не наблюдается, рыльце выдвигается из цветка. Прослеживая динамику цветения отдельного цветка, можно убедиться, что цветок люпина белого приспособлен как к самоопылению, так и к перекрестному опылению. Причем самоопыление может происходить еще в бутоне.

В соцветиях главного побега люпина закладывается от 25 до 40 цветков. В боковых соцветиях, число которых может составлять до 5, закладывается меньшее число цветков – от 12 до 20. Цветение в соцветии протекает в восходящем порядке, первыми раскрываются цветки центральной кисти. Продолжительность цветения центральной кисти у иссле-

двумого сорта зависит от количества цветков в кисти и погодных условий в период цветения. Цветение боковых кистей начинается через несколько дней после окончания цветения цветков центральной кисти.

Суточная периодичность цветения люпина белого исследовалась с 22 по 26 июня 2004 г. В это время наблюдалась теплая солнечная с кратковременными дождями погода. Максимальная температура воздуха поднималась до  $+35^{\circ}\text{C}$ , минимальная опускалась до  $+15^{\circ}\text{C}$ . Ветер преимущественно южный 2-4 м/с. Влажность воздуха колебалась от 53 до 80 %.

Наблюдения показала, что цветения люпина белого при оптимальных погодных условиях протекало с 7-8 до 22 часов. Массовое раскрытие цветков осуществлялось между 14 – 16 часами при температуре  $+25 - +27^{\circ}\text{C}$ . В отдельные дни пик активности цветения приходил на интервал времени с 14 до 18 часов. В этом случае графическое выражение суточного ритма цветения представляло собой одновершинную кривую с пиком в дневные часы (рис. 1, а). После 18 часов раскрытие цветков замедлялось и ночью прекращалось совсем. На ночь открывшиеся цветки не закрывались. В жаркую и сухую погоду, когда температура доходила до  $+33 - +35^{\circ}\text{C}$ , наблюдалась дневная депрессия цветения, когда кривая раскрывшихся за час цветков носила двухволновой характер с максимумами в утренние и вечерние часы.

Кратковременное действие неблагоприятных погодных условий изменяло картину цветения люпина белого в пределах установленного суточного ритма. Так, дождь и ветер при оптимальной температуре резко снижали раскрытие цветков после 14 часов, но не прекращали цветения (рис. 1, б).

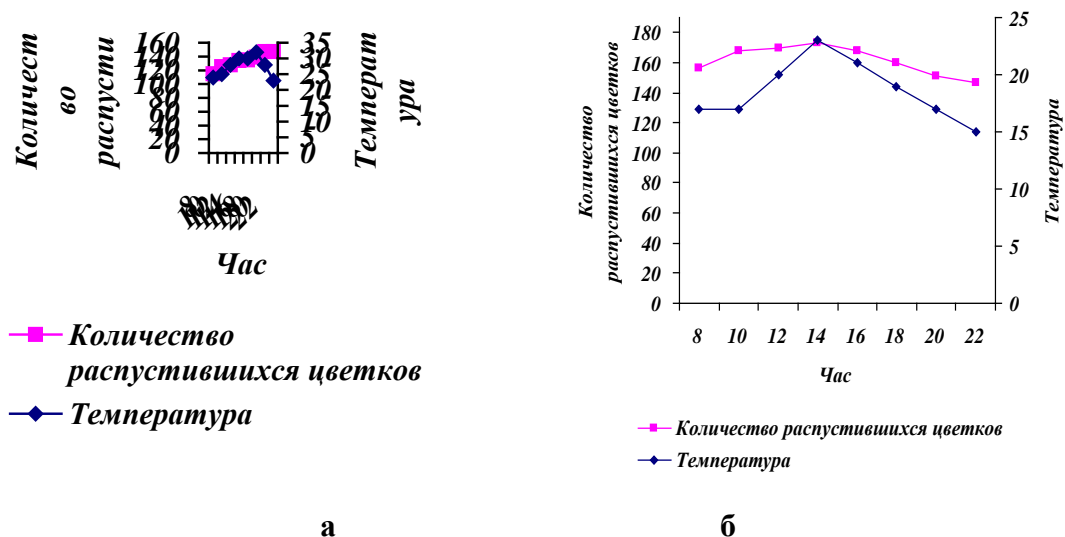


Рисунок 1- Суточная динамика цветения люпина белого.  
а – солнечный день – 26.06.04 г.; б- дождливый день – 23.06.04 г.

Как и многие бобовые, люпин белый опыляется пчелами и шмелями (Яковлев, 1981). Нами в период наблюдения за цветением белого люпина

было отмечено посещение цветущих растений такими представителями сем. *Apidae* как *Apis mellifera*, *Megachile centuncularis* и *Lithurgus fuscipennis*. При благоприятных погодных условиях наибольшая плотность опылителей наблюдалась с 12 до 16 часов, что совпадало с пиком активности цветения люпина. В теплые дни с кратковременными проливными дождями работа пчелиных на цветках прекращалась. Значительно сокращалась активность опылителей и при дневной депрессии цветения (при температуре воздуха +30–+35°C и влажности воздуха 30–45 %).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П. П. Вавилов. – М., 1983. – С. 27-173.
2. Дорофеев, В. Ф. Цветение, опыление и гибридизация растений / В. Ф. Дорофеев, Ю. П. Лаптев – М., 1990. – С. 49 – 52.
3. Пономарев, А. Н. Изучение цветения и опыления растений / А. Н. Пономарев. – Пермь, 1960. – С. 51 – 60.
4. Тарануха, Г. И. Частная селекция и генетика люпина / Г. И. Тарануха. – Горки, 1979. – С. 3-9.
5. Яковлев, Г. П. Порядок бобовые (Fabales) / Г. П. Яковлев // В кн. Жизнь растений. под ред. А. Л. Тахтаджана. – М., 1981. – Т. 5. – Ч. 2. – С. 189 – 200.

УДК 581.5 (470.345)

### МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ АТЕМАРСКОГО ВАЛА (В ПРЕДЕЛАХ Г. САРАНСКА)

О.Ф. Оськина, Т.Б. Силаева

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

С середины 30-х годов XVII столетия по всей южной окраине России развернулось небывалое по своим масштабам оборонительное строительство, имевшее целью отражение набегов с Северного Кавказа и Причерноморья. На территории современной Мордовии первым звеном в цепи укрепленных пунктов стала Атемарская крепость. В 1646 году началось возведение Атемарской черты – сплошной линии укреплений, состоявшей из засек (завалов из деревьев) в лесах и земляных валов там, где леса не было.

Почти полностью дошли до нас земляные укрепления Атемарской крепости, уникального для Мордовии археологического памятника XVII века. От всех этих укреплений сохранились только земляные сооружения. Однако их изучение с опорой на данные старинных документов и научные исследования в области фортификации XVII века дает возможность определить индивидуальные и типичные характеристики каждой крепости (Лезина, 2002).

На склонах Атемарского или «Пугачевского» вала можно наблюдать интереснейшие фрагменты степной растительности. Склоны имеют северную и южную экспозиции. На южных склонах за три столетия существования вала восстановилось естественное лугово-степное сообщество, которым когда-то, вероятно, были заняты еще не застроенные окрестности. Произрастание на валу ковыля отмечал еще В. Раевский (1984). Здесь обнаружены такие редкие в городе Саранске и в Мордовии в целом виды растений, как *\*Stipa capillata L.*, *Elytrigia intermedia (Host) Nevski*, *Poa bulbosa L.*, *Ceratocephala testiculata (Crantz) Bees.*, *Euphorbia subtilis Prokh.*, *Nepeta pannonica L.*, *\* Artemisia armeniaca Lam.*, *Arenaria longifolia Bieb.*, *\* Silene repens Patr.* и *Campanula bononiensis L.* (Силаева Т.Б. и др., 2002). Звездочкой отмечены растения входящие в Красную книгу Республики Мордовия (2003).

Все сохранившиеся фрагменты степной растительности постоянно находятся под действием неблагоприятных факторов, таких, как вытаптывание, сенокосение, сбор красивоцветущих растений населением, выпас скота и т.п. По этим причинам характерная лугово-степная растительность постепенно деградирует и в том числе многочисленные и занимающие относительно большую площадь популяции редких видов находятся под угрозой сокращения и полного исчезновения. Растительный покров «Пугачевского» вала – объект длительного мониторинга. Нами предприняты специальные экскурсии в полевой сезон 2007 г. К сожалению, результаты наблюдений не утешительны. Влияние антропогенной деятельности на Атемарский вал не ослабляется. Продолжается физическое разрушение его склонов. Местные жители богатый черноземный слой переносят на свои участки. Здесь активен выпас коз. Многочисленны стихийные свалки мусора.

