

ВТОРЫЕ ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА О.А. ЗАУРАЛОВА

Материалы научной конференции
(Саранск, ГОУВПО «МГУ им. Н.П. Огарева», 12 мая 2010 г.)

Саранск 2010

УДК 58.01
ББК Е5
В875

Редакционная коллегия:

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

В875 **Вторые** чтения памяти профессора О.А. Зауралова: Материалы научной конференции (Саранск, 12 мая 2010 г.) – Саранск, 2010. – 94 с.

В сборнике представлены материалы межрегиональной 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, основывшего ведущую научную школу в области экологической физиологии растений. Рассмотрены современные тенденции и достижения в области изучения растений, грибов и бактерий; проблемы экологической физиологии растений и животных; перспективы функционального использования растений; успехи биоэкологических исследований в регионах

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

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

**УДК 58.01
ББК Е5**

© Коллектив авторов, 2010

Научная конференция «Вторые чтения памяти профессора О.А. Зауралова» проведена на биологическом факультете МГУ им. Н.П. Огарева 12 мая 2010 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 МГУ им. Н.П. Огарева, д.б.н., профессор (сопредседатель конференции);

Лукаткин А.С. – зав. кафедрой ботаники и физиологии растений МГУ им. Н.П. Огарева, д.б.н., профессор (сопредседатель конференции);

Кузнецов В.А. – зав. кафедрой зоологии, д.б.н., профессор;

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

Ручин А.Б. – д.б.н., профессор кафедры зоологии;

Дерябин А.Н. – к.б.н., с.н.с. Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН;

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;

Башмаков Д.И. – 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 в очной и заочной формах более 100 участников, среди которых – научные сотрудники, студенты, аспиранты, магистранты и преподаватели ВУЗов и научных учреждений городов Москва, Минск, Саранск, Петрозаводск, Екатеринбург, Казань, Черноголовка.

Были представлены доклады по научным направлениям конференции: изучение растений, грибов и бактерий; экологическая физиология растений и животных; функциональное использование растений; биоэкологические исследования в регионах. Данный сборник статей подготовлен по материалам докладов, представленных на конференции.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА ТОПИК НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ

Ю.Н. Аросланкина, А. Н. Гарькова, А. С. Бочкарева, А.С. Лукаткин
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

Ксенобиотики (от греч. *xenos* – чужой и *bios* – жизнь) – чужеродные для организмов соединения. Они могут вызвать гибель организмов, нарушить нормальное течение природных процессов в биосфере. Одна из групп ксенобиотиков, наиболее широко используемых в мировом хозяйстве, – пестициды. Пестициды (от лат. *Pestis* – зараза и *caedo* – убиваю) – химические препараты для защиты сельскохозяйственной продукции, растений, для уничтожения паразитов у животных, для борьбы с переносчиками опасных заболеваний [1]. Наиболее распространенными группами пестицидов являются гербициды, применяющиеся для борьбы с сорными растениями, главным образом на злаковых культурах [1].

Несмотря на длительную историю применения и изучения механизмов действия пестицидов (гербицидов) на растения, остается много невыясненных вопросов. В частности, недостаточно исследованы аккумуляция гербицидов в растительных клетках и тканях, физиологическое действие синтетических препаратов на рост и развитие нецелевых растений, первичные механизмы действия различных классов гербицидов как ксенобиотиков на физиологические и биохимические процессы в растениях. В связи с этим изучали влияние гербицида на состояние мембран молодых злаков.

Объектом исследования была пшеница (*Triticum aestivum* L. (v. *lutescens*)) сорта Мироновская 808. В качестве материала для работы использовали гербицид Топик. Это послевсходовый гербицид для борьбы с овсюгом и другими однолетними злаковыми сорняками в посевах яровой и озимой пшеницы. Относится к химическому классу арилоксифеноксипропилатов. Топик обладает системным действием, проникает в сорное растение через листья и стебли и распространяется по нему, накапливаясь в точках активного роста. Действующее вещество гербицида в меристематических тканях быстро гидролизуется с образованием свободной кислоты [2]. В результате прекращается образование клеточных мембран в точках роста. Антидот способствует тому, что в тканях пшеницы действующее вещество Топика быстро преобразуется в нейтральные метаболиты, которые не оказывают отрицательного влияния на культуру [3].

Семена пшеницы выращивали в лабораторных условиях в сосудах с почвой (среднесуглинистый деградированный чернозем) емкостью 2 кг в течение семи дней. В каждый сосуд высаживали по 20 семян на глубину 2–3 см. Растения выращивали при температуре 25°C, влажности почвы 60–80% от полной влагоемкости и круглосуточном освещении люминесцентными лампами ЛБ-40 (освещённость 2000 лк). После прорастания (в течение

ние 4 сут) молодые растения обрабатывали различными концентрациями гербицида Топик – 100 мл/л; 10 мл/л; 1 мл/л; растения в четвертом сосуде – контрольные, обрабатывались водой. Каждое отдельное растение пшеницы опрыскивали 2 мл раствора. Через 3 дня в высечках листьев определяли проницаемость клеточных мембран по выходу электролитов [4].

Кондуктометрический метод предназначен для определения электропроводности жидкостей, подвижности ионов, констант диссоциации, коэффициента растворимости, также он может использоваться для контроля промышленных процессов – измерения содержания солей в питьевой воде, степени загрязнения охлаждающих и промывных вод. Мы использовали этот метод для оценки стрессового воздействия на растительные ткани.

Для кондуктометрического определения состояния мембран при стрессовом воздействии брали навеску высечек листьев каждого варианта (3 г), тщательно промывали дистиллированной водой для удаления клеточного сока со срезов, обсушивали фильтровальной бумагой, затем делили на 5–6 параллельных усредненных навесок листовой ткани и каждую заливали 100 мл дистиллированной воды. Материал оставляли для экстракции ионов, периодически помешивая. После 4-часовой экстракции определяли электропроводность растворов на кондуктометра ОК-102 с платиновым электродом при частоте тока 150 Гц или 3 кГц. Затем стаканчики с растительным материалом кипятили, остужали до комнатной температуры, после чего доводили объем до исходной величины (100 мл) и определяли полный выход электролитов из листовой ткани по электропроводности той же вытяжки после разрушения мембраны кипячением. Результирующий выход электролитов рассчитывали в процентах от полного выхода. При этом из полученных значений вычитали электропроводность дистиллированной воды [4].

Выход электролитов в % от полного рассчитывали по формуле:

$$L = (L_1 - L_w) / (L_2 - L_w) * 100 \%$$
, где L – выход электролитов в % от полного; L_1 – электропроводность после 4-часовой инкубации высечек листьев, мкСм; L_2 – электропроводность после кипячения, мкСм; L_w – электропроводность дистиллированной воды, мкСм [4].

В результате исследования выявлено, что высечки листьев, взятые у контрольных растений, обладали наименьшей проницаемостью клеточных мембран (рис.). Очевидно, что вода не могла оказать существенного влияния на растения, следовательно, и на проницаемость клеточных мембран.

Выход электролитов из высечек листьев, взятых от растений, обработанных гербицидом Топик, был увеличен в 1,5–2 раза по сравнению с контролем (обработка водой). При этом влияние Топика на проницаемость клеточных мембран зависело от концентрации: при высоких дозах гербицида (10 и 100 мл/л) проницаемость мембран возрастала меньше, чем при самой малой дозе гербицида (1 мл/л).

Обработка растений пшеницы гербицидом Топик не оказала выраженного отрицательного действия на растение, т.к. не было визуальных признаков повреждения; но гербицид способствовал повреждению клеточных мембран, что привело к усилению выхода электролитов.

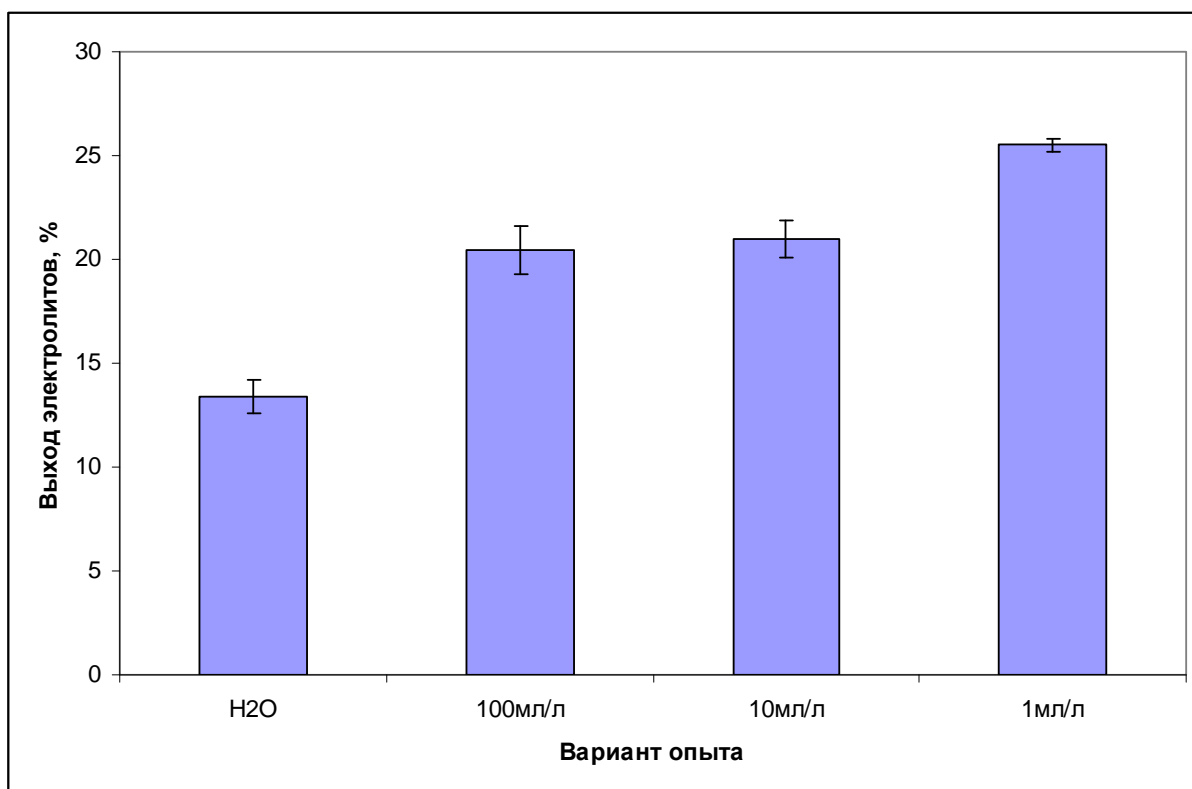


Рисунок. Влияние гербицида Топик на выход электролитов из листовой ткани пшеницы

Проницаемость клеточных мембран является ранним показателем нарушений физиологических функций растительного организма, поэтому её изменение может служить критерием оценки устойчивости тканей растений к абиотическим стрессорам. Из результатов нашего эксперимента можно видеть, что интенсивность выхода электролитов из высечек листьев пшеницы в дистиллированную воду зависит от концентрации препарата Топик: с уменьшением концентрации препарата выход ионов достоверно увеличился, что указывает на более значительное повреждение мембран низкими дозами гербицида.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоров Л.А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку / Л.А.Федоров, А.В.Яблоков. – М.: Наука, 1999. – 420 с.
2. Остроумов С.А. Введение в биохимическую экологию / С.А. Остроумов. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 319 с.
3. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г.И. Баздырев. – М.: Колос, 2004. – С. 328
4. Гришенкова Н.Н. Определение устойчивости растительных тканей к абиотическим стрессам с использованием кондуктометрического метода / Н.Н. Гришенкова, А.С. Лукаткин // Поволжский экологический журнал.– 2005.– №1.– С.3–11.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХВ. И. Астафуров¹, И. И. Терешкин², М. С. Медведева³¹ ЗАО «Радиационные и экологические исследования», г. Москва² МОУ «Темниковская общеобразовательная школа № 2», г. Темников³ ГОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», г. Саранск

Анализ различных видов движения показывает, что движение любого материального объекта представляет собой волнообразный, колебательный процесс [1]. Этот процесс затрагивает все стороны и грани объекта, а его внешним проявлением является осциллирующее изменение всех величин и параметров, так или иначе характеризующих данный объект. В любой материальной системе, независимо от ее природы, размеров и иерархического статуса, всегда и непрерывно происходят самопроизвольные отклонения количественных характеристик всех свойств и параметров вокруг средних значений, определяющих устойчивость данной системы. Такие отклонения являются общим и необходимым свойством любой реальной системы. Таким образом, волновое движение следует рассматривать как всеобщую форму материального движения [2].

Анализ процессов регуляции живых объектов показывает, что все метаболические системы работают в колебательном режиме. Гомеостаз любого живого организма проявляется в виде непрерывно совершающихся и взаимосвязанных колебаний всех биохимических и функциональных процессов. Биоритмы являются неотъемлемой частью механизма регуляции жизненных функций, обеспечивающего процессы адаптации организма к изменяющимся условиям внешней среды.

Живые системы неразрывно связаны с факторами внешней среды и объективно подчинены внешнему регулированию. На протяжении всей эволюции живые организмы подвергались постоянному воздействию волновых факторов внешней среды, что влияло на формирование гомеостаза. Согласованность частотных и фазовых параметров гомеостаза с волновыми параметрами внешней среды является определяющим фактором в организации живых систем. Такая согласованность осуществляется благодаря резонансным взаимодействиям, приводящим к синхронизации колебаний.

Если биоритмы живого организма, в силу каких-либо причин, становятся не изохронны с циклическими процессами внешней среды, то этот организм либо перестраивает гомеостаз в соответствии с внешней ритмикой, либо он обречен на гибель.

Установлены корреляционные связи между периодичностью солнечной активности и такими явлениями в биосфере, как эпидемии и эпизоотии, массовые миграции животных, численность популяций промысловых рыб, количество почвенных бактерий [3]. Колебания интенсивности геомагнитного поля являются одним из основных ритмоводителей для живых систем. Сравнение различных биоритмов с кривыми изменения магнитного поля Земли показывает их удивительное сходство [4].

Учитывая волновой характер процессов, протекающих в живых системах, можно ожидать, что всякое ритмическое воздействие, близкое по частоте к собственным колебаниям системы, будет оказывать на нее сильное влияние.

С 1950 года в мире ведутся систематические научные исследования влияния акустических факторов на растения. Многочисленными экспериментами установлено, что гармонические звуковые волны положительно действуют на рост и плодоношение растений. В основе действия музыки на растения, по-видимому, лежит резонансный механизм, способствующий накоплению энергии и ускорению обмена веществ в растении. В клетках много резонирующих структур (мембраны, рибосомы, митохондрии, хлоропласты и др.) и под влиянием определенных акустических частот они синхронизируют свои колебания.

Поскольку живая клетка, вследствие непрерывного движения мембран, генерирует колебания определенной частоты, то можно говорить о существовании вокруг живой клетки определенного акустического поля.

Вокруг каждой живой клетки генерируется также электромагнитное поле, которое взаимосвязано с геомагнитным полем и взаимодействует с электромагнитными излучениями техногенного происхождения. Поэтому электромагнитные колебания оказывают сильное влияние на биохимические и, как следствие, на физиологические процессы в живых организмах. Этот вывод подтверждается многочисленными исследованиями. Общеизвестно вредное воздействие на организм животных и растений высокочастотного электромагнитного излучения передающих антенн и радаров. Также общеизвестно применение в лечебных целях электромагнитных излучений и токов определенной частоты и интенсивности. При отсутствии магнитного и электромагнитного полей (например, при их экранировании специальной защитой) живой организм не может нормально функционировать длительное время.

В последние годы все большее внимание исследователей уделяется изучению электромагнитных волн миллиметрового диапазона, которые, как показали многочисленные эксперименты, обладают ярко выраженным биологическим действием и оказывают существенное влияние на жизнедеятельность организмов различного уровня организации – от микроорганизмов до млекопитающих. К настоящему времени накоплен обширный клинический и экспериментальный материал, свидетельствующий об изменениях иммунного статуса человека и животных после воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона.

Функциональное состояние живых систем обеспечивается динамическим равновесием антагонистических процессов. Именно принцип антагонистического регулирования функциональных параметров обеспечивает в живых системах высокий уровень устойчивости при воздействии неблагоприятных факторов. Естественные отклонения параметров живой системы от средних значений, характеризующих наиболее устойчивое ее состояние, не приводят к разрушению системы как целостной структуры. Это обусловлено существованием механизма саморегулирования, или самосохранения, основанного на универсальном принципе обратной связи и пред-

ставляющего собой для каждого индивидуального объекта взаимосвязанную систему обратных связей различного типа [5].

Структурные компоненты живой системы взаимосвязаны, переплетены друг с другом и оказывают друг на друга влияние. Вмешательство в жизнь системы, насильственное изменение роли и значения каких-либо ее внутренних регуляторов, неизбежно приводит к изменению роли и значения других регуляторов. Существенное повреждение системы саморегулирования живой системы приводит к принципиальному изменению данной системы, вплоть до ее распада и уничтожения.

Можно привести многие примеры, когда вмешательство человека в систему саморегулирования живой системы, приводит к ее глубокой деградации. Такими примерами являются: бесконтрольная вырубка лесов, осушение болот, строительство жилых массивов в местах формирования истока малых рек, загрязнение почвы вредными химическими веществами, создание глобальных сетей источников электромагнитного излучения и др. Подобное вмешательство, как правило, основано на неверных научных основаниях или обусловлено сиюминутными экономическими соображениями.

Отрицательные последствия воздействия человека на природные биоэкологические системы прослеживаются и на территориях с особым экологическим статусом. Об этом свидетельствует, в частности, динамика изменения фауны и флоры на территории Мордовского государственного заповедника имени П.Г.Смидовича за последние десятилетия [6, 7].

Ярким примером недалёковидности техногенной деятельности человека является наблюдаемая в последние годы «эпидемия» массового вымирания пчел в США и странах Европы. Как было установлено, основная причина этого явления обусловлена влиянием излучений приемно-передающих устройств операторов сотовой телефонной связи. По-видимому, плотность покрытия территории приемно-передающими устройствами и мощность сигналов превысили некоторый критический уровень.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем / Отв. ред. Ю.М.Горский. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1990.
2. Астафуров В.И. Универсальность волнового движения: Доклад // IV Федоровские чтения, МАТИ, Москва, 7-12 мая 1991.
3. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976.
4. Дубров, А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат. 1974.
5. Петрушенко Л.А. Принцип обратной связи. (Некоторые философские и методологические проблемы управления). – М.: Мысль, 1967.
6. Рыжиков А.И. История землеустройства, земельных отношений и заповедности территории Мордовского государственного заповедника им. П.Г.Смидовича. – Саранск: Изд-во Мордов. гос. ун-та, 2005.
7. Терешкин И.С. В гостях у филина. Экологические очерки. – Саранск: Мордовское книж. изд-во, 2006.

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПОГЛОЩЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ КУКУРУЗЫ

Д.И. Башмаков, О.Н. Куликова

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

Тяжелые металлы (ТМ) являются неотъемлемой частью биосферы. Многие из них востребованы живыми организмами в микроколичествах и жизненно необходимы. Однако, часть этих химических элементов даже в крайне малых концентрациях токсична для всего живого [1].

Под влиянием продуктов техногенеза возрастают концентрации ТМ в почвах и растениях. Избыточное поступление ТМ в растения нарушает процессы метаболизма, тормозит рост и развитие. В сельском хозяйстве это выражается в снижении выхода продукции и ухудшении её качества. Поскольку ТМ поступают в организм человека и травоядных животных, главным образом, с растительной пищей, почвенно-агрохимические исследования на техногенно-загрязненных территориях приобретают важное значение в местах, где население питается преимущественно продуктами растениеводства.

Однако оценка поступления и накопления ТМ в компонентах экосистем в преобладающем большинстве случаев ведется на основе аналитических методов, а полученная количественная информация не раскрывает, каким образом ТМ попадают в растения и распределяются внутри их органов и тканей. Важным подспорьем в разрешении этого вопроса являются гистохимические методы, в частности дитизоновая методика, предложенная И.В. Серегиним и В.Б. Ивановым [2].

На загрязненных ТМ территориях большую актуальность имеет разработка и внедрение мероприятий по повышению металлоустойчивости и урожайности растений путём обработки семян и/или молодых растений физиологически активными веществами [3]. Особое место среди них занимают синтетические регуляторы роста, обладающие цитокининовой или иной активностью [4]. В ходе работ, проведенных на кафедре ботаники и физиологии растений, было выяснено, что эти препараты влияют на стационарный уровень супероксидного аниона, перекисное окисление липидов (ПОЛ) в листьях огурца и ростовые параметры молодых растений [5]. Убедительно показано, что применение Цитодефа в ряде случаев позволяет снижать токсичность изученных тяжелых металлов, что проявляется в частичном или полном снятии негативного влияния металлов на ростовые и окислительные процессы [6]. Однако механизм этих эффектов выяснен не в полной мере.

Исходя из выше сказанного, целью данной работы являлось исследование влияния препаратов «Эпин-экстра» и «Цитодеф» на поглощение и

распределение тяжелых металлов в молодых растениях кукурузы. Был поставлен ряд вегетационных опытов с растениями кукурузы (*Zea mays* L.) сорта «Монархия».

Семена кукурузы, обработанные слабым раствором KMnO_4 , помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. На седьмой день часть растений пересаживали на растворы регуляторов роста (10^{-6} % «Эпин-экстра» или 0,1 мкМ Цитодеф) + 1 мМ растворы $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Контролем служили растения кукурузы, не подвергавшиеся действию регулятора роста. На 1, 3 и 5 сутки изготавливали серии поперечных срезов корня в области зоны проведения и гипокотилия. Полученные препараты окрашивали дитизоном (по Иванов, Серегин [2]) и рассматривали под микроскопом ЛЮМАМ Р8 (увеличение 300). Некоторые срезы фотографировали фотоаппаратом «Nicon coolpix 5200». О локализации ионов Zn^{2+} судили по малиновому, а Pb^{2+} – по красному окрашиванию тканей среза. Кроме того, интенсивность окрашивания характеризует величину концентрации ТМ в тканях.

Динамика распределения ТМ в тканях молодых растений кукурузы.

Спустя 24 ч инкубации, ионы ТМ накапливались преимущественно в клеточных стенках экзо- и мезодермы корня. Окраска цитоплазмы намного слабее, чем клеточных стенок. В клетках центрального цилиндра содержание цинка было небольшим, здесь выявлено преимущественное окрашивание ксилемы и более слабое – флоэмы.

После 72 ч инкубации окрашивание срезов корня было более интенсивным, чем через 24 ч. Значительное количество ТМ обнаружено в глубоких слоях мезодермы и в клетках эндодермы. В стеле ТМ обнаруживались в клеточных стенках и в цитоплазме паренхимных клеток. Концентрация цинка в клеточных стенках ксилемы была выше, чем во флоэме.

Спустя 120 ч инкубации высокое содержание ТМ обнаружено во всех тканях корня. На срезах окрашивание клеток всех тканей (как клеточных стенок и вакуолей, так и цитоплазмы). Наиболее сильно окрашивались сосуды ксилемы, а также клеточные стенки паренхимы вокруг сосудов. Окрашивание клеток гипокотилия во всех вариантах опыта было сходным с таковым у корня.

Итак, при исследовании распределения ТМ в органах проростков кукурузы отмечена тенденция к снижению содержания Zn и Pb от корня к листу. В тканях корня основная часть поглощенных ТМ находилась в клетках экзодермы и центрального цилиндра. Можно предположить, что в изученных растениях преобладает транслокация ТМ с восходящим током, поскольку сосуды ксилемы окрашивались более интенсивно, чем флоэма. При длительной инкубации значительное количество ТМ обнаруживалось в глубоких слоях мезодермы и в клетках эндодермы. Окрашивание гипокотилия в общих чертах сходно с таковым у корня. Zn в листе локализовался преимущественно в столбчатой паренхиме верхней части листа, Pb – по всей толще листа. Исследова-

ния показали, что ионы Zn^{2+} преимущественно накапливались в клеточных стенках, тогда как ионы Pb^{2+} – по всей клетке. Сравнивая аккумуляцию эквимольных концентраций ионов Zn^{2+} и Pb^{2+} , можно отметить, что окрашивание в варианте со свинцом было несколько интенсивнее.

Влияние регуляторов роста на аккумуляцию и распределение ТМ в тканях кукурузы.

При изучении действия регуляторов роста на распределение ТМ в тканях выяснили, что накопление ионов Zn^{2+} в тканях гипокотилей молодых растений кукурузы, семена которых были обработаны препаратом «Эпин-экстра» спустя 1 и 3 суток экспозиции практически не отличалось от такового у контрольных растений. На 5-е сутки опыта окрашивание тканей срезов в разных вариантах опыта разлилось. Так, у контрольных растений отмечали значительное окрашивание клеток экзодермы, ксилемы и флоэмы, а у опытных растений интенсивное окрашивание тканей было лишь вокруг проводящих пучков. Ткани корня окрашивались значительно интенсивнее, как у контрольных, так и у опытных растений. Однако на 5 сутки опыта ткани корня контрольных растений теряли целостность, что говорит о гибели корней. Корни опытных растений, несмотря на чрезвычайно интенсивное окрашивание всех тканей, сохраняли целостность структуры.