В ходе наблюдений нами отмечено, что сократилась численность популяций таких видов, как *Stipa capillata*, *Silene repens*. А *Artemisia armeniaca* нам в этом году зарегистрировать не удалось. Вероятно, популяция исчезла из-за уничтожения верхней кромки вала.

Примечательно, что на Атемарском валу отмечены многие заносные растения: *Erigeron canadensis L.*, *Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.*, *Setaria viridis (L.) Beauv.*, *Sisymbrium loeselii L.*, *Acer negundo L.*, *Galeopsis ladanum L.*, что также свидетельствует о нарушении растительного покрова Атемарского вала.

Тщательное изучение и взятие под охрану «Пугачевского» вала не только как объекта культурного наследия, но и как ботанического памятника природы необходимы в целях оптимизации среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лезина, Е.П. Города на территории Мордовии в XVI-XVIII вв. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – С. 19-21.
2. Силаева, Т.Б., Тихомиров, В.Н., Майоров, С.Р. Редкие и исчезающие растения Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1996. – 72 с.
3. Красная книга Республики Мордовия: В 2 т. Т. 1. Редкие виды рас-

тений, лишайников и грибов / Сост. Т.Б. Силаева. Саранск, 2003. – 288 с.

4. Раевский В. Растения Нижегородской губернии: Перечень растений с обозначением времени цветения и местонахождения. – Н. Новгород, 1884. – 63 с.

УДК 58(470.345)

## **АНАЛИЗ ФЛОРЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ С. НИКОЛАЕВКА БОЛЬШЕБЕРЕЗНИКОВСКОГО РАЙОНА**

Г.В. Левина

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева*

Целью работы явилось изучение флоры окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района. Это единственный населенный пункт Мордовии, который находится в правобережье р. Суры. Ранее полевые исследования вблизи с. Николаевка не проводились, и литературы по флоре ее окрестностей до настоящего времени не имелось, поэтому мы задались целью изучить флору этой территории.

Село Николаевка, единственный населенный пункт РМ на правом берегу Суры, находится в 4 км от райцентра Большие Березники. Землевладения села граничат с Инзенским районом Ульяновской области. Местность характеризуется наиболее континентальным климатическим режимом на территории Мордовии. Абсолютные температуры, зарегистрированные в Больших Березниках  $+38^{\circ}$ ,  $-47^{\circ}$ , перепад  $85^{\circ}$  (для сравнения в Торбееве соответственно  $+36^{\circ}$ ,  $-41^{\circ}$ ,  $77^{\circ}$ ) [1].

Село расположено в долине Суры и по склону ее коренного берега. Рельеф характеризуется большой пересеченностью, высокий правый берег Суры с крутизной  $60-70^{\circ}$ , местами оползневые ступени («лестницы»). Абсолютная высота поймы Суры в этом месте  $101-102$  м, находящаяся рядом с Николаевкой гора Белая имеет высоту  $256$  м, т.е. перепады высот  $155$  м.

В основу работы положены имеющиеся в литературе сведения об общей флоре и о редких видах сосудистых растений окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района, а также данные собственных полевых исследований и гербария кафедры ботаники и физиологии растений Мордовского государственного университета (GMU).

Полевые исследования были проведены в июне–августе 2005, 2006 гг. и в мае 2007 г.

Во время экскурсий собирался гербарий. Гербаризация проводилась по общепринятым методикам [2], с использованием соответствующего оборудования (гербарных прессов и папок). При определении растений использовались различные определители и атласы [3, 4 – 7]. На основе собранного гербария и флористических списков составлен список растений окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района РМ. Изучение состояния популяций проведено методом заложения геоботанических площадок [2, 39].

В результате полевых исследований и обобщения сведений, имеющих в литературе и гербариях, во флоре окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района выявлено 353 вида из 227 родов и 73 семейств.

Доминируют семейства: Compositae (58 видов), Leguminosae (29 видов), Rosaceae (25 видов), Gramineae (20 видов), Labiatae (15 видов), Umbelliferae (14 видов), Scrophulariaceae (13 видов), Caryophyllaceae (11 видов), Cruciferae, Ranunculaceae, Polygonaceae и Salicaceae (по 10 видов). В группу 12 ведущих семейств входит 225 видов и 137 родов, на долю остальных 61 семейства приходится 90 родов и 128 видов.

В целом для семейств исследуемого района характерна высокая видовая насыщенность, т.к. многие семейства содержат от 1 до 58 видов.

Также были выявлены эколого-фитоценоотические группы растений и типы жизненных форм во флоре окрестностей с. Николаевка (рисунки 1, 2).

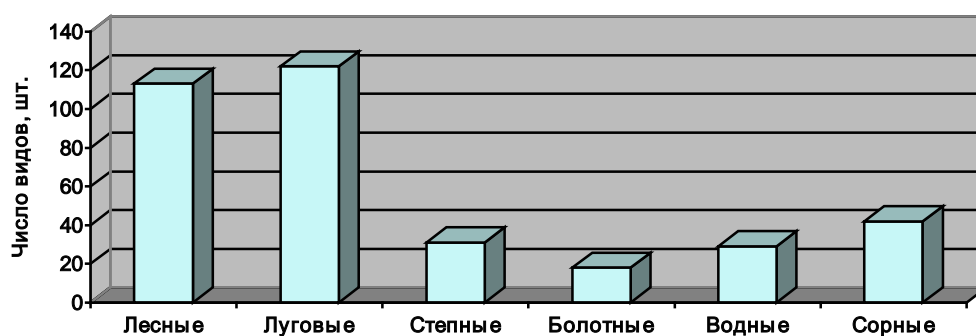
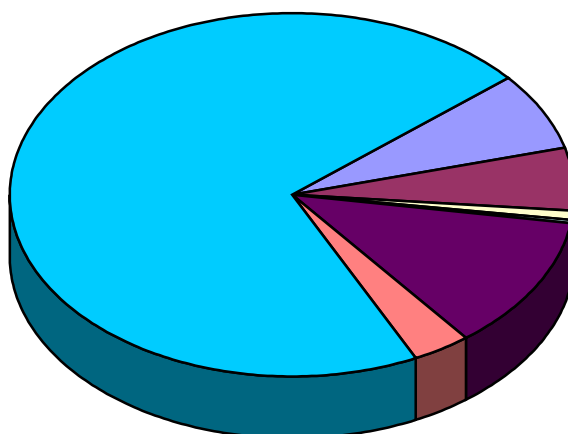


Рисунок 1. Эколого-фитоценоотические группы растений флоры окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района



- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| ■ ? ?????? (25 ?????)           | ■ ? ?????????? (19 ?????)        |
| ■ ? ?????????????? (3 ?????)    | ■ ? ?????????????? (1 ????)      |
| ■ ? ?????????? ????? (42 ?????) | ■ ? ?????????? ????? (12 ??????) |
| ■ ? ?????????? ????? (251 ????) |                                  |

Рисунок 2. Соотношение жизненных форм во флоре окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района

Таким образом, во флоре окрестностей с. Николаевка Большеберезниковского района доминируют лесные и луговые растения, значительна роль степных видов. Выявленные соотношения типичны для флор, расположенных на стыке лесов и степей. Большая часть луговых и сорных растений свидетельствует о значительной степени нарушенности.

Соотношение жизненных форм изученной флоры также соответствует ее зональному положению. В ней решительно доминируют многолетние травы, значительна роль малолетников, а деревянистые формы немногочисленны. Заметное участие однолетников (42 вида, или 11,9 %) также свидетельствуют о нарушенности растительного покрова. В окрестностях с. Николаевки есть поля, залежи, огороды, пустыри, дороги и т. п.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Агроклиматический справочник по Мордовской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 16 с.
2. Скворцов, А. К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.: Наука, 1977. – С. 66 – 68.
3. Благовещенский, В. В. Определитель растений Среднего Поволжья / В. В. Благовещенский, Ю. А. Пчелкин, Н. С. Раков, В. В. Старикова, В. С. Шустов. – Л.: Наука, 1984. – 392 с.
4. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части СССР / П. Ф. Маевский. – Л.: Колос, 1964. – 880 с.
5. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России / П. Ф. Маевский. – 10-е изд. – М.: КМК, 2006. – 600 с.
6. Губанов, И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. [В 3 т.]. Т. 3: Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные) / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. – М.: КМК, 2004. – 520 с.
7. Новиков, В. С. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения / В. С. Новиков, И. А. Губанов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2006. – 415с.