При исследовании аккумуляции ионов Pb^{2+} отмечали более интенсивное окрашивание тканей паренхимы на начальных этапах опыта (1 сутки). В последующее время, вероятно, происходило перераспределение ионов Pb^{2+} или выведение их из тканей паренхимы и эндодермы с более значительным окрашиванием тканей центрального цилиндра и перицикла.

Регулятор роста цитокининового типа действия «Цитодеф» спустя 1 сутки опыта практически не оказывал влияния на поглощение ионов ТМ растениями кукурузы. На 3-и и 5-е сутки опыта локализация ионов Zn^{2+} и Pb^{2+} у контрольных и опытных растений не отличалась. Однако, отмечали менее интенсивное окрашивание тканей срезов опытных растений. Кроме того, ткани корня контрольных растений на 5-е сутки опыта теряли свою целостность. В то время как интенсивность окрашивания тканей корня опытных растений на 3-и и 5-е сутки экспозиции в растворах ионов Pb^{2+} была практически одинаковой. Этот факт может свидетельствовать о том, что Цитодеф блокирует аккумуляцию свинца тканями корня при насыщении сайтов связывания в экзодерме и проводящих тканях.

Таким образом, результаты опытов показывают, что синтетические регуляторы роста «Эпин-экстра» и «Цитодеф» более эффективны при длительных экспозициях сублетальных концентраций ионов Zn^{2+} и Pb^{2+} . Возможными механизмами протекторного действия изученных регуляторов роста могут быть перераспределение ионов по тканям корня или блокирование поглощения при насыщении сайтов связывания в тканях. В результате происходит уменьшение поступления ионов ТМ в ткани побегов, а ткани корня менее интенсивно повреждаются и сохраняют свою структурную целостность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прохорова, Н.В. Гистохимический анализ в оценке эколого-биогеохимических характеристик агрофитоценозов / Н.В. Прохорова, Ю.В. Макарова // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия, 2006 №7(47). – С. 177-185.
2. Серегин И.В., Иванов В.Б. Гистохимические методы изучения распределения кадмия и свинца в растениях // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 6. – С. 915-921.
3. Деева В. П., Шелег З. И., Санько Н. В. Избирательное действие химических регуляторов роста на растения. – Минск : Наука и техника, 1988. – 256 с.
4. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И. Действие синтетических регуляторов роста на ростовые реакции растений в условиях стресса // Материалы III Международной научной конференции «Регуляция роста и продуктивности растений» (г. Минск, 8-10 октября 2003 г.). – Минск, 2003. – С. 190-191.
5. Башмаков Д.И., Лукаткин А.С., Духовскис П.В., Станис В.А. Влияние синтетических регуляторов на ростовые реакции огурца и кукурузы при действии тяжелых металлов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 5. – С. 20-21.
6. Башмаков Д.И., Пыненкова Н.А., Лукаткин А.С. Влияние цитодефа на окислительный статус растений огурца на фоне тяжелых металлов // Физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях Крайнего Севера: Годичное собр. Об-ва физиологов растений России; Междунар. науч. конф. (Апатиты, Мурманская обл., 7-11 июня 2009 г.). – Апатиты, 2009. – С. 51-53.

УДК 635.044 + 631.811.98 : 635.64

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА И ФИТОРЕГУЛЯТОРА ЭПИН ЭКСТРА НА ПЛОДООБРАЗОВАНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА

Н.П. Будыкина, Т.Ф. Алексеева, Н.И. Хилков

*Учреждение Российской Академии наук Институт биологии Карельского
научного центра РАН, г. Петрозаводск*

Пленочные теплицы на территории европейского Северо-запада России являются сегодня основным видом сооружений защищенного грунта. В течение относительно короткого периода эксплуатации с конца мая до начала сентября пленочные теплицы позволяют получать за один оборот с каждого м² инвентарной площади до 8 – 10 кг томатов – второй после огурца главной культуры. Осложняют выращивание наблюдающиеся в полуденные часы в солнечные дни перегревы воздуха в верхнем ярусе расте-

ний. По этой причине снижается плодообразование, что приводит к недобору урожая. Решить проблему можно с помощью синтетических рострегулирующих веществ, в частности, препарата эпина экстра.

В течение трех лет мы изучали процессы цветения, завязывания и формирования плодов томата в пленочных теплицах Агробиологической станции Института биологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск). Рассаду F₁ Верлиока выращивали ускоренным методом в зимней теплице с досвечиванием лампами ДРЛФ-400, поддерживая следующий температурный режим: до появления всходов 28°C, затем 24 – 26°C днем и 18 – 20°C ночью. Освещенность до пикировки 14 клк, в последующий период 25 клк. При наличии системы аварийного обогрева воздуха рассаду в возрасте 38 дней в конце мая высаживали в пленочную теплицу из расчета 3,2 раст./м², в конце августа оборот ликвидировали. Повторность вариантов 4-х кратная, площадь учетной делянки 5 м². Агротехника выращивания томата во все годы исследований общепринятая для зоны Карелии. Обеспеченность растений элементами минерального питания корректировали на основании данных агрохимических анализов тепличного грунта. Параметры среды в теплице (температура почвы и воздуха, относительная влажность воздуха, уровень освещенности) постоянно контролировали.

Изучение температуры воздуха в пленочной теплице показало, что она зависит от интенсивности солнечной радиации и температуры воздуха снаружи. По данным измерений за четыре года средние значения дневной температуры только в июне были близки к рекомендуемым, в августе и особенно в июле отмечены повышения ее до 29 – 34°C. Число дней с такой температурой составляло 26 и 35% соответственно. В полуденные же часы максимальная температура воздуха в солнечные дни поднималась до 37 – 43°C. Отмечен довольно значительный температурный градиент по высоте растений. Так, на высоте 1,2 м температура воздуха была выше на 3 – 5°C, на высоте 2,2 м уже на 8 – 10°C, чем на высоте 0,2 м от поверхности почвы.

Исследование числа органов по соцветиям выявило зависимость этого показателя от температуры воздуха в теплице. Так, процент завязавшихся плодов у гибрида Верлиока составил в соцветиях: 1–2-м – 77,1%, 3–4-м – 59,8% и 5–6-м – 43,2% (табл. 1).

Самая низкая энергия плодообразования наблюдалась в 5–6-м соцветиях. В это же время в верхнем ярусе растений отмечены и самые высокие значения температуры. Для снятия полуденных перегревов воздуха в солнечные дни используют сквозное проветривание теплиц и мелкодисперсное опрыскивание водой кровли и верхнего яруса растений. Но, к сожалению, эти меры мало эффективны. Для преодоления последствий неблагоприятных высоких температур мы использовали препарат эпин экстра (д. в. – эпибрасинолид 0,0025 мг/мл) – синтетический аналог природного фитогормона из класса брасиностероидов (БС), производится фирмой ННПП «Нэст М». Препарат разводили в воде до требуемой концентрации из расчета 10 мл на 1 л воды, рН рабочего раствора 6.5. Использовали двукратную некорневую обработку растений: через 5 дней после высадки рассады

в теплицу, расходуя 7 мл рабочего раствора на 1 растение, и в фазе цветения 3 – 4 соцветия из расчета 15 мл рабочего раствора на растение.

Таблица 1

Влияние эпина экстра на плодообразование у растений томата F₁ Верлиока (в числителе – контроль, в знаменателе – эпин экстра) в весенне-летнем обороте (среднее за 2005–2007 гг.)

Органы	Число органов по группам соцветий, шт. на 1 соцветие			Сумма органов на 1 раст., шт.	От общего числа органов, %
	1–2	3–4	5–6		
Завязавшиеся плоды	<u>8,4</u>	<u>6,1</u>	<u>3,5</u>	<u>36,0</u>	<u>61,6</u>
	8,6	8,7	7,2	49,0	79,0
Абортивные плоды	<u>2,1</u>	<u>3,4</u>	<u>1,2</u>	<u>13,4</u>	<u>22,9</u>
	1,9	1,2	0,8	7,8	12,5
Опавшие завязи	<u>0,4</u>	<u>0,7</u>	<u>3,4</u>	<u>9,0</u>	<u>15,4</u>
	0,3	0,3	2,0	5,2	8,4
Всего	<u>10,9</u>	<u>10,2</u>	<u>8,1</u>	<u>58,4</u>	<u>100</u>
	10,8	10,2	10,0	62,0	100

Анализ элементов структуры будущего урожая показал (табл. 1), что эпин экстра уменьшает опадение генеративных органов и стимулирует образование и дальнейший рост плодов. Влияние препарата наиболее четко проявилось в действии на 3–4 и особенно 5–6 соцветия: в сравнении с контролем процент завязавшихся плодов вырос на 25,5 и 28,8 % соответственно. Существенно снизилось число абортивных плодов и опавших завязей. Такие изменения в плодообразовании положительно сказались на продуктивности томата (табл. 2). Прибавка составила по раннему урожаю 29%, общему за оборот – 48 % .

Таблица 2

Влияние эпина экстра на продуктивность томата F₁ Верлиока в весенне-летней обороте (среднее за 2005 – 2008 гг.)

Вариант	Ранняя урожайность		Общий урожай за оборот	
	кг/кв. м	%	кг/кв. м	%
Эпин экстра	4,0	129	12,6	148
Контроль (обработка водой)	3,1	100	8,5	100
НСР ₀₉₅	0,27		0,53	

Предполагается, что в механизме защитного действия brassinosteroidов на растения, подвергнутые воздействию различных стрессов, немаловажную роль может играть способность БС увеличивать содержание эндогенных фитогормонов, а также повышать их активность, влияя на эндо-

генный гормональный статус растений [1-3]. Проведенное I. Singh и M. Shono [4] детальное изучение процесса оплодотворения у растений томата позволило установить, что обработка препаратами на основе БС повышает собственную толерантность прорастающей пыльцы томатов в условиях теплового стресса (+35°C и выше). В итоге наблюдается высокий процент проросших пыльцевых зерен, рост пыльцевых трубок и низкий процент взорвавшейся пыльцы по сравнению с контролем.

Таким образом, в условиях относительно низкой завязываемости плодов, обусловленной недостаточным соответствием температуры требованиям культуры томата, эпин экстра уменьшает опадение генеративных органов, стимулирует завязывание и дальнейший рост плодов, повышает урожайность.

Препарат может быть рекомендован для применения в крупных тепличных, фермерских и личных подсобных хозяйствах северо-западного региона России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. – Уфа: Гилем, 2001. – 160 с.
2. Авальбаев А.М., Безрукова М.В., Шакирова Ф.М. Влияние брассиностероидов на гормональный баланс в проростках пшеницы // Докл. РАН. – 2003. – Т. 391, № 3. – С. 413–415.
3. Mussig C. Brassinosteroid – promoted growth // Plant Biol. – 2005. – V. 7, № 2. – P. 110–117.
4. Singh I., Shono M. Effect of 24-epibrassinolide on pollen viability during heat – stress in tomato // Indian J. Exp. Biol. – 2003. – V. 42, № 2. – P. 174–176.

УДК 581.1

АНТИСТРЕССОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭПИБРАССИНОЛИДА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СВИНЦА

П.А.Буцанец, Д.В. Королькова, Л.В.Назаренко
Московский Городской Педагогический Университет, г. Москва

Свинец и его соли токсичны для микроорганизмов, растений, животных и людей. Высокие концентрации свинца в почве приводят к его накоплению в растениях, что может ингибировать дыхание и процесс фотосинтеза, иногда подавлять поступление цинка, кальция, фосфора, серы. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество продукции. Устойчивость растений к избытку свинца неодинаковая: менее устойчивы злаки, более устойчивы бобовые.

Брассиностероиды – фитогормоны класса стероидов. В малых концентрациях они обладают мощным ростостимулирующим действием и поддер-

живают нормальное функционирование иммунной системы растения, особенно в неблагоприятных условиях (пониженные температуры, заморозки, затопление, засуха, болезни, действие пестицидов, засоление почв).

Целью данного исследования было изучение снижения отрицательного действия солей свинца на растительный организм при использовании эпибрасинолида (относится к классу brassinosteroidов), который принимает участие в антистрессовых реакциях растений и повышает их адаптивные возможности.

Объектами исследования были недельные проростки пшеницы сортов: Амир, Инна, Московская-39. В опытах использовали раствор нитрата свинца $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 1 М; 0,1 М; 0,01 М; 0,001 М и фитогормона эпибрасинолида в концентрации 10^{-10} и 10^{-11} г/л. Контрольным вариантом служила вода.