УДК 575:581.5:502.55

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ГЕНОТИПИЧЕСКИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЛЮПИНА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

Т.Н. Гудошникова, В.И. Кудряшова

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева*

В связи с решением продовольственной проблемы и необходимостью увеличения сырьевой базы для промышленности все большее внимание обращается на полноту использования растительных ресурсов. Это в свою очередь, обусловлено вовлечением в сферу производства технологически емких и экономически выгодных культур. С достаточным основанием к ним можно отнести люпин, отличающийся комплексом хозяйственно



– ценных признаков и, соответственно, многоплановыми возможностями использования. В последние годы границы его возделывания значительно сместились в европейской части России в северном и восточном направлениях. В связи с тем, что в новых регионах возделывания люпин часто не образует достаточно вызревших семян, требуются сорта, устойчивые к действию неблагоприятных факторов среды, способные дать жизнеспособное потомство. Различные формы люпина получены методами гибридизации, экспериментального мутагенеза, культуры клеток. Некоторые из них апробированы на базе специализированных научно- производственных центров, расположенных в западных (традиционных) регионах люпиносеяния. Данные формы представляют интерес для испытания в новых природных регионах в частности на территории Мордовии.

Объектами исследования служили генотипически различные образцы люпина узколистного и люпина желтого. Одна часть взята из Всероссийского НИИ люпина, другая из НИИ сельского хозяйства центральных районов Нечерноземной зоны (НИИСХ ЦРНЗ). Детально изучено варьирование показателей роста, развития, продуктивности выживаемости у 16 сортов образцов люпина желтого и люпина узколистного в условиях Мордовии. Определены взаимосвязи между исследованными растениями и ведущими факторами экологической среды, дана оценка степени приспособляемости различных сортов образцов к условиям Мордовии. Не менее важным в продвижении люпина в восточном направлении является учет лимитирующих факторов – в Брянской области: содержание гумуса, % – 2,5; гумусовый баланс, ц/га – 1,1; биологический баланс азота, кг/га – 29,3; биологический баланс фосфора, кг/га – 17,4; площади почв со слабокислой и нейтральной реакцией, % – 46,2; сумма положительных температур выше +10 градусов С – 2200...2450; безморозный период – 150...160 дней; сумма атмосферных осадков – 540...650. В Мордовии – содержание гумуса, % – 3 – 7; гумусовый баланс, ц/га – 5,1; биологический баланс азота, кг/га – 42,6; биологический баланс фосфора, кг/га – 20; биологический баланс калия, кг/га – 23,8; площади почв со слабокислой и нейтральной реакцией, % – 52,4; сумма положительных температур выше +10 градусов С – 1600...2000; безморозный период – 105...120 дней; сумма атмосферных осадков – 500...600.

На основании результатов наших полевых экспериментов можно сделать следующие общие заключения.

Перенос образцов люпина желтого и люпина узколистного из западных регионов люпиносеяния в Мордовию сопровождается резкой стрессовой реакцией (снижение полевой всхожести семян, роста стеблей, уменьшение числа цветков, бобов, семян, массы семян) в первый год испытаний. Однако благодаря высокой выживаемости все развившиеся растения образуют в новых для них условиях Мордовии жизнеспособные семена. Во второй год испытаний из этих семян развиваются растения, которые характеризуются в сравнении с западными регионами удовлетворительной полевой схожестью семян, у них существенно улучшаются по сравнению с первым годом выращивания и другие показатели развития: высота стеблей, число цветков, бобов и семян. Сохраняется и высокая выживаемость растений.

По комплексу признаков положительно выделяются формы С.Н.

243/84, Жемчуг, Брянский 6 (люпина желтого), Дикаф 1, Мутант 244, Дикаф 13 (люпина узколистного).

В условиях Мордовии в течение шести лет испытаний отмечаются существенные колебания полевой всхожести семян у сортообразцов Быстрорастущий 4 (от 19,3 до 90,7 %), Кастрычник (от 39 до 87,2 %), Брянский 6 (от 24,3 до 84,1%), С.Н.65/4 (от 23 до 91,7%), Мутант 258 (от 0 до 80%) люпина желтого, Немчиновский 846 (от 20,9 до 91%), ТСХА 16 (от 38 до 95,7%), Узколистный 123 (от 0 до 81,2%) люпина узколистного. Особенно резкое снижение полевой всхожести семян у названных сортообразцов зафиксировано, когда в начале вегетационного периода была высокая сухость почвы.

Существенное угнетение прорастания семян сортообразцов Быстрорастущий 4, Брянский 6 (люпина желтого) и Узколистный 123 (люпина узколистного) может быть объяснено недостатком влаги в начале вегетации.

Названные сортообразцы выращивать в условиях Мордовии экономически не целесообразно, т.к. в годы, когда случается засуха, будет отмечаться большая потеря семенного материала.

Достаточно высокой и стабильной полевой всхожестью семян в некоторые годы обладали сортообразцы Жемчуг (61, 9...79,5%), С.Н.243/84 (42,1...85,1%) люпина желтого, Немчиновский 97 (44,5...88,6%), Дикаф 1 (51,4...94%), Дикаф 9 (53,6...89,4%), Мутант 244 (65,3...91,6%) люпина узколистного. Они по данному признаку пригодны для последующих работ по их акклиматизации в Мордовии.

В отдельные годы наблюдений не выявлено каких-либо слишком контрастных отклонений в росте стеблей всех испытанных нами образцов люпина желтого и люпина узколистного.

По выживаемости перспективные по акклиматизации в условиях Мордовии являются сортообразцы Брянский 6, С.Н.65/4 люпина желтого и Дикаф 1, ТСХА 16, Узколистный 109 люпина узколистного. Выживаемость сортообразцов Быстрорастущий 4, Кастрычник, Жемчуг люпина желтого, Мутант 244, Дикаф 13, Дикаф 9, Немчиновский 97, Немчиновский 846 люпина узколистного в неблагоприятные по погодным условиям годы не превышает в Мордовии 67,8%. Образцы Мутант 258 (люпин желтый) и Узколистный 123 (люпин узколистный) не пригодны для выращивания в Мордовии, их семена не дали всходов, утратив свою жизнеспособность.

В процессе акклиматизации в Мордовии отмечаются резкие колебания числа бобов, семян, массы семян, формирующихся (в расчете на 1 растение) у всех изученных сортообразцов люпина желтого и люпина узколистного в разные по погодным условиям годы. Данные отклонения более контрастны, чем у тех же образцов, произрастающих в традиционных регионах люпиносеяния, что связано с континентальностью климата Мордовии. Однако все выше названные показатели продуктивности образцов люпина желтого и люпина узколистного в условиях Мордовии вполне удовлетворительны, так как они близки к таковым в условиях Западных регионов традиционного возделывания люпина.

Сумма активных температур, необходимая для развития изученных сортов и сортообразцов люпина желтого (1197...1537 °С при продолжительности онтогенеза 103...150 дней) и люпина узколистного (1049...

1413 °С при длительности онтогенеза 82...137 дней), не превышает такую в безморозный период года в Мордовии (1600...2000 °С). Поэтому их здесь можно выращивать.

В годы с недостатком влаги в начальных фазах развития и высокой скоростью роста суммы активных температур в течение вегетационного периода сокращается продолжительность онтогенеза люпина желтого и люпина узколистного снижается их семенная продуктивность. Поэтому урожаи их в условиях Мордовии не могут быть стабильными.

По 6-летним данным о комплексе жизненно важных признаков из 6 сортообразцов люпина желтого наибольшей способностью к акклиматизации обладает сорт Жемчуг и в меньшей степени (по завязываемости бобов и выживаемости) – Брянский 6, а из 8 образцов люпина узколистного – Дикаф 1, Дикаф 13, Немчиновский 97, а также Узколистный 109. Последний однако образует небольшое количество семян, но растет удовлетворительно.

Контрастные колебания погодных условий по годам и в течение вегетационного периода в Мордовии отрицательно влияют на рост и развитие люпина. Холодная и сухая погода в начале вегетации, весенние и осенние заморозки, резкие перепады температуры воздуха и почвы, недостаток атмосферных осадков или, наоборот, прохладная и дождливая погода в летний период, характерные для климата Мордовии препятствуют акклиматизации люпина. Благоприятные по погодным условиям годы способствуют успешному росту люпина и являются предпосылкой для отбора форм, пригодных для выращивания на территории Мордовии.

УДК 575:581.5:502.55

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОМ ТЕСТИРОВАНИИ**

В.И. Кудряшова, Т.Н. Гудошникова

*ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева*

Проблема тяжелых металлов связана с их широким применением в промышленности, стойкостью в окружающей среде. Избыток или нехватка отдельных из них может привести к изменчивости организма на разных уровнях организации. Особую трудность в определении мутагенной активности металлов представляет подбор тест-систем. В отличие от органических соединений мутагенные свойства тяжелых металлов не обнаруживаются в тестах с микроорганизмами. Поэтому среди методов контроля значительное место отводится растительным тест-системам.

Для обнаружения мутагенной активности тяжелых металлов мы использовали семена лука *Allium fistulosum* L.

Целью данной работы являлось изучение закономерностей формирования цитогенетических эффектов у семян *Allium fistulosum* в условиях раздельного действия водных растворов тяжелых металлов (ТМ) (Pb, Cd, Cu, Zn) при разных концентрациях (0,1 М; 0,05 М; 0,01 М).

В ходе эксперимента были показаны различия между вариантами опыта по такому важному показателю, как прорастаемость семян. Они

свидетельствуют о жизнеспособности растений в ранний период онтогенеза при обычных условиях и в случаях обработки семян водными растворами соединений Pb, Cd, Cu и Zn.

Как показывают данные, всхожесть семян находится в зависимости от концентрации ионов тяжелых металлов. Наибольшая всхожесть наблюдалась в вариантах опыта с водными растворами Cu и Zn при наименьшей концентрации 0,01 М и составила 73-74 % соответственно. Показатель всхожести в растворе этих металлов превышал контрольное значение, которое составляло 71%. Водные растворы Cu и Zn при концентрации 0,01 М стимулировали всхожесть семян *Allium fistulosum*. Однако более высокие концентрации 0,05; 0,01 М у всех исследуемых ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn) приводят к обратному явлению – уменьшению процента всхожести.

В зависимости от концентрации водорастворимых солей изменялось соотношение митотического индекса. Наименьшая митотическая активность, превышающая контрольные значения, отмечена при наименьших, концентрациях водных растворов Cu и Zn и составила 13,8–14,1% соответственно. Здесь мы наблюдаем, как и в случаях со всхожестью, проявление стимулирующего эффекта. В случаях с Cd и Pb этот эффект не наблюдается, что, вероятнее всего, связано с тем, что Cd и Pb не являются необходимыми микроэлементами для растений. Наименьший митотический индекс характерен для Pb – 3,7 % при концентрации 0,1 М. У металлов Cd, Cu и Zn также наблюдалось снижение митотической активности в случаях с наименьшими водными концентрациями металлов – 0,05; 0,1 М. Если сравнивать митотическую активность в растворах металлов, то их можно расположить в ряд Pb>Cd>Cu>Zn.

Такой нелинейный характер задержки митотической активности клеток, который наблюдается в нашем эксперименте в зависимости от концентрации водорастворимых солей Pb, Cd, Cu и Zn, не должен вызывать сомнений, так как подобная нелинейность, согласно литературным данным, присуща многим известным мутагенам: алкилирующим соединениям, канцерогенам, ионизирующей радиации и т.д.

Биологическое действие водорастворимых солей тяжелых металлов выразилось в индукции хромосомных нарушений, выявленных в клетках корневой меристемы лука. Если в контроле спонтанным путем образовалось всего 0,14% хромосомных aberrаций, то после обработки водными растворами тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu и Zn) их оказалось в несколько раз больше. Причем чаще хромосомные нарушения встречались в вариантах опыта с наименьшей концентрацией химического реагента (0,1 М). Здесь доля хромосомных aberrаций составляла от всех делящихся клеток 4,4% (в случае с нитратом Pb), 2,5% (нитрат Cd), 2,1% (нитрат Cu) и 1,3% (нитрат Zn). С уменьшением концентраций водных растворов ТМ идет уменьшение доли хромосомных нарушений, происходящих в ядре соматических клеток. Однако последние показатели в достаточной степени высоки, что свидетельствует о биологической активности металлосодержащих соединений. Полученные в ходе эксперимента данные согласуются с литературными. Так, сходные результаты были получены в опытах, где в качестве индуктора изменчивости использовали соединения Cr.

Из полученных результатов видно, что наибольшее количество хромосомных нарушений связано с действием водных растворов Pb и Cd, наименьшее число хромосомных аберраций наблюдается при действии нитрата Zn. По мере большего разведения солей ТМ во всех вариантах опыта число аберрантных клеток уменьшается.

Проанализировав исходные данные, можно сделать некоторые обобщения. Действие водных растворов ТМ при разных концентрациях изменяет динамику всхожести семян *Allium fistulosum*. Относительно низкая концентрация 0,01 М нитратов Cu и Zn является стимулирующей. Более высокие концентрации 0,05; 0,1 М водорастворимых солей Pb, Cd, Cu и Zn на всхожесть действуют угнетающе.

При концентрации водных растворов Cu и Zn 0,01 Му семян *Allium fistulosum* деление соматических клеток ускоряется, а при более высоких 0,05; 0,1 М для металлов Pb, Cu, Cd, Zn – резко замедляется. С увеличением концентраций водорастворимых солей Pb, Cd повышается их мутагенный эффект, который более выражен, чем у нитратов Cu и Zn.

При действии всех исследуемых водных растворов ТМ возникают перестройки хромосомного типа. Эти металлы, по-видимому, действуют в стадии предсинтеза ДНК как химические мутагены. Наиболее распространены аберрациями во всех вариантах были одиночные фрагменты.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Цитогенетический эффект при воздействии солей тяжелых металлов. XXXIII. Материалы научной конференции. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. С.62-63.
2. Влияние нитратов свинца и кадмия на выход хромосомных аберраций. Студенты – науке XXI века. Материалы научной конференции. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. С.45.
3. Реутова Н.В. Мутагенное влияние иодидов и нитратов серебра и свинца // Генетика.– 1993.-№ 6.-Т.29.-С.928-933.
4. Реутова Н.В., Шевченко В.А. Мутагенное действие неорганических соединений серебра и свинца на традесканцию // Генетика.-1992.– № 9. Т.28.-С.89-95.
5. Черных Н.А., Черных И.Н. О качестве растениеводческой продукции при разных уровнях загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия. – 1995. – № 5. – С. 97-101.

УДК 579.083.13

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА РОСТ БАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS AUREOFACIENS* НА ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЕ**

А.А. Лукаткин, С.А. Ибрагимова, В.В. Ревин  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

В настоящее время острой экологической и экономической проблемой в спиртовой промышленности России является утилизация образо-

вавшихся отходов и побочных продуктов при производстве этилового спирта из зернового сырья. В частности у спиртовых заводов постоянно возникают трудности с реализацией натуральной барды в непосредственной близости к заводу. Традиционный и наиболее простой путь использования барды – скармливание животным в нативном виде – вследствие быстрого закисания является затруднительным и экономически убыточным. Кроме того, при её перевозках отмечаются потери питательных веществ и создаются условия для загрязнения окружающей среды, а через 5-6 летних месяцев барда вообще не находит спроса.

Сейчас разработаны немногочисленные технологии утилизации послеспиртовой барды с получением кормовых дрожжей, упаренной обессоленной барды на корм скоту, кормового витамина В12, глутаминовой кислоты, глутамата натрия, глутамата калия, бетаина нейтрального, глицерина. Упаренная послеспиртовая барда – исходное сырье для производства гранулированного органо-минерального удобрения, используется как пластификатор бетона, разжижитель сырьевого шлама для производства цемента. Однако в настоящее время существует значительная потребность в разработке технологий, позволяющих кардинальным способом решить проблему утилизации послеспиртовой барды.

Выходом из данного положения может стать реализация технологий комплексного использования отходов спиртового производства, в частности – послеспиртовой барды, которая представляет большой интерес в качестве питательной среды для культивирования микроорганизмов. При этом решается задача безотходной технологии этилового спирта и проблема получения эффективных и экономически рентабельных биопрепаратов на основе ризосферных псевдомонад, которые в настоящее время являются актуальным способом борьбы с фитопатогенной микрофлорой.