Свинец оказывал негативное воздействие на морфологические показатели проростков пшеницы. Соли свинца 1 М и 0,1 М полностью ингибировали прорастание зерновок всех сортов пшеницы. Концентрации 0,01 М и 0,001 М уменьшали процент прорастания на 40 и 30 %, соответственно; ингибировали рост листьев и корней.

При одновременном внесении в среду выращивания соли свинца и эпибрасинолида морфологические показатели у проростков пшеницы выравнивались и соответствовали показателям контрольных образцов. При концентрации свинца в среде 0,01 М более действенной оказывалась концентрация эпибрасинолида 10^{-10} , для концентрации соли 0,001 М – концентрация эпибрасинолида 10^{-11} .

Обсуждается возможное антистрессовое действие эпибрасинолида на проростки пшеницы в условиях высоких концентраций солей свинца в среде выращивания.

УДК 58(282.247.414.514)

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ РЕКИ ИРСЕТЬ

Е. В. Варгот, Е. Е. Белякова

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

Малые реки являются основой гидрографической сети какой-либо территории. Являясь элементарными единицами речных бассейнов, они нуждаются в сохранении для нормального функционирования сложившихся здесь биогеоценозов. Одним из показателей состояния водотока служит его растительный покров. Данные материалы посвящены флоре и растительности реки Ирсеть – водной артерии северо-запада Старошайговского района Республики Мордовия. Исследование проводилось в полевой сезон 2008 г. на всем протяжении водотока.

Старошайговский муниципальный район Мордовии, занимая площадь 1419,4 км², располагается в лесостепных ландшафтах вторичной моренной равнины центральной части республики [1]. В целом территория района относится к бассейну р. Суры. Большая часть его лежит в правобережье реки Алатырь (второй по величине левый приток Суры 1-го порядка) и принадлежит бассейну Рудни (крупный правый приток Алатыря).

Река Ирсеть – правый приток р. Рудни первого порядка или правый приток р. Алатырь второго порядка. Согласно космоснимку 2004 г. ее длина составляет 47 км, площадь водосбора – 331 км² (23 % площади Старошайговского района). Ширина колеблется от 1 м в верховьях до 7–10 м в нижнем течении. Средняя ширина 3–4 м. Исток располагается в 2,8 км юго-юго-западнее д. Пушкино Старошайговского района. Русло проходит в направлении с юго-запада на северо-восток в северо-западной части района, уходя на юг Починковского района Нижегородской области. Впадает в р. Рудню у с. Дивеев Усад Починковского района Нижегородской области. Бассейн верхнего течения занят лесными массивами. В целом бассейн реки лежит в безлесных пространствах агроландшафтов. По берегам р. Ирсеть друг за другом вниз по течению располагаются крупные села Авгуры, Ирсеть, Темяшево Старошайговского района Мордовии, Шагаево, Васильевка и Дивеев Усад Починковского района Нижегородской области.

Послеледниковое возникновение р. Ирсеть [2] повлияло на характер водотока и сложившийся в нем комплекс абиотических факторов. Это равнинная река с малой скоростью течения вследствие низкого уклона территории. Средние глубины: 0,5–0,7 м – в верховьях, 1,5 м – в среднем течении, в низовьях достигают 2,0–3,0 м. Грунты на всем протяжении песчаные, представлены крупнозернистым желтым и красным песком. Местами отмечены выходы красной глины. В нижнем течении в затишных участках накапливается небольшой иловый осадок. Встречаются выходы грунтовых вод, содержащих соединения железа, из-за чего дно покрыто «ржавым» налетом. Прозрачность воды в верхнем и среднем течении – до дна, в низовьях – 60–70 см.

В верхнем течении берега реки высотой 0,6–1,0 м, обрывистые, незадернованные. Ширина русла 1,0–2,0 м. Узкой полосой по береговой линии произрастают ивняки (из *Salix alba* L., *S. cinerea* L., *S. triandra* L.) с примесью ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), затеняющие речное русло. Иногда в таких местах встречаются небольшие разреженные куртины *Scirpus sylvaticus* L. и *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert. Высшая водная растительность в тени не развита. Открытые участки встречаются изредка. Здесь произрастают некоторые гидрофиты. Так, на перекате р. Ирсеть у с. Авгуры зарегистрированы плотные куртины *Elodea canadensis* Michx., водная форма *Sparganium emersum* Rehm. и *Veronica anagallis-aquatica* L., среди которых задерживаются небольшие сообщества *Lemna minor* L. и *L. trisulca* L. На отмелях отмечены *Equisetum fluviatile* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Alopecurus aequalis* Sobol., *Catabrosa aquatica* (L.) Beauv., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Juncus articulatus* L., *J. bufonius* L., *J. effusus* L., *Ranunculus repens* L., *R. sceleratus* L., *Rorippa palustris* (L.) Bess., *Lysimachia nummularia* L., *Lycopus europaeus* L., *Mentha arvensis* L., *Veronica beccabunga* L., *Galium palus-*

tre L., *Bidens cernua* L. На задернованных берегах у уреза воды образуются бордюрные заросли из *Phalaroides arundinacea* и *Scirpus sylvaticus*.

Ниже с. Авгуры до с. Шагаево ширина водотока достигает 4–7 м. Берега, особенно на плесах, высокие, нередко обрывистые. Они также заняты кустами и деревьями ив и ольхи, прерывистыми сообществами сменяющих друг друга *Scirpus sylvaticus*, *Carex acuta* L. и *Phalaroides arundinacea*. Мелководные участки песчаных перекатов свободны от водной растительности. По песку на дне произрастают нитчатые водоросли. Единично, под берегом, встречаются куртины *Elodea canadensis* и *Callitriche cophocarpa* Sendtner. Более глубокие плесовые участки заняты разреженным сообществом *Sparganium emersum* + *Veronica anagallis-aquatica*. Вдоль правого и левого берегов в воде узкой полосой (шириной 40–50 см) тянется ленто-видное сообщество *Catabrosa aquatica* + *Glyceria fluitans* + *Alopecurus aequalis*. На отмелях произрастают единичные растения выше перечисленных видов, а также *Eleocharis palustris* (L.) R. Br., *Juncus compressus* Jacq., *Polygonum lapathifolium* L., *Bidens tripartita* L., *Gnaphalium uliginosum* L. Такой характер растительности сохраняется и в нижнем течении р. Ирсеть до с. Дивеев Усад.

В целом, в р. Ирсеть и по ее берегам зарегистрировано 33 вида сосудистых растений из 24 родов и 18 семейств. Флора, растительность и характер грунтов свидетельствуют о малой загрязненности реки органическими и минеральными веществами. В целом, формирование растительного покрова обследованного водотока обусловлено историей его происхождения и, как следствие, комплексом его гидрологических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Республика Мордовия: административно-территориальное деление на 1 октября 1997 года / Гос. Собр. Респ. Мордовия. – Саранск: Тип. «Красный октябрь», 1998. – 272 с.
2. Ямашкин А. А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1998. – 156 с.

УДК 581. 4 (045)

О ФЕНОЛОГИИ ШАЛФЕЯ ЛУГОВОГО

А.Ю. Горчакова

ГОУВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», г. Саранск

В настоящее время в связи с активизацией антропогенного воздействия возникает угроза нарушения естественных растительных сообществ, приводящее к сокращению численности отдельных видов. Одним из таких видов является шалфей луговой.

Шалфей луговой (*Salvia pratensis* L.) (Labiatae) обладает лечебными и декоративными свойствами, что привлекает к себе внимание не только специалистов, но и любителей. Это многолетнее травянистое растение с деревянистым корневищем и четырехгранным стеблем высотой 45 – 80 см. С лекарственной целью используются листья шалфея, собранные в период цветения растения. Данный вид внесен в список уязвимых и редких видов, стоит в категории 2. По данным Т. Б. Силаевой (1996) [2] численность и состояние популяций данного вида на территории нашей республики различно. Вследствие нарушения естественных мест обитания и возрастающей популярности, как красивоцветущее растение, шалфей луговой интенсивно истребляется, особенно вблизи больших населенных пунктов и в местах массового отдыха людей, поэтому существует реальная угроза сокращения численности этого вида. Изменение исторически сложившейся структуры видовых популяций приводит к ограничению возможностей генетического обмена, ослаблению адаптационных способностей.

Организация охраны отдельных видов растений требует знаний комплекса вопросов, где первостепенную роль играет изучение морфологии и экологии. Вследствие большой популярности красивоцветущие растения интенсивно истребляются, поэтому существует реальная угроза утраты природного генофонда декоративных и лекарственных растений как в целом по России, так и в Мордовии.

Наши исследования проводились в 2008–2009 гг. на остепненном Николаевском склоне, г. Саранск.

Цель исследований – изучение особенностей формирования фенотипа шалфея лугового.

Изучение *Salvia pratensis* проводилось методом площадок – обследовалось по 3 площадки, расположенные на юго-западном и юго-восточном экспозициях остепненного Николаевского склона. На каждой из данных площадок подсчитывалось общее количество растений, из них цветущих и вегетирующих, а также осуществлялись фенологические наблюдения за *Salvia pratensis*.

Фенологическое изучение проводилось по методике И. Н. Бейдемана [1]. Отмечались основные этапы в развитии изучаемого вида: появление побегов, бутонизация, цветение, плодоношение, отмирание побегов.

На каждой площадке проводилось биометрическое изучение всех растений, при котором определялись высота и количество листьев каждого побега.

На каждой площадке определялась возрастная структура популяций данного вида, т. е. определено число генеративных (плодоносящих) растений и их отношение к общему числу растений.

Фенологические наблюдения *Salvia pratensis* проводились в течении вегетационного сезона 2008 и 2009 гг.

Как показывают наши исследования, в течение 2008 года период вегетации данного вида, до цветения, на юго-западной экспозиции склона составил 26 дней, а в 2009 году – 33 дня, на юго-восточной экспозиции склона в

2008 г. – 26 дней, в 2009 г. – 27 дней. Вегетация сопровождалась быстрым ростом побега и листьев, особенно в период плодоношения, но исходя из наблюдений, можно сказать, что вследствие процесса цветения и плодоношения происходило постепенное снижение темпов роста листовой пластинки, длина и ширина листа также переставали увеличиваться в размерах.

Также имеются отличия и в сроках периодов полного цветения и плодоношения – на юго-восточной экспозиции склона продолжительность этой фазы на 4-6 дней больше в оба года исследования.

Определение онтогенетической структуры ценопопуляции *Salvia pratensis* осуществлялось без использования подземных органов, так как на территории нашей республики данный вид включен в список редких и уязвимых видов, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении.

Этап проростков у *Salvia pratensis*. Проростки – небольшие растения с двумя семядольными листьями. Семядоли вначале узкие, плотно сложенные, затем приобретают более округлую форму. Пластинка листа с неравномерно городчато-зубчатым краем. Корневые волоски на главном корне расположены группами.

Ювенильный этап. Особь представлена только осью первого порядка, высотой до 20 см с сидячими ассимиляционными листьями. Самые крупные листья расположены в средней части побега.

Имматурный этап. Появляются оси второго порядка, которые короче главной оси, но с возрастом постепенно перерастают ее. Наиболее крупные листья расположены в средней части оси первого порядка. Дольки листьев шире, чем у взрослых экземпляров.

Виргинильный этап. Растение на данном этапе выделяется трудно. Отмечается увеличение общего объема растения, размер листьев и число осей второго порядка. Первичная корневая система отмирает к концу данного периода.

У молодых генеративных растений *Salvia pratensis* происходит увеличение числа осей второго порядка, образуются оси третьего порядка, часто он с недоразвитыми тычинками и пестиками. Генеративных побегов 1–2. Число листьев на главной оси до 5–6.

Средневозрастные генеративные растения имеют компактную, правильную форму. Число генеративных побегов преобладает над вегетативными. Корневище растет в толщину и имеет плотную сердцевину. Данный этап характеризуется максимальным развитием основных параметров *Salvia pratensis*.

Старые генеративные растения *Salvia pratensis*. На данном этапе уменьшается высота побегов и число цветков, образуется меньшее количество плодов.

Субсенильный этап. Побеги становятся более низкорослыми, менее разветвленными. Уменьшается диаметр корневой системы.

Сенильные растения. Встречаются крайне редко.

Возрастная структура популяции данного вида рассчитывалась по отношению генеративных побегов к общему числу растений (табл.).