Исходным посевным материалом служили бактерии *Pseudomonas aureofaciens*, выращенные на скошенном питательном агаре. Выращивание инокулята проводили в колбах Эрленмейера объемом 250 мл с 100 мл питательной среды следующего состава (г/л): сахароза – 20, пептон – 10, дрожжевой экстракт – 5; при 150 об/мин и температуре 25-26°C в течение 1 суток. Глубинное культивирование осуществляли в колбах Эрленмейера объемом 250 мл со 100 мл жидкой фракции барды при 25-26°C и 150 об/мин в течение 27 часов.

Для изучения влияния начального рН барды на накопление биомассы бактериями *Pseudomonas* проводили при доведение рН аммиаком до рН 7,0.

При росте бактерий на барде с начальным рН=7,0 максимальное количество биомассы образовывалось в динамических условиях при 220 об/мин. Так, через 19 часов роста это значение составило 17,28 г/л (таблица). При дальнейшем культивировании наблюдалось постепенное снижение уровня биомассы, и на 27 час роста это значение составило 10,26 г/л, что на 40,7% меньше максимального.

При снижении числа оборотов качалки наблюдалось снижение уровня биомассы. При 180 об/мин максимальное количество биомассы наблюдалось также через 19 часов культивирования, и значение оказалось на 29% меньше предыдущего варианта.

Таблица

Динамика содержания биомассы бактерий рода *Pseudomonas* при культивировании на барде с рН=7,0

Время культивирования, часы	Динамические условия				Статические условия
	100 об/мин	150 об/мин	180 об/мин	220 об/мин	
0	1,50±0,10	1,50±0,10	1,50±0,10	1,50±0,10	1,50±0,10
2	2,80±0,10	9,90±0,50	3,10±0,10	5,64±0,20	12,00±0,60
17	3,50±0,10	11,78±0,60	9,52±0,30	16,62±0,50	13,30±0,40
19	7,10±0,20	15,00±0,80	12,28±0,40	17,28±0,50	14,10±0,40
21	7,02±0,20	12,10±0,60	12,00±0,40	16,30±0,50	14,46±0,40
23	4,24±0,10	6,36±0,30	11,50±0,30	13,30±0,40	12,68±0,40
25	4,06±0,10	4,48±0,20	10,86±0,30	12,36±0,40	12,30±0,40
27	4,00±0,10	3,78±0,10	8,60±0,40	10,26±0,30	5,84±0,20

При 150 об/мин уровень биомассы составил 15 г/л, что явилось максимумом для данного варианта. Это на 13,2% меньше, чем в варианте при 220 об/мин.

Наименьший уровень биомассы в течение всего времени культивирования наблюдался при 100 об/мин. Максимум через 19 часов составил 7,1 г/л, что в 2,4 раза меньше, чем при 220 об/мин.

Культивирование в статических условиях показало, что максимальное количество микробной биомассы, в отличие от динамических условий, образовывалось только через 21 час роста. Это значение составило 14,46 г/л, что всего на 16,4% меньше максимального значения, полученного в динамических условиях.

Таким образом, при культивировании бактерий на барде с начальным значением рН=7,0 максимальный рост отмечен при вращении качалки 220 об/мин, однако для удешевления процесса культивирования возможно также использовать статические условия.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что при доведении рН до 7,0 максимальный уровень биомассы увеличивается на 14,3 % по сравнению с контрольным вариантом. Однако при этом увеличивается скорость перемешивания, что вызывает дополнительные энергетические затраты, но уменьшается время культивирования на 4 часа.

УДК 577.152

## МУТАНТЫ АСПЕРГИЛЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ АМИЛОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

В.В. Шутова, Л.А. Кербицкова, И.А. Белова, Ю.А. Ивашина, В.В. Ревин  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Способность синтезировать амилазы широко распространена среди плесневых грибов рода *Aspergillus*, видов *niger*, *oryzae*, *usamii*, *awamori*, *battatae*. Аспергиллы синтезируют одновременно комплекс ферментов, но не-

которые из них, особенно мутантные штаммы, продуцируют в значительных количествах лишь один фермент. Отбор микроорганизмов–продуцентов проводится, главным образом, по высокой активности  $\alpha$ -амилазы и глюкоамилазы [1,2]. Данная работа посвящена получению и изучению стабильности высокопродуктивных мутантов *Asp.awamori*, синтезирующих  $\alpha$  – амилазу и глюкоамилазу.

Природный штамм *Asp.awamori* был первоначально отобран в результате скрининга в качестве продуцентов амилолитических ферментов. Для дальнейшего повышения продукции этих ферментов был использован УФ–мутагенез с последующей селекцией высокопродуктивных клонов. В результате мутагенеза и селекции были отобраны 3 и 5 варианты.

Полученные мутантные варианты *Asp.awamori* от исходной культуры отличались образованием более обильной биомассы, морфологическими признаками (размером колоний), интенсивностью спороношения, интенсивностью образования пигмента, окраской колоний при выращивании на агаризованных средах. Была исследована стабильность мутантных вариантов *Asp. awamori* в течение 14 месяцев. Морфологические признаки мутантов оказались стабильными.

В настоящее время в промышленности выращивают аспергиллы путем культивирования их на среде с кукурузной мукой [3]. Было проведено глубинное культивирование наиболее активных вариантов гриба *Asp. awamori* в лабораторных условиях в среде Чапека – Докса с 10% крахмала и в среде на основе кукурузной муки (20 % по сухим веществам).

Все штаммы *Asp. awamori* при культивировании на среде с кукурузной мукой имели большие значения ГлС, чем при культивировании на крахмале (рисунок 2). Так мутантный вариант 3 гриба *Asp. awamori* имел значение ГлС 120,6 ед/мл, что на 74 % больше чем при культивировании на крахмале.

При культивировании на среде с 20 % кукурузной мукой амилолитическая способность (АС) всех вариантов намного выше, чем при культивировании на среде Чапека с 10 % крахмала (рисунок 1). Исходный штамм *Asp. awamori* при культивировании на среде с кукурузной мукой имел значение АС 7161 ед/л, что на 40 % больше, чем при культивировании на среде с крахмалом. Мутантный вариант 3 имел активность 13603 ед/л, что на 55 % больше, чем при культивировании на крахмале. А значение мутантного варианта 5 больше на 58 %. Самое высокое значение АС при культивировании на среде с кукурузной мукой показывал мутантный вариант 3.

Важно отметить, что более эффективное потребление субстрата происходит при росте на среде с кукурузной мукой. Мутантный вариант 3 гриба *Asp.awamori* эффективнее остальных штаммов использует субстрат.

При культивировании производственных штаммов, когда обычно применяется среда с 20-24 % кукурузной мукой, значения ГлС их достигают 250 ед/мл [4].



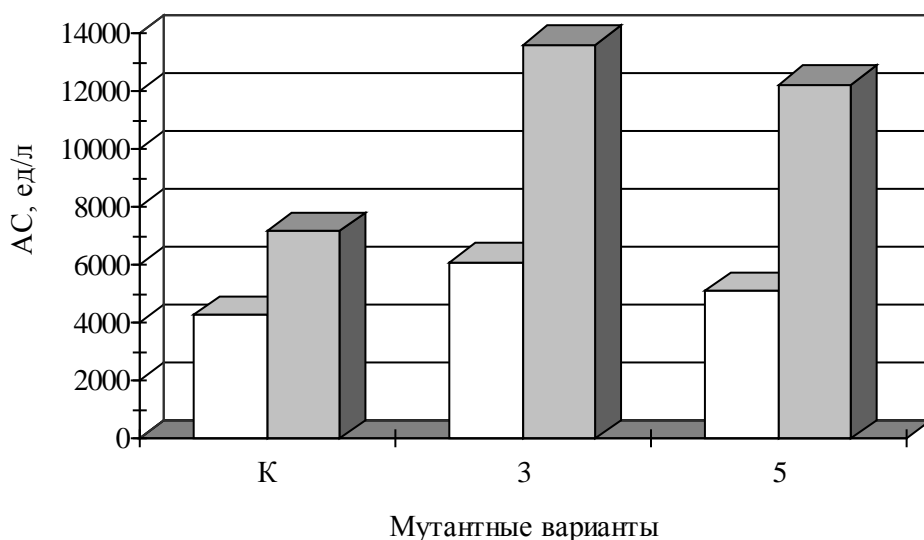


Рисунок 1 - Амилолитическая активность исходного и мутантных вариантов *Asp. awamori*