Таблица

Возрастная структура популяции *Salvia pratensis*

Площадка	Число растений на площадке (шт.)	Число цветущих растений (шт.)	Соотношение генеративных побегов к общему числу растений (%)
2008 год			
Юго-западная экспозиция склона	9 ± 1,1	7 ± 0,8	77 ± 1,3
Юго-восточная экспозиция склона	11 ± 0,9	10 ± 0,7	90 ± 1,7
Среднее значение	10 ± 0,7	8,5 ± 0,6	85 ± 3,7
2009 год			
Юго-западная экспозиция склона	21 ± 3,1	20 ± 2,5	95 ± 4,2
Юго-восточная экспозиция склона	15 ± 1,3	15 ± 1,2	100 ± 5,2
Среднее значение	18 ± 1,4	17,5 ± 1,6	97 ± 6,1

Таким образом, *Salvia pratensis* характеризуется следующими признаками: 1) вегетационный период составляет 152 дня; 2) возрастная структура популяции характеризует данный вид как стабильную, динамически развивающуюся систему; 3) онтогенетическая структура представлена наличием 9 различных стадий; 4) на юго-восточной экспозиции склона ростовые процессы вида проходят в более быстром темпе, что доказывает большое влияние света.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1979. – 102 с.
2. Силаева Т.Б. Редкие и исчезающие растения Мордовии: Учеб. пособие. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1996. – С. 174.

УДК 631.52:581.1:581.4:634.11

ФОРМИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ ЯБЛОНИ

А.В. Деревинский

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск

В процессе получения сортов плодовых культур, отвечающих современным требованиям плодоводства, селекционеры изучают большой ги-

бридный фонд, занимающий значительные площади в питомниках на протяжении 25–30 лет. Продуктивность растений при этом определяется только с наступлением плодоношения, что значительно затрудняет исследователей.

В связи с этим особую значимость приобретают проводимые во всем мире исследования, направленные на поиск путей управления продукционным процессом растений и разработку способов диагностики наиболее важных свойств плодовых культур.

Основным критерием продуктивности яблони в нашей работе являлось количество плодовых почек в кроне дерева – потенциально возможных пунктов плодоношения, определяющихся уже на II этапе органогенеза [1, 2].

Целью исследований являлось выявление форм яблони с наибольшим потенциалом продуктивности для последующего использования в селекции.

Объекты исследования: сорта яблони Антей (контроль), Вербное, Орловская гирлянда; гибрид яблони ВМ 41497.

Схема посадки деревьев в селекционном саду – 4 х 2 м. Междурядья на опытных участках содержались под черным паром, защита от вредителей и болезней соответствовала таковой для производственных садов. Проводилась обрезка деревьев

Материалы и методы исследования: для проведения биометрических наблюдений выбирали по 3 модельных дерева по общепринятым методикам [3]. На деревьях каждого образца было выбрано по две сходных по силе развития, ориентации, расположенных в среднем ярусе кроны, скелетные ветви по общепринятым методикам [3]. На таких ветвях в течение I – IX этапов органогенеза определяли количество плодовых почек, цветков с последующим перерасчетом на все дерево.

Количественный учет опавших завязей проводили в период, когда они достигали величины грецкого ореха по методике [3] – XI этап органогенеза, опавших и оставшихся на дереве плодов – в стадии съемной спелости на XII этапе органогенеза.

Для определения массы плода отбирали по 50 яблок каждого растения, взвешивали их и находили среднюю массу плода по методике [3].

Нахождение индекса закладки плодовых почек, индекса цветения, величины процента опадения завязей на IX этапе органогенеза, процента опадения плодов на XII этапе органогенеза, процента полезной завязываемости проводили по разработанным нами формулам [4].

Оценку достоверности результатов проводили по Б.А. Доспехову [5].

Результаты и обсуждение. В период начала вегетации в кронах деревьев сортов Антей, Вербное, Орловская гирлянда, гибрида ВМ 41497, был произведен учет количества формирующихся плодовых почек, вегетативных почек и их суммарного количества. Данные показали, что в кронах исходных форм закладывалось следующее количество плодовых почек (штук): сорт Антей – $1094 \pm 122,5$, сорт Вербное – $5413 \pm 611,7$, сорт Орловская гирлянда – $2398 \pm 287,8$, гибрид ВМ 41497 – $488 \pm 55,1$.

Изучение индекса закладки плодовых почек в кронах деревьев показало, что различия между сортами Антей, Вербное, Орловская гирлянда выражены в меньшей степени, чем по количеству плодовых, вегетативных почек и их сумме. Величина данного показателя принимала следующие значения (%): сорт Антей – $32,07 \pm 0,074$, сорт Вербное – $35,3 \pm 0,079$, сорт Орловская гирлянда – $33,44 \pm 0,074$. Исключение составил гибрид ВМ 41497, у которого индекс закладки плодовых почек был равен $17,21 \pm 0,039$. Такая особенность этого гибрида является следствием наименьшего количества плодовых почек, сформировавшихся в кроне, по сравнению с изученными сортами.

В ходе XI этапа органогенеза нами был проведен учет количества завязей, достигших величины грецкого ореха. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в кронах сортов Вербное и Орловская гирлянда формировалось наибольшее количество завязей указанной величины (штук): $494 \pm 66,7$ и $414 \pm 50,1$ соответственно. Величины грецкого ореха у гибрида ВМ 41497 достигло $228 \pm 27,4$ завязей, что было в 2,17 раза меньше, чем у сорта Вербное и в 1,82 раза меньше, чем у сорта Орловская гирлянда. Самое низкое значение исследуемого показателя было отмечено у сорта Антей. Количество завязей, достигших величины грецкого ореха, у сорта Антей составило $120 \pm 14,4$ штук, что было в 4,12 раза меньше, чем у сорта Вербное и в 1,9 раза меньше, чем у гибрида ВМ 41497.

Наибольшее количество плодов достигло стадии съемной спелости у сортов Вербное и Орловская гирлянда: $494 \pm 66,7$ штук и $413 \pm 50,2$ штук соответственно. У гибрида ВМ 41497 этот показатель составил $228 \pm 27,4$ штук, что было в среднем в 2 раза меньше, чем у сортов Вербное и Орловская гирлянда. В кроне деревьев сорта Антей было отмечено $120 \pm 14,4$ плодов, достигших стадии съемной спелости, что было в 4,12 раза меньше, чем у сорта Вербное и в 1,9 раза меньше, чем у гибрида ВМ 41497. Аналогичная закономерность была выявлена ранее при сравнении родительских форм по количеству завязи в стадии грецкого ореха.

Процент полезной завязываемости находился у родительских сортов в пределах $2,96 \pm 0,07$ % – $5,3 \pm 0,013$ %. Гибрид ВМ 41497 характеризовался наибольшим значением этого показателя – $18,27 \pm 0,042$ %.

При массе плода $79,6 \pm 4,86$ г у растений сорта Вербное был получен наиболее высокий урожай – $39,3 \pm 2,48$ кг. Сорт Орловская гирлянда уступает по урожаю сорту Вербное в 1,85 раза – $21,3 \pm 1,12$ кг, что является следствием формирования плодов меньшей массы – $51,6 \pm 2,72$ г.

У гибрида ВМ 41497 урожай составил $17,3 \pm 0,74$ кг, что в 2,3 раза меньше, чем у сорта Вербное. При этом различия в массе плода у сорта Вербное и гибрида ВМ 41497 были незначительными: у гибрида ВМ 41497 масса плода равна $76,1 \pm 3,23$ г. Исключение составил сорт Антей. Несмотря на то, что процент полезной завязываемости у данного сорта составлял оптимальную величину $3,52 \pm 0,008$ %, урожай с одного дерева в среднем был равен $11,8 \pm 0,73$ кг. При этом масса плода у сорта Антей составила $98,4 \pm 6,05$ г, что в 1,24 раза больше, чем у сорта Вербное. По-видимому,

данный факт можно объяснить тем, что в кроне деревьев сорта Вербное в стадии съемной спелости находилось в 4,12 раза больше плодов, чем у деревьев сорта Антей.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что сорта яблони Вербное, и Орловская гирлянда характеризуются наибольшим потенциалом продуктивности и более эффективной его реализацией в процессе вегетации по сравнению с сортом Антей и гибридом ВМ 41497. В связи с этим, сорта Вербное и Орловская гирлянда отличаются более высокими значениями массы урожая, полученных с дерева по сравнению с сортом Антей и гибридом ВМ 41497. Наиболее крупные плоды характерны сортам Антей, Вербное и гибрид ВМ 41497 по сравнению с сортом Орловская гирлянда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исаева И.С. Продуктивность яблони (процесс формирования). – М.: Изд-во БГУ, 1989. – 149 с.
2. Самусь В.А., Криворот А.М., Носевич Л.И. История развития и основные итоги деятельности Белорусского научно-исследовательского института плодоводства // Плодоводство: Науч. тр. / Белорус, науч.-исслед. ин-т плодоводства. – Самохваловичи, 2000. – Т. 13. – С. 13-18.
3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1973. – 495 с.
4. Деревинский А.В. Морфофизиологические критерии ранней диагностики яблони на продуктивность: Дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Минск, 2005. – 259 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 581.1.035

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В РАСТЕНИЯХ РЕДИСА *IN VITRO* И *IN VIVO* ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕДИ

И. В. Егорова, А. С. Лукаткин

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

Стрессовое состояние у растений может быть индуцировано ионами таких тяжелых металлов, как цинк, медь, кадмий, ртуть; они также довольно часто встречаются и в почвах. ТМ могут оказывать стрессовое воздействие на растения, приводящее к аномалиям в клетках, повреждению структур и метаболических функций, подавлению образования органического вещества [1]. В условиях стресса ТМ в растениях возрастает образование активированных форм кислорода (АФК) [2], которые оказывают негативное

воздействие на защитную систему растительных клеток – ферменты супероксиддисмутазу, аскорбат-пероксидазу, каталазу и др. [3].

Одним из наиболее токсичных для растений тяжелым металлом является медь. Превышение доз меди вызывает целый ряд пагубных последствий для растений – торможение фотосинтеза, синтеза фотосинтетических пигментов, повышение проницаемости мембран, нарушение обмена веществ, и может вызвать гибель растения [4].

Культура *in vitro* дает возможность изучения влияния стрессовых факторов на растение на клеточном уровне [5]. Однако работ по действию ТМ на культуры растительных клеток очень немного, в отличие от опытов по влиянию ТМ на растения *in vivo*. В связи с этим необходимо детальное изучение устойчивости растений *in vivo* и культур клеток *in vitro* к ТМ с последующей разработкой способов повышения металлоустойчивости. Для этого необходимо знание физиологических процессов, являющихся индикаторами физиологического состояния организма и показывающих быструю реакцию растения и/или его клеток на стрессовое изменение окружающей среды.

Исследования проводили на 7-дневных проростках редиса (*Raphanus sativus* L.) сорта Красный великан и 5-недельной каллусной культуре гипокотильного происхождения (того же сорта) обычными биотехнологическими методами. Получали стерильные растения, далее из них вычленили экспланты, на которых после посадки на питательную среду Мурасиге-Скуга (МС) формировалась каллусная ткань. Каллусы, полученные на разных эксплантах, и стерильные растения пересаживали на среду МС с добавлением различных концентраций (от 10^{-5} до 10^{-3} М/л) $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, и после выращивания на этих средах определяли скорость генерации супероксидного анион-радикала (O_2^-) и интенсивность ПОЛ по методикам, приведенным в [6].

Изучение скорости генерации супероксидного анион-радикала в растениях редиса показало, что наибольшего своего значения данный показатель достигал на концентрации 10 мкМ Cu^{2+} , и возрастание составило 131%. Очевидно, что все концентрации меди индуцировали в клетках растений возникновение окислительного стресса; при этом невысокие дозы металла (0,1 и 10 мкМ) усиливали генерацию АФК в малой степени.

Скорость генерации супероксидного анион-радикала в каллусе редиса возрастала относительно контроля при двух концентрациях Cu^{2+} – 10 мкМ и 1 мМ (на 34 и 8%, соответственно); наименьший показатель зафиксирован у каллуса, выращенного на среде с концентрацией 0,1 мМ Cu^{2+} . Можно предположить, что ионы Cu^{2+} не оказали стрессового воздействия на каллусную культуру редиса.

При изучении интенсивности ПОЛ в растениях редиса было установлено, что этот показатель возрастал относительно контроля при всех дозах ионов меди в среде. Усиление ПОЛ является показателем значительного повреждения ненасыщенных мембранных липидов и, следовательно, клеточных мембран [6].

Интенсивность ПОЛ в каллусах редиса незначительно увеличилась в каллусной культуре, выращенной на питательной среде с добавлением 10 мкМ Cu^{2+} (на 2,2% к контролю). Наименьший показатель зафиксирован в каллусе, выращенном на питательной среде с концентрацией меди 0,1 мМ (уменьшение на 37% к контролю).