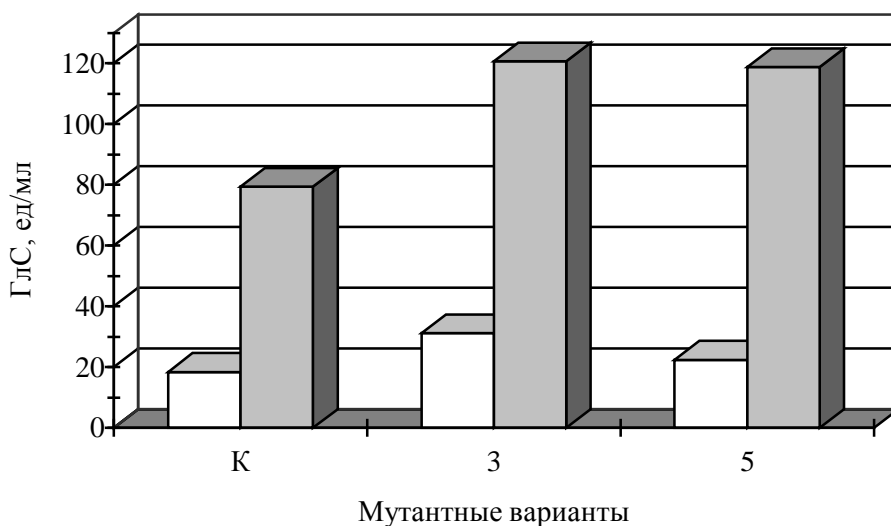


Рисунок 2 - Глюкоамилазная активность исходного и мутантного вариантов гриба *Asp. awamori*

Таким образом, при культивировании на среде с кукурузной мукой значения амилолитической и глюкоамилазной активностей в 2-3 раза превышали те значения, которые были получены, когда мутантные варианты выращивались на среде Чапека – Докса с крахмалом. Увеличение АС и ГлС при культивировании на среде с кукурузной мукой связано с тем, что была повышена концентрация субстрата. Также кукурузная мука в своем составе содержит азотистые соединения, белки, которые служат предпочтительным источником азота для культивирования аспергиллов, чем нитратный азот в среде Чапека-Докса [5].

Использование новых штаммов позволит значительно удешевить процесс производства ферментных препаратов получаемых на их основе и увеличить эффективность использования в различных областях биотехнологии [1].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дебабов, В.Г. Селекция микроорганизмов на заре XXI века/ В.Г. Дебабов// Биотехнология. – 2005. – Вып.5. – С.7-21
- 2 Production of alpha-amylase with *Asp. oryzae* on spent brewing grain by solid substrate fermentation/ В. Bogar, G. Szakaes, P. Tengerdy [et al.] // Biotechnol. and Bioeng. – 1999. – Vol.65, №6, – P.638-648
- 3 Высокоактивный штамм гриба *Asp.awamori* – продуцент глюкоамилазы / А.П.Синицын, О.Н. Окунев, Н.В. Цурикова [и др.] – М., 2004. – Режим доступа: <http://av16833.comtr.ru/default.html>.- Загл. с экрана.
- 4 Билай, В. И. Биологически активные вещества микроскопических грибов и их применение / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1979. – 268 с.
- 5 Иерусалимский, Н.Д. Основы физиологии грибов / Н.Д. Иерусалимский. – М.: Наука, 1968. – 317 с.

УДК 573.6:637.5

### БИОДЕГРАДАЦИЯ ФЕНОЛОВ КУЛЬТУРОЙ ГРИБА *LENTINUS TIGRINUS* В СТОКАХ КОПТИЛЬНЫХ ЦЕХОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.С. Надежина, Д.А. Кадималиев, Н.А. Атыкян, А.А. Паршин  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Фенольные соединения относятся к числу наиболее распространенных поллютантов водных экосистем и представляют опасность для здоровья человека и животных. Одним из источников загрязнения поверхностных вод фенолами является пищевая промышленность, в частности коптильные цеха мясоперерабатывающих предприятий. Для утилизации данных соединений в сточных водах используют различные физико-химические и биологические методы. Однако большинство микроорганизмов и биологических агентов не способны функционировать при высоких, более 0,3% концентрациях фенола. Вместе с тем содержание фенолов даже в стоках пищевых предприятий может достигать до 3%. Такие стоки, попадая на биологические очистные сооружения, приводят к гибели микроорганизмов активного ила. В ранее проведенных нами исследованиях было показано, что лигнолитический гриб “белой гнили” *Lentinus tigrinus* штамм ВКМ F 3616 – D способен расти и развиваться на жидких средах содержащих до 5% фенолов. В связи с этим мы исследовали возможность практического использования культуры гриба *L. tigrinus* для биодegradации фенольных соединений в стоках коптильных цехов мясоперерабатывающих предприятий для разработки биотехнологического приема их обезвреживания.

Объектом исследования являлись стоки коптильного цеха мясоперерабатывающего предприятия: смывы, образуемые в результате мойки коптильных камер и конденсат коптильного дыма с уровнем загрязненности по показателю химического потребления кислорода (ХПК) –22528 мг О<sub>2</sub>/л и 22960 мг О<sub>2</sub>/л и содержанием фенола 3 и 0,3% соответственно. Очистку стоков от фенольных соединений проводили в модельных условиях в ферментере на установке “ОКА-М1” объемом 1л.

Культура гриба *L. tigrinus* активно росла на стоках коптильного цеха мясокомбината, о чем свидетельствует увеличение содержания биомассы наблюдаемое как при росте на смывах, так и на конденсате (таблица), но при росте на смывах наблюдалось более интенсивное увеличение содержания биомассы. Вероятно, это можно объяснить тем, что смывы кроме фенольных соединений содержат также жиры и другие питательные вещества, что благоприятно влияет на рост культуры гриба.

Таблица

Показатели качества стоков коптильного цеха мясокомбинатов обработанных грибом *L. tigrinus*

Показатели качества	Смыв			Конденсат		
	до засева	3 сутки	6 сутки	до засева	3 сутки	6 сутки
Биомасса, г/л	-	30,0±1,5	35,0±1,7	-	25,0±1,2	28,0±1,4
Содержание фенола, мг/мл	30,0±1,5	18,0±0,9	1,2±0,1	3,0±0,1	2,1±0,1	0,3±0,1
Убыль фенола, %	-	40,0±2,0	96,0±4,5	-	30,0±1,5	90,0±4,5
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	22528,0±1126,4	8420,0±421,0	1081,0±54,0	22960,0±1148,0	1824,0±91,2	1100,0±55,0
БПК, мг О <sub>2</sub> /л	10688,0±5344,0	5005,0±250,2	3929,0±196,4	4260,0±213,0	224,0±11,2	120,0±6,0

Данные по утилизации фенола в смыве и конденсате указывают на высокую эффективность практического применения культуры гриба *L. tigrinus* для биодegradации фенольных соединений в сточных водах. К 6 суткам роста наблюдалась почти полная утилизация фенола (до 90%).

Таким образом, гриб белой гнили *L. tigrinus* обладает достаточно высоким деструктивным потенциалом по отношению к фенольным соединениям, и может быть использован в практических целях для очистки промышленных сточных вод с высоким содержанием соединений фенольного ряда.

На основании проведенных нами исследований была предложена предполагаемая схема использования гриба *L. tigrinus* для биодеструкции фенола и его производных в стоках коптильных цехов мясоперерабатывающих предприятий (рисунок).

Предлагаемая нами технология очистки включает в себя следующие этапы: 1) накопление стоков в усреднителе; 2) корректировка рН; (3) обра-

ботка в биореакторе, культурой гриба *L. tigrinus*; 4) отстаивание стоков в отстойниках и возврат осадка биомассы в биореактор; 5) обработка не содержащих фенола стоков на биологических очистных сооружениях.

Таким образом, наши исследования показали, что гриб *L. tigrinus* можно использовать для снижения высоких концентраций фенолов в стоках коптильных цехов, что позволяет снизить риск гибели микрофлоры активного ила на основных узлах биологической очистки стоков. Локальная очистка сточной воды мясоперерабатывающего производства может быть осуществлена в биореакторе содержащего культуральную жидкость и/или иммобилизованные лигнолитические ферменты гриба *L. tigrinus*.