В результате проделанной работы выявлено, что высокие концентрации ионов меди значительно тормозили рост и каллусогенез у редиса. Низкие концентрации Cu^{2+} оказали стимулирующее действие на растения *in vivo* и каллусные культуры *in vitro*. В связи с усилением генерации супероксидного анион-радикала и интенсивности ПОЛ в листьях и в каллусных культурах редиса при действии ионов Cu^{2+} можно предположить возникновение окислительного стресса в клетках. Более сильный окислительный стресс происходил в растениях редиса *in vivo* по сравнению с каллусами *in vitro*.

Исследование выполнено при поддержке Федерального агентства по образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 236 с.
2. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Ешкина С.В. Кистенева Т.Е., Духовскис П.В. Генерация активированных форм кислорода в клетках листьев растений при стрессовом действии тяжелых металлов и охлаждения // Сигнальные системы клеток растений: Роль в адаптации и иммунитете: Тез. докл. Второго Междунар. симп., Казань, 27-30 июня 2006 г. – Казань, 2006. – С.74–75.
3. Лукаткин А.С., Кузовкова И.А., Кулясова С.А., Сарайкина Г.М. Влияние охлаждения и тяжелых металлов на активность антиоксидантных ферментов в листьях теплолюбивых растений // Тез. докл. Международной конф. «Проблемы физиологии растений Севера».– Петрозаводск, 2004.– С.118.
4. Гладков Е. А. Биотехнологические методы получения растений, устойчивых к тяжелым металлам. 1. Сравнительная оценка токсичности тяжелых металлов для каллусных клеток и целых растений // Биотехнология. –2006. –№3. – С. 79–82.
5. Гладков Е. А. Клеточная селекция газонных трав, толерантных к комплексному воздействию токсикантов // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология: IX Международная конференция—тезисы (г. Москва, 13-15 ноября 2008 г). М.: ИД ФБК-ПРЕСС, 2008. – С. 123-130.
6. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2002. – 208 с.

ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Жидкин В.И., Семушев А.М.

Саранский кооперативный институт РУК, г. Саранск

Питание – важнейший фактор, определяющий здоровье человека. Пищевые продукты представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из сотен химических соединений, которые можно условно разделить на три группы: соединения, имеющие алиментарное значение – нутриенты (белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества); вещества, участвующие в формировании вкуса, аромата, цвета, предшественники и продукты распада основных нутриентов, другие биологически активные вещества. К этой группе относят также природные соединения, обладающие антиалиментарными свойствами (например, антивитамины, препятствующие обмену нутриентов) и токсическими свойствами (фазин в фасоли, соланин в картофеле); чужеродные, потенциально опасные соединения антропогенного или природного происхождения. Согласно принятой терминологии, их называют контаминантами, ксенобиотиками, чужеродными химическими веществами (ЧХВ) [1].

В последние годы актуальной стала проблема загрязнения продовольственного сырья и пищевых продуктов чужеродными веществами химического и биологического происхождения. Наибольшую опасность с точки зрения распространенности и токсичности имеют несколько групп контаминантов:

1. Токсины микроорганизмов, относящиеся к числу наиболее опасных природных загрязнителей и наиболее распространенных в растительном сырье. Так, в арахисе накапливается до 26 %, в кукурузе - до 2,8% , в ячмене – до 6% афлотоксинов. В продуктах переработки фруктов – в соках, пюре и джемах – обнаруживается токсичный патулин.

2. Токсические элементы, в основном тяжелые металлы – свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк, олово, железо, выбрасываемые в окружающую среду угольной, металлургической и химической промышленностью. ФАО и ВОЗ по пищевому кодексу контролируют при международной торговле продуктами питания содержание 8 химических элементов: ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, стронций, цинк, железо.

3. Антибиотики, которые обнаруживаются в 15–26% продукции животноводства и птицеводства вследствие использования в ветеринарной практике, например, левомицетина – одного из наиболее опасных антибиотиков. Они оказывают токсическое действие на организм человека. Положение усугубляется существованием R–плазмидной передачи лекарственной устойчивости как в организме человека, так и животных. Антибиотики могут оказывать аллергическое действие (особенно сильно – пенициллин, тилозин).

4. Сульфаниламиды – более доступные и дешевые, применяемые при лечении скота и птицы. Они способны накапливаться в организме животных, загрязнять молоко, яйца, мясо, мед и приготовленные из них продукты. Наиболее часто обнаруживаются сульфаметазин, сульфахиноксазолин, сульфадиметоксин. В нашей стране их содержание в пищевых продуктах не регламентируется.

5. Нитрофураны, эффективные в борьбе с инфекциями, устойчивыми к предыдущим группам лекарственных препаратов. К их числу относятся витаминин, бацихилин, кормогризин, фразизин. Они не должны содержаться в пище человека.

6. Гормональные препараты, которые используются в ветеринарии, животноводстве для стимуляции роста животных, улучшения усвояемости кормов, многоплодия, регламентации сроков беременности, ускорения полового созревания. Ряд из них обладает выраженной анаболической активностью, применяется для откорма скота и птицы: полипептидные и белковые гормоны (инсулин, соматотропин и др.); производные аминокислот – тиреоидные гормоны; стероидные гормоны, их производные и аналоги.

Многие синтетические гормоны способны вызывать дисбаланс в обмене веществ и физиологических функций организма человека.

7. Регуляторы роста растений, подразделяемые на стимуляторы и ингибиторы роста. Кроме естественных регуляторов роста эндогенной природы – фитогормонов, выявлены и синтетические. Как выяснилось позднее ростовой активностью обладают многие вещества химической и биологической природы, большинство из которых загрязняет окружающую среду (2,4 Д, ТУР и др.). В 80–е годы XX века под руководством профессора О.А. Зауралова с участием одного из авторов этих строк изучалась ростовая активность многих веществ, в том числе отходов пенициллинового и стрептомицинового производств на заводе медпрепаратов (ныне ОАО «Биохимик»). Позднее предпочтение для исследований и внедренческих опытов было отдано синтетическим аналогам фитогормонов – ауксинам и гиббереллинам, не загрязняющим сельскохозяйственные растения.

8. Пестициды – вещества химического и биологического происхождения, применяемые для уничтожения сорняков, вредных насекомых, грызунов, возбудителей болезней растений, в качестве дефолиантов и десикантов (около 600 препаратов). Нарушение гигиенических норм хранения, транспортировки и применения пестицидов, низкая культура работы с ними приводит к их накоплению в кормах, продовольственном сырье и пищевых продуктах. Наблюдается возрастание содержания пестицидов в продуктах растительного и животного происхождения, включая рыбу. Особенно это касается картофеля, лука репчатого, капусты, томатов, огурцов, моркови, яблок, винограда, пшеницы, ячменя, рыбы, молока (до 5 раз). Применяются запрещенные гептахлор, алдрин, тиодан и другие.

9. Нитраты, нитриты, нитрозоамины, которые образуют контаминанты, амины и амиды. Наибольшие концентрации NO_3^- встречаются в зелени, овощах, особенно в корнеплодах, бахчевых культурах. Особенно высоким

содержанием нитратов отличается парниковая зелень, что связано с интенсивным удобрением почвы и недостаточным освещением. 1 мг NaNO_2 переводит в метгемоглобин около 2000 мг гемоглобина. Нитриты натрия и калия используются в качестве консервантов в колбасах, сырах и брынзах (до 300 мг/л молока). Нитрозоамины встречаются практически во всех мясных, молочных и рыбных продуктах, при этом в 36% мясных и 51% рыбных продуктов их содержание превышает гигиенические нормативы.

10. Диоксины и диоксиноподобные соединения – хлорорганические особенно опасные контаминанты, выбрасываемые в окружающую среду металлургической, целлюлозно-бумажной и нефтехимической промышленностью, особенно заводами, производящими хлорную продукцию в том числе трихлорфенол (ТХФ), полихлорбифенилы (ПХБ) и наиболее опасный для человека яд – тетрахлордibenзол-*p*-диоксин (ТХДД). Диоксины накапливаются в почве, водоемах, мигрируют по пищевым цепям. В организм человека попадают вместе с мясными, молочными продуктами и с рыбой. В коровьем молоке содержание диоксинов в 40–200 раз больше, чем в тканях животного.

11. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), образующиеся в результате некоторых природных и технических процессов. Наиболее активные из них – это бенз(а)пирен (БП), дибенз(а, h)антрацен, дибенз(а, i)пирен, выбрасываемые промышленными предприятиями и транспортом. В подгоревшей корке хлеба может содержаться до 0,5 мкг/кг бенз(а)пирена, в бисквите – до 0,75, а в продуктах домашнего копчения – до 50 мкг/кг. Жир молока экстрагирует до 95% БП из парафинобумажных пакетов или стаканчиков.

12. Радионуклиды, попадающие при небрежном обращении с природными и искусственными источниками радиации в пищу и в организм человека. Основное поступление происходит с овощными продуктами, а в продуктах животноводства радионуклидов содержится на 2 – 4 порядка меньше.

13. Пищевые добавки – подсластители, ароматизаторы, красители, антиоксиданты, стабилизаторы и т.д.

Нарушая обмен веществ, ЧХВ оказывают общее токсическое действие на организм человека или отрицательно влияют на отдельные процессы жизнедеятельности. Они способны вызвать гонадотропный, эмбриотропный, тератогенный, мутагенный и канцерогенный эффекты, снижать иммунозащитные силы организма. Все это приводит к ускорению процессов старения организма, снижению продолжительности жизни, нарушению функций воспроизводства [2]. В целях обеспечения безопасности населения в РФ 2000 году принят закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов: Учебник. - 3-е изд. испр. и доп. / Гриф МО РФ. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 556 с.

2. Степень Р.А., Паршикова В.Н. Экология: Экологические проблемы товароведения: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 240 с.

3. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов». – М.: Ось-89, 2000. – 32 с. (Актуальный закон).

УДК 581.9

ВИДЫ РАСТЕНИЙ КРАСНЫХ КНИГ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПЬЯНА

А.А. Ивашина, Т.Б. Силаева

ГОУВПО «Мордовский Государственный Университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Пьяна – река в европейской части России, практически полностью протекающая по территории Нижегородской области и 28 км по территории Мордовии, левый приток Суры. Протяжённость 436 км, площадь бассейна 8060 км². Пьяна начинается с маленького родничка – ручейка на окраине с. Сарбаево, у развилки дорог на Большое Игнатово и Ардатов. Река пересекает Сеченовский, Большеигнатовский, Большеболдинский, Краснооктябрьский, Гагинский, Вадский, Сергачский, Пильнинский районы, а образуя большую дугу Перевозский и Бутурлинский районы Пьяна пересекает по два раза. Река богата притоками: Чека, Ежать, Сердезь, Келя, Вадок, Анда, Кетарша, Пица, Пары, Раужа. На территории бассейна реки Пьяна преобладают серые и темно-серые лесные суглинистые почвы. Большие площади занимают оподзоленные и выщелоченные черноземы, а на юге-востоке – типичные черноземы. На берегу Пьяны находится заказник «Ичалковский бор», известный своими карстовыми пещерами, Борнуковские пещеры, издавна привлекающие внимание спелеологов [1, 2].

О происхождении названия реки существуют разные версии. По одной из них она названа из-за своего причудливого характера, извилистости. По другой, она была названа из-за того, что 2 августа 1377 г., за три года до Куликовской битвы, русские войска в битве у этой реки потерпели сокрушительное поражение от татарского войска царевича Арапши; русское войско, не ожидая нападения татар, пьянствовало. И по третьей версии название реки имеет угорское происхождение, и оно также отражало её характер.

В селе Ичалки Перевозского района в послевоенное время построена Ичалковская микроГЭС, годовая выработка станции, включённой в энергосистему, – 600 тыс. кВт·ч. В бассейне Пьяны имеется крупное месторождение титан-циркониевых руд («чёрные пески»).

По характеру растительность территория бассейна Пьяны принадлежит к лесостепи. Растительный покров и флора бассейна реки Пьяна характеризуются высоким разнообразием. Из сосудистых растений в Красную книгу Нижегородской области внесено 93 вида из 68 родов 29 семейств [3], 63 вида входят в Красную книгу Республики Мордовии [4].

Под угрозой исчезновения на территории бассейна находятся 16 видов. Это пузырник судетский (*Cystopteris sudetica* A. Br. et Milde), многорядник Брауна (*Polystrichum braunii* (Spenn.) Fee), костенец зеленый (*Asplenium viride* Huds.), рябчик русский (*Fritillaria ruthenica* Wicstr.), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.) и др. Эти виды без принятия необходимых мер могут исчезнуть. Уже сейчас из этой группы не удастся повторить находок на территории бассейна перловника трансильванского (*Melica transsilvanica* Schur) и шпажника черепитчатого (*Gladiolus imbricatus* L.).

Быстро сокращается численность популяций следующих 7 видов: диплазия сибирского (*Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata), лилии кудреватой (*Lilium martagon* L.), неотиианты клубочковой (*Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter), спиреи городчатой (*Spiraea crenata* L.), ономы простейшей (*Onosma simplicissima* L.), василька русского (*Centaurea ruthenica* Lam.), наголоватки паутиной (*Jurinea arachnoidea* Bunge).

36 видов с низкой численностью: наяда морская (*Najas minor* All.), овсец Шелля (*Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitagawa), о. пустынный (*H. desertorum* (Less.) Nevski), ковыль красивейший (*Stipa pulcherrima* C. Koch), осока приземистая (*Carex supina* Wahlenb.), касатик безлистный (*Iris aphylla* L.), дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) Crantz), ветреница лесная (*Anemone sylvestris* L.) и др.

По 18 видам нет достаточных данных, чтоб конкретизировать их статус. Это рдест волосовидный (*Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht.), ковыль узколистный (*Stipa tirsia* Stev.), жабрица однолетняя (*Seseli annuum* L.), крестовник Швецова (*Senecio schvetzovii* Korsh.) и др.

3 видам угрожает истребление в связи с их коммерческой эксплуатацией, это чабрец Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.), ч. обыкновенный (*Th. serpyllum* L.), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench).

Виды или группы видов, для которых занесению и особой охране подлежат ключевые местообитания всего 13. Например, баранец обыкновенный (*Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart.), ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), вероника австрийская (*Veronica austriaca* L.) и др.

Бассейн реки Пьяна захватывает часть Большеигнатовского района Республики Мордовии. На этой территории также зарегистрированы виды из Красной книги Республики Мордовии. Это любка зеленоцветковая (*Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichend.), адонис весенний (*Adonis vernalis* L.), шалфей луговой (*Salvia pratensis* L.) [4].

Объектами государственной охраны могут считаться 8 видов, внесенных в Красную книгу Российской Федерации. Это ковыль опушеннолистный (*Stipa dasphylla* (Lindem.) Trautv.), к. перистый (*S. penata* L.), к. красивейший (*S. pulcherrima* C. Koch), к. Залесского (*S. zalesskii* Wilensky), касатик безлистный (*Iris aphylla* L.), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.), башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), ятрышник обожженный (*Orchis ustulata* L.) [5].

Необходимо постоянное изучение состояния объектов растительного мира, их охрана и по возможности восстановление популяций растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бакка А.И. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. – Н. Новгород, 1997. – 67 с.
2. Горбатовский В. В. Красные книги субъектов Российской Федерации: Справочное издание. – М. : НИА–Природа, 2003. – 496 с.
3. Красная книга Нижегородской области. Т. 2.: Сосудистые растения, водоросли, лишайники, грибы. – Нижний Новгород. 2005. – 328 с.
4. Красная книга Республики Мордовия. Т. 1.: Редкие виды растений, лишайников и грибов / Сост. Т.Б. Силаева. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – 288 с.
5. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др.; Сост. Р. В. Камелин и др. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

УДК 581.1:633.16:546.48

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ЯЧМЕНЯ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Н.М. Казнина, А.Ф. Титов, Г.Ф. Лайдинен, Ю.В. Батова

Учреждение российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск

На примере ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) изучали влияние кадмия на фотосинтетический аппарат и его активность в зависимости от возраста листьев. С этой целью растения ячменя сорта Зазерский 85 выращивали в течение 20 сут на песчаном субстрате при температуре воздуха 20–22°С, освещенности 10 клк и фотопериоде 14 ч. В момент наступления фазы начало 3-го листа растения переносили в сосуды объемом 2 л на питательный раствор Кнопа половинной концентрации (контроль). В опытном варианте к питательному раствору добавляли кадмий (100 мкМ) в форме сульфата. Спустя 4 сут анализировали влияние металла на ряд показателей фотосинтетической активности (содержание пигментов, параметры флуоресценции хлорофилла и интенсивность фотосинтеза) в листьях разного возраста, считая при этом 1-й лист зрелым, 2-й – молодым, закончившим рост, а 3-й – растущим.

Площадь листовой пластинки рассчитывали по формуле $S=2/3ld$, где l – длина листа, d – ширина листа. Суммарное содержание хлорофиллов (Chl $a+b$) и каротиноидов (Car) определяли спектрофотометрически, экстрагируя 80%-ным ацетоном. Расчет доли хлорофиллов, находящихся в

светособирающем комплексе (Chl ССК), от их общего количества производили с учетом того, что весь хлорофилл *b* находится в ССК, а отношение хлорофиллов *a/b* в ССК равно 1,2 [1]. Измерение параметров флуоресценции хлорофилла проводили с использованием флуориметра MINI-РАМ (Walz, Германия). Потенциальную квантовую эффективность фотосистемы II (F_v/F_m), скорость электронного транспорта (ETR), а также коэффициенты фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения флуоресценции хлорофилла определяли в листьях, адаптированных к темноте в течение 15 мин. Интенсивность фотосинтеза оценивали с помощью установки для исследования CO_2 -газообмена НСМ-1000 (Walz, Германия). Повторность в пределах одного варианта опыта составляла 10 растений. Весь опыт повторяли дважды. Содержание кадмия в листьях определяли в 3–5 аналитических повторностях методом вольтамперометрии с использованием полярографа АВС-1.1 (Вольта, Россия). В таблицах представлены средние значения и их стандартные ошибки. Достоверность различий оценивали с помощью критерия Стьюдента.

Исследования показали, что влияние кадмия на изученные параметры фотосинтетической активности листьев ячменя зависит от их возраста. В частности, в присутствии металла суммарное количество хлорофиллов в большей степени уменьшалось в растущем листе, в несколько меньшей степени – в зрелом, тогда как в молодом листе количество пигментов не изменялось (табл. 1).

Таблица 1

Влияние кадмия (100 мкМ) на некоторые показатели фотосинтетической активности листьев ячменя

Вариант опыта	Лист	Показатели фотосинтетического аппарата			
		Chl <i>a+b</i> , мг/г сырой массы	Chl ССК, мг/г сырой массы	Car, мг/г сырой массы	интенсивность фотосинтеза, мкМ/м ² ·с
Контроль	1	1,022±0,002	49,8±0,1	0,326±0,001	9,42±1,65
	2	1,614±0,003	60,2±0,4	0,332±0,001	13,25±0,53
	3	1,343±0,002	52,1±0,5	0,329±0,001	11,30±0,49
Опыт	1	0,966±0,006*	53,5±0,3*	0,325±0,002	6,50±0,44*
	2	1,622±0,004	61,2±0,4	0,341±0,001*	14,67±0,22*
	3	1,247±0,002*	51,9±0,2	0,341±0,002*	12,31±0,73

* Различия по отношению к контролю достоверны при $P \leq 0,05$

При этом в 1-м и 3-м листьях увеличивалось содержание хлорофиллов в ССК, что, возможно, является компенсаторной реакцией на снижение их общего содержания в листе [2]. Количество каротиноидов у растений опытного варианта повышалось во 2-м и 3-м листьях, в зрелом же листе их содержание оставалось на уровне контроля. Ингибирующее действие кадмия на интенсивность фотосинтеза отмечено только в зрелом листе. В растущем листе этот показатель соответствовал контрольному варианту, а в

молодом листе фотосинтез даже несколько усиливался. Изучение ряда параметров флуоресценции хлорофилла выявило, что в присутствии кадмия во всех трех листьях F_v/F_m и qN не изменялись (табл. 2). ETR достоверно снижалась в 1-м и 3-м листьях. Вместе с тем коэффициент qP , который отражает количество открытых реакционных центров, несколько повышался в растущем (3-м) листе. Это может свидетельствовать о повышении активности работы ФС II [3].

Таблица 2

Влияние кадмия (100 мкМ) на некоторые показатели флуоресценции хлорофилла в листьях ячменя

Вариант опыта	Лист	Показатели флуоресценции хлорофилла			
		F_v/F_m	ETR	qP	qN
Контроль	1	0,707±0,005	43,07±1,98	0,686±0,016	0,603±0,027
	2	0,714±0,018	58,55±3,50	0,785±0,029	0,517±0,024
	3	0,744±0,006	71,60±2,09	0,896±0,008	0,482±0,025
Опыт	1	0,713±0,016	37,10±1,85*	0,721±0,081	0,606±0,085
	2	0,731±0,005	55,05±0,86	0,715±0,016	0,528±0,002
	3	0,739±0,005	66,26±2,18*	0,906±0,020*	0,468±0,015

* Различия по отношению к контролю достоверны при $P \leq 0,05$

Поскольку степень ингибирования тяжелыми металлами физиологических процессов зависит от количества токсичных ионов в органах растений [4], нами был проведен анализ содержания кадмия в листьях ячменя. Его результаты показали, что после 4 сут экспозиции на растворе металла наибольшее количество кадмия присутствует в 3-м листе, несколько меньше – в 1-м, и наименьшее – во 2-м листе (рис.).

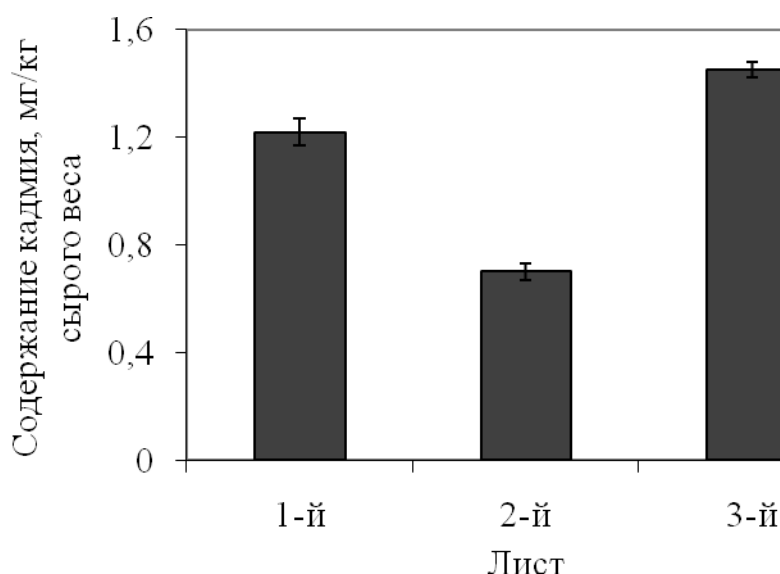


Рисунок. Содержание кадмия в листьях ячменя

В целом проведенное исследование выявило неодинаковую реакцию клеток листьев ячменя разного возраста на действие кадмия, за исключением некоторых показателей флуоресценции хлорофилла, в частности F_v/F_m

и qN , которые оставались неизменными во всех трех листьях. В 1-м (зрелом) листе в присутствии металла происходило уменьшение количества хлорофиллов, замедление скорости электронного транспорта и значительное снижение интенсивности фотосинтеза. Эти изменения могут быть обусловлены как высоким содержанием кадмия в этом листе, так и ускорением его старения. Во 2-м (молодом) листе, который на этой фазе развития злаков является основным поставщиком ассимилятов [5], количество кадмия оказалось наименьшим. Возможно, этим, в определенной степени, и объясняется отсутствие выраженного негативного действия металла в отношении всех изученных показателей. При этом некоторые из них, в частности, содержание каротиноидов и интенсивность фотосинтеза, даже несколько возрастали, что можно отнести к адаптивными изменениям. В 3-м (растущем) листе содержание кадмия было наибольшим, вероятно, вследствие его сильной аттрагирующей способности. Вместе с тем уменьшение содержания хлорофиллов и замедление скорости электронного транспорта, зафиксированное в клетках 3-го листа, не вызывали уменьшения интенсивности фотосинтеза. Подобный эффект отчасти можно объяснить повышением количества хлорофиллов в ССК и каротиноидов, а также увеличением коэффициента фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods in enzymology*. – 1987. – V. 148. – P. 350-382.
2. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of plant pigment systems // *Photosynthetica*. – 1993. – V. 29. – P. 195-203.
3. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide // *J. Exp. Bot.* – 2000. – V. 51. – P. 659-668.
4. Herren T., Feller U. Effect of locally increased zinc contents on zinc transport from the flag leaf lamina to the maturing grain of wheat // *J. Plant. Nutr.* – 1996. – V. 19. – P. 379-387.
5. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. – М.: Колос, 1992. – 594 с.