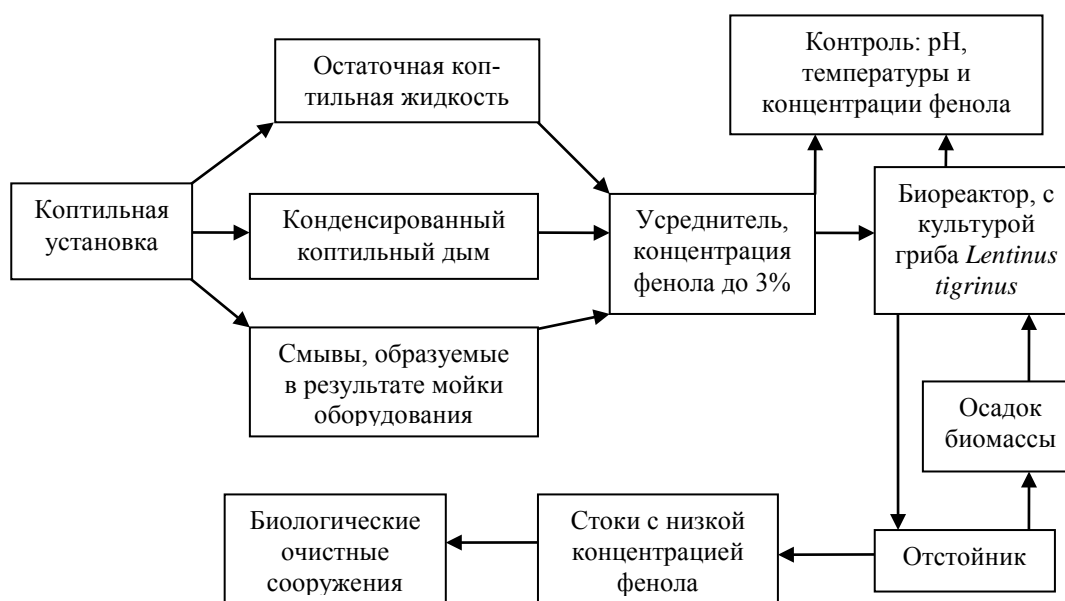


Рисунок. Схема использования гриба *Lentinus tigrinus* для биодеструкции фенола и его производных в стоках коптильных цехов мясоперерабатывающих предприятий

УДК 579.22

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БАКТЕРИЙ *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* В ПОЛУНЕПРЕРЫВНЫХ УСЛОВИЯХ

Е.Г. Костина, Н.А. Атыкян, В.В. Ревин, Х.Ш. Якуббаев, А.А. Федин  
 ГОУВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Родококки – одна из наиболее разрабатываемых в настоящее время в биотехнологическом плане групп микроорганизмов. Перспективно использование родококков в биоремедиации почв, очистке сточных вод, загрязненных нефтепродуктами [1], пестицидами, нитрилами, ксенобиотиками фенольного ряда [2]. Монооксигеназы данных микроорганизмов катализируют реакции эпоксидирования высших алкенов и гидроксילирования аренов [3]. Таким образом, полезность культур *Rhodococcus* sp. для

развивающейся биотехнологии, их высокая научная и потенциальная коммерческая ценность обуславливают необходимость расширения коллекций этих культур и совершенствования методов их культивирования.

Целью данной работы являлось возможность культивирования *Rhodococcus erythropolis* Ас-858 Т в условиях полунепрерывного культивирования на ферментационной установке «ОКА – М1» при избытке питательных компонентов в среде – прототип для получения инокулята.

Объектом исследования служила бактерия *Rhodococcus erythropolis* штамм ВКМ Ас – 858 Т, полученная из Всероссийской коллекции микроорганизмов. Культивирование осуществляли по отъемно-доливному методу с использованием модульного биотехнологического оборудования серии ОКА-М1 МФ-05К на мясо-пептонном бульоне в 2-х реакторах, в условиях различной степени насыщения среды кислородом (20% и 60%). Отбор проб производили через 5, 9 ч и далее каждые 24 ч. В пробах определяли биомассу гравиметрическим методом, внеклеточный белок по методу Бредфорда [4]. Время культивирования составило 4 суток, после чего производили слив культуральной жидкости, оставив в качестве инокулята сначала 10%, а затем 5% от первоначального объема.

Расчеты, проведенные с биомассой, показали, что скорость роста культуры максимальна на первой стадии культивирования в варианте с 60% насыщения среды кислородом, а в варианте с 20% по абсолютному значению ниже. Однако в этом варианте кривая роста имеет более плавный характер, что обусловлено, по-видимому, более равномерным ростом культуры в условиях 20%-ного насыщения кислородом (рисунок).

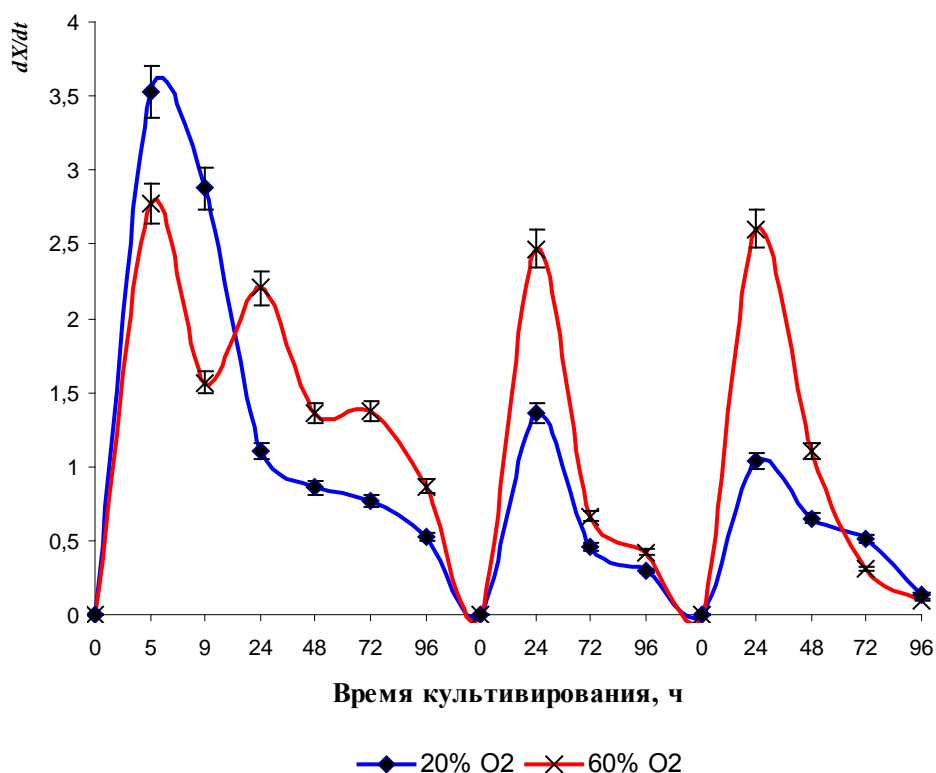


Рисунок. Кривая абсолютной скорости роста культуры *R. erythropolis* на МПБ при различной степени насыщения кислородом

На второй и третьей стадии абсолютная скорость роста в варианте с 60% насыщением почти в 2 раза выше, чем при 20%-ном и изменяется также скачкообразно. Из данных видно, что оптимальным вариантом отъемно-доливного культивирования является насыщение среды кислородом 60% и использование 5% инокулята (3 стадия).

Сравнение всех полученных данных показывает, что культура *R. erythropolis* активно растет и накапливает довольно большие объемы биомассы на первой стадии уже ко вторым суткам культивирования. При этом скорость роста культуры в условиях 20% насыщения кислородом среды, немного снижается при переходе от одной стадии к другой. В вариантах с 60% насыщения скорость роста постоянна и максимальна. По-видимому, это связано с хорошей адаптацией культуры к питательной среде, вследствие чего при оставлении как 10%, так и 5 % инокулята (культуральной жидкости предыдущего культивирования) культура быстро (уже через сутки) выходит на максимальный уровень накопления биомассы.

Накопление внеклеточного белка максимально в варианте с 60% насыщением на второй и третьей стадии культивирования (таблица). В течение же первой стадии роста динамика накопления белка в обоих вариантах отличается незначительно. Увеличение выхода белка, по-видимому, обусловлена более интенсивными литическими процессами в культуре, вследствие «старения».