УДК 597.2/.5(282.247.414.51)

ПИТАНИЕ И ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РЫБ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СУРЫ (С. ПЕРВОМАЙСКОЕ)

Киселева З. А., Кузнецов В. А.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Питание – одна из важнейших функций организма. За счёт энергетических веществ, поступающих в виде пищи в организм, осуществляются

его основные функции: развитие, рост, размножение. За счёт питания обеспечиваются и все другие энергетические процессы, протекающие в организме рыбы. Так, через потребление пищи осуществляется одна из важнейших связей организма с окружающей средой [1].

Знания о питании водных животных важны для понимания функционирования пищевых сетей и путей трансформации вещества и энергии, изучения пищевых ниш и закономерностей сосуществования видов, для определения роли пищевых ресурсов и регуляции численности и распространения видов, для понимания особенностей добывания пищи и т.д. [2].

В отношении ихтиофауны рек Мордовии, в том числе реки Суры, сведения о питании рыб практически отсутствуют.

Исследования проводились в период с 2008 по 2009 гг. Полевой материал собирался в весенне-осенние месяцы в реке Сура. Станцией отлова являлся стационарный контрольный участок – река Сура в окрестностях с. Первомайское Пензенской области.

В результате проведенных контрольных отловов было поймано 750 особей рыб 5 видов.

Было обработано 400 кишечников, из них взято пищи из 348 кишечника следующих видов: окунь, плотва, пескарь, елец, ерш.

При обработке полевого материала по питанию рыб определяли качественный и количественный состав пищи. Вся обработка проводилась в соответствии с методами, изложенными в методическом пособии [3].

Путем анализа содержимого кишечников рыб было отмечено 40 пищевых компонентных кормовых объектов.

Из отдельных компонентов кормовой базы наиболее общими для всех видов рыб являлись хирономиды (75%). Из хирономид наиболее чаще встречались *Chironomus* (53%), *Endochironomus* (25%) и реже *Polipedium* (16,7%), *Cricotopus* (15,2%), , *Criptochironomus* (8,5%). Из других компонентов чаще встречались наземные двукрылые (50%), личинки поденок (41,7%). Привлекает внимание фоновое потребление диатомовых водорослей.

Наиболее разнообразной пища была у окуня (17), плотва (15), пескарь (13 компонентных групп). Наиболее однородной пища была у ельца (10) и ерша (4 компонентных групп).

Из отдельных пищевых объектов наиболее обычными были хирономиды, наземные воздушные и диатомовые водоросли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никольский Г. В. Экология рыб. – М.: Высшая школа, 1974. – 272 с.
2. Дзюба Е. В. Исследование пищевых стратегий пелагических рыб Байкала: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Борок, 2004 г. – 26 с.
3. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. – М.: Наука, 1974. – С. 23-157.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГОРМОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ У РАСТЕНИЙ

Т.С. Колмыкова, Л.В. Сорокина

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

Большая часть растительности на нашей планете подвергается действию неблагоприятных экологических факторов, которые не только резко снижают урожайность растений, но и приводят к их гибели. Каждый повреждающий фактор вызывает в организме растения ряд анатомо-морфологических и физиологических изменений. В ответ на действие стресс факторов растения адаптируются к ним, в результате чего повреждающее действие стрессоров снижается. Наиболее успешно адаптируются к отрицательным факторам среды дикорастущие растения. Культурные же растения большей частью являются интродуцентами, поэтому способность к адаптации у них выражена слабее. Установлено положительное влияние на усиление адаптационных механизмов растений некоторых гормональных веществ [1, 2]. Но эти данные не систематизированы, и в большинстве случаев не объясняют причину усиления адаптивных возможностей растений. Поэтому для создания более эффективных способов и методов использования фитогормонов, а также их синтетических аналогов необходимо изучение не только морфологических и физиологических изменений растений в результате действия стресс факторов, но и изучение их гормонального статуса.

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилось изучение влияния разных температурных режимов на ростовые реакции у растений и содержание ростстимулирующих фитогормонов в них.

Материалы и методы. Объектом исследования служили проростки томата (*Lycopersicon esculentum* Mill.) сорта Грунтово-Грибовский. Предварительно отобранные семена томата высаживали в сосуды методом почвенных культур по 20 семян в каждый. Сосуды оставляли на свету в оптимальных температурных условиях. При появлении у растений третьего настоящего листа опыт продолжали при разных температурных условиях: оптимальная температура – 22–24°C (контроль), кратковременное охлаждение в течение 6–8 часов – 2–3°C, повышенная температура 32–33°C. Через 3 дня после изменения условий опыта у 10 растений каждой группы определяли высоту растений, площадь листовой поверхности, сырую, сухую массу, содержание сухого вещества. В растениях второй группы методами биотестов количественно определяли содержание свободных форм ауксинов (по приросту отрезков колеоптилей пшеницы), свободных форм гиббереллинов (по приросту отрезков колеоптилей кукурузы), свободных форм цитокининов (по изменению содержания свободных форм хлорофилла в семядолях огурца) [3]. Опыты повторяли 3 раза. Получен-

ные результаты обрабатывали статистически с определением стандартной ошибки и критерия достоверности. В таблицах приведены средние значения из всех опытов.

Результаты и обсуждение. *Изучение ростовых реакций у растений, выращенных в различных температурных условиях.* Максимальное значение высоты надземной части растений томата отмечали при оптимальной температуре (табл. 1). При кратковременном охлаждении (2-3°) высота была всего на 2 % ниже контрольных проростков. При повышении же температуры до 32–33°С этот показатель был уже ниже контрольного на 13,5 %. У исследуемых растений та же закономерность наблюдалась в изменении площади листовой поверхности: самые высокие значения этого параметра отмечали также при оптимальной температуре, самые низкие – при высокой. Однако динамика изменений была выражена ярче. При кратковременном охлаждении значения площади листовой поверхности снижались на 35,3 %, а в условиях повышенной температуры – на 47,6 % (при 100 % контрольном значении).

Таблица 1

Влияние температуры на ростовые параметры растений томата (сорт Грунтово-Грибовский).

Температура, °С	Высота надземной части, см	Площадь листовой поверхности, см ²	Сырая масса растения, г	Сухая масса растения, г	Содержание сухого вещества, %
22–24°С	89,0±0,73	17,0±0,20	0,195±0,0003	0,014±0,0002	3,1±0,06
2–3°С	87,0±0,43	11,3±0,18	0,034±0,0045	0,003±0,0004	1,5±0,03
32–33°С	77,0±0,51	8,9±0,34	0,059±0,0073	0,007±0,0004	0,5±0,09

Лучшие показатели сырой массы надземной части растения были также при оптимальной температуре. При изменении температурных режимов отмечали уменьшение значений этого показателя: при повышении температуры сырая масса уменьшалась в 3 раза по сравнению с контролем, а при временном охлаждении – в 6 раз. Однако анализ данных по определению сухой массы растений показал, что у растений, выращенных при температуре 32–33°С в тканях уменьшается содержание свободной воды до 88 % при контрольном значении 93 %. Несмотря на уменьшение обводненности тканей у исследуемых проростков, концентрация сухого вещества в клеточном растворе уменьшается в 2 раза по сравнению с контрольным вариантом. По-видимому, это можно объяснить тем, что при повышении температуры, в результате усиления дыхательных процессов большая часть запасных веществ переходит в активные метаболические формы. При действии кратковременных заморозков содержание свободной воды снижается по сравнению с контролем на 1,8 %, и в 6 раз уменьшается концентрация сухого вещества, что коррелирует с изменением сырой массы 1 растения.

Влияние температуры на гормональный статус растения. Для того, чтобы выяснить возможные причины изменения габитуса исследуемых растений, мы определяли содержание активных (свободных) форм фитогормонов в проростках, выращенных в условиях различного диапазона температур. Определение содержания ростстимулирующих фитогормонов в проростках томатов показало (табл. 2), что при их кратковременном охлаждении концентрация свободных форм ауксинов в листьях была минимальной (10^{-7} %) – в 5 раз ниже контрольного варианта. В экспозициях с повышенной температурой содержание ауксина было в 2,5 раза ниже, чем в контроле.

При определении содержания свободных форм цитокининов в спиртовой вытяжке из растений томата показало несколько иную картину. По мере изменения температурного режима от низких температур к высоким увеличивалось содержание фитогормонов: сначала медленно, а затем резко. При повышении температуры выращивания растений концентрация свободных цитокининов в вытяжке была на порядок выше, чем в контрольном варианте. При определении активных форм гиббереллинов в проростках томата обнаружили ту же закономерность, что и в выше описанном случае. Несмотря на увеличение активных форм ауксинов и гиббереллинов в условиях повышенной температуры, наблюдалось заметное снижение ростовых параметров.

Таблица 2

Содержание активных форм фитогормонов в растениях томата (сорт Грунтово-Грибовский), выращенных в условиях разного температурного режима.

Температура, °С	Содержание свободных форм ауксинов, % на кг сухой массы	Содержание свободных форм цитокининов, % на кг сухой массы	Содержание свободных форм гиббереллинов, % на кг сухой массы
22–24°С	$5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$9,5 \cdot 10^{-8}$
32–33°С	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$
2–3°С	10^{-7}	$5 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$

Таким образом, температурный режим оказывает существенное влияние на габитус растения томата и его гормональный статус. Кратковременное охлаждение достоверно снижает значения площади листовой поверхности, сырой и сухой массы, концентрацию внутриклеточного раствора. Временное понижение температуры уменьшало содержание активных форм ауксинов и цитокининов и гиббереллинов. Однако в 2–3 раза по сравнению с контрольными вариантами возрастало соотношение ауксин/цитокинин. Напротив, ауксин/гиббереллин немного снижалось. По-видимому, этим и объясняется незначительное снижение высоты стебля растения – на 2 % по сравнению с контролем.

Повышение температуры до 32–33°С снижало содержание ауксинов и повышало концентрацию свободных форм цитокининов и гиббереллинов

почти на порядок. В этом случае соотношение ауксины/цитокины снижалось примерно в 20 раз. Это приводило не только к снятию апикального доминирования у молодых растений, но и к уменьшению накопления питательных веществ, о чем свидетельствует уменьшение площади листовой поверхности, значению сырой и сухой массы.

Выводы. Повышение температуры и ее кратковременное понижение оказывают прямое влияние на баланс ростстимулирующих фитогормонов растений томата. Можно предположить, что именно изменение соотношения гормонов в растении, а не их количество оказывает влияние на морфологические изменения у растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муромцев Д.Г. Применение фузикококцина в качестве антистрессового фактора при прорастании семян // Докл. ВАСХНИЛ. – 1988. – № 5. – С. 16-17.
2. Зауралов О.А., Лукаткин А.С. Влияние экзогенных аналогов фитогормонов на холодоустойчивость теплолюбивых растений // Агрехимия. – 1996. – № 1. – С. 109-119.
3. Полевой В.В. Фитогормоны. – Л.: ЛГУ, 1982. – 289 с.

УДК 58.1

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛАФЕНА НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦЫ

Д.В.Королькова, П.А.Буцанец, Л.В.Назаренко

Московский Городской Педагогический Университет, г. Москва

Одной из задач науки является создание новых высоко эффективных регуляторов роста растений, которые могли бы успешно применяться как для решения фундаментальных проблем, так и для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. К их числу относится экологически безопасный препарат Мелафен. Он действует в исключительно низких концентрациях, хорошо растворим в воде, стабилен, прост в применении и имеет низкую себестоимость.

Целью данной работы было изучение влияния Мелафена на ростовые показатели, сырую биомассу и содержание пигментов в пшенице.

Исследования проводились на проростках трех сортов пшеницы (Амир, Московская, Инна), которые выращивали на воде (контроль) и на растворах Мелафена в концентрациях 10^{-8} ; 10^{-10} ; 10^{-12} и 10^{-14} г/л. Подсчитывали количество проросших семян, измеряли длину гипокотыля и корней проростков, а также количество корней, определяли их сырой вес, содержание хлорофиллов и каротиноидов.

Мелафен в концентрации 10^{-14} г/л не оказывал влияния на всхожесть семян, остальные использованные концентрации препарата несколько снижали этот показатель по сравнению с контролем.

Эффект от обработки семян Мелафеном проявлялся на 5-ый день роста проростков всех изученных сортов пшеницы, т.е. наблюдался кумулятивный эффект действия этого препарата. Мелафен оказывал воздействие на рост длины гипокотилия и корешков: отмечена стимуляция роста длины гипокотилия в среднем на 25 – 30%, а корешков на 20 – 25% по сравнению с контролем. Однако препарат не влиял на накопление сырой биомассы.

Мелафен приводил к повышению содержания хлорофиллов и каротиноидов у проростков во флаговом листе. Под действием Мелафена 10^{-8} г/л содержание хлорофилла *a* и *b* оставалось на уровне контроля. Остальные использованные концентрации препарата приводили к увеличению содержания хлорофилла *a* (