Таблица

Влияние степени аэрации на рост *R. erythropolis* Ac-858 Т на среде МПБ

Время культивирования ч	Биомасса, г/л		Белок, мг/мл	
	20% O <sub>2</sub>	60% O <sub>2</sub>	20% O <sub>2</sub>	60% O <sub>2</sub>
5	17,62±0,87	13,86±0,64	0,245±0,012	0,142±0,001
9	25,88±1,33	14,10±0,79	0,288±0,014	0,260±0,013
24	26,48±1,34	52,86±2,68	0,452±0,023	0,527±0,026
48	41,12±2,01	65,56±3,63	0,629±0,031	0,705±0,035
72	55,40±2,83	98,60±4,57	0,775±0,038	0,854±0,043
96	50,82±2,49	83,26±4,23	0,789±0,039	0,809±0,041
Инокулят 10%				
24	32,57±1,62	59,23±3,10	0,425±0,021	1,095±0,055
72	32,86±1,60	47,60±2,56	0,559±0,027	1,052±0,052
96	29,80±1,47	40,70±1,67	0,492±0,025	0,754±0,038
Инокулят 5%				
24	24,96±1,12	62,480±2,89	0,431±0,021	0,937±0,047
48	31,22±1,57	52,88±2,55	0,559±0,027	0,739±0,037
72	36,86±1,84	22,46±1,20	0,590±0,030	0,566±0,028
96	13,33±0,57	9,40±0,43	0,392±0,019	0,421±0,021

Таким образом, наиболее интенсивный рост культуры, накопление биомассы и образование внеклеточного белка *Rhodococcus erythropolis* в условиях полунепрерывного культивирования на мясо-пептонном бульоне обеспечиваются при степени насыщения среды кислородом 60% и использовании 5% инокулята. В тоже время низкая степень аэрации приводит к недостатку растворенного кислорода в среде и ингибированию процессов жизнедеятельности в клетке.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карпенко Е.В., Вильданова-Марцишин Р.И., Щеглова Н.С., Пирог Т.П., Волошина И.Н. Перспективы использования бактерий рода *Rhodococcus* и микробных поверхностно-активных веществ для деградации нефтяных загрязнений // Прикл. биохим.и микроб., 2006.-Т.42.-№2.- С.1752-179.

2. Финкельштейн З.И., Баскунов Б.П., Головлев Е.Л., Моисеева О.В., Вервурт Ж., Ритьенс И., Головлева Л.А. Зависимость превращения хлорфенолов родококками от положения и числа атомов хлора в ароматическом кольце // Микробиология, 2000. – Т. 69.- №1. – С. 49-57.

3. Куликова А. К., Беззубов А. А., Безбородов А. М. Эпоксидирование газообразных алкенов культурой *Rhodococcus erythropolis* 3/89 // Прикладная биохимия и микробиология, 1993. – Т.29.- №4. – С. 512 – 515.

4. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein-dye binding // Anal. Biochem., 1976. – Vol. 72. – P. 248 – 254.

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лукаткин А.С.</i> <b>ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ О. А. ЗАУРАЛОВА</b> .....	4
<b>Зауралов О.А.</b> , <i>Лукаткин А.С.</i> <b>ВЛИЯНИЕ ЦИТОКИНИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ТЕПЛОЛЮБИВЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ</b> .....	6
<i>Башмаков Д.И., Башмакова Е.С., Кудряшова В.И.</i> <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ</b> .....	12
<i>Горчакова А.Ю., Коммодов В.В.</i> <b>О КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ВЕТВЛЕНИЯ ЗЛАКОВ</b> .....	16
<i>Дерябин А.Н., Дубинина И.М., Бураханова Е.А., Сабельникова Е.П.</i> <b>ВЛИЯНИЕ ГИПОТЕРМИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КИСЛЫХ ИНВЕРТАЗ И СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ В ЛИСТЯХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩЕННЫХ <i>IN VITRO</i></b> .....	22
<i>Жидкин В.И.</i> <b>РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ И КАЧЕСТВА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ</b> .....	25
<i>Колмыкова Т.С., Куликова Н.Н.</i> <b>ДЕЙСТВИЕ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ И ПРЕПАРАТА СИЛК НА РОСТ ТОМАТА</b> .....	27
<i>Мокшин Е.В., Шумкина Н.Ф.</i> <b>АЗИАТСКИЕ ГИБРИДЫ ЛИЛИЙ В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i></b> .....	29
<i>Чегодаева Н.Д.</i> <b>РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС</b> .....	32
<i>Чугунов Г.Г., Варгот Е.В., Шигаева А.Е., Кирюхин И.В.</i> <b>О ПОПУЛЯЦИЯХ ВЕНЕРИНА БАШМАЧКА НАСТОЯЩЕГО (<i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS L.</i>) В ИЧАЛКОВСКОМ И ЛЯМБИРСКОМ РАЙОНАХ МОРДОВИИ</b> .....	37
<i>Чугунов Г.Г., Царева Е.В.</i> <b>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОКНИЖНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ АРДАТОВСКОГО РАЙОНА</b> .....	39
<i>Шаркаева Э.Ш.</i> <b>ИЗМЕНЕНИЯ РОСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ</b>	



**РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ..... 40**

*Варгот Е.В., Силаева Т.Б., Чугунов Г.Г., Кирюхин И.В.* **ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ В КРАСНОЙ КНИГЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ ..... 44**

*Орлова Ю.С., Силаева Т.Б.* **О РАСПРОСТРАНЕНИИ *VATRACHOSPERMUM TURFOSUM* VORY НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ ..... 48**

*Пыненкова Н.А., Баишамаков Д.И.* **ВЛИЯНИЕ ЦИТОДЕФА НА СКОРОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ СУПЕРОКСИДНОГО АНИОН-РАДИКАЛА В СЕМЯДОЛЬНЫХ ЛИСТЬЯХ ОГУРЦА ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ..... 50**

*Сазанова К.А., Баишамаков Д.И.* **ДИНАМИКА АККУМУЛЯЦИИ ИОНОВ СВИНЦА В ТКАНЯХ ОСЕВЫХ ОРГАНОВ ФАСОЛИ (*PHASEOLIUS VULGARIS* L.)..... 52**

*Нарайкина Н.В., Лукаткин А.С.* **КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРЕПАРАТА «РИБАВ-ЭКСТРА» В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ..... 54**

*Лабутина М.В.* **К АНТЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS* L.) В УСЛОВИЯХ ИТРОДУКЦИИ..... 57**

*Оськина О.Ф., Силаева Т.Б.* **МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ АТЕМАРСКОГО ВАЛА (В ПРЕДЕЛАХ Г. САРАНСКА) ..... 60**

*Левина Г.В.* **АНАЛИЗ ФЛОРЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ С. НИКОЛАЕВКА БОЛЬШЕБЕРЕЗНИКОВСКОГО РАЙОНА ..... 62**

*Гудошникова Т.Н., Кудряшова В.И.* **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ГЕНОТИПИЧЕСКИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЛЮПИНА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ..... 64**

*Кудряшова В.И., Гудошникова Т.Н.* **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОМ ТЕСТИРОВАНИИ ..... 67**

*Лукаткин А.А., Ибрагимова С.А., Ревин В.В.* **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА РОСТ БАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS AUREOFACIENS* НА ПОСЛЕСПИРТОВОЙ**

<b>БАРДЕ</b> .....	69
<i>Шутова В.В., Кербицкова Л.А., Белова И.А., Ивашина Ю.А., Ревин В.В.</i> <b>МУТАНТЫ АСПЕРГИЛЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ АМИЛОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ</b> .....	71
<i>Надежина О.С., Кадималиев Д.А., Атыкян Н.А., Паршин А.А.</i> <b>БИОДЕГРАДАЦИЯ ФЕНОЛОВ КУЛЬТУРОЙ ГРИБА <i>LENTINUS TIGRINUS</i> В СТОКАХ КОПТИЛЬНЫХ ЦЕХОВ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> .....	74
<i>Костина Е.Г., Атыкян Н.А., Ревин В.В., Якуббаев Х.Ш., Федин А.А.</i> <b>КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БАКТЕРИЙ <i>RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS</i> В ПОЛУНЕПРЕРЫВНЫХ УСЛОВИЯХ</b> .....	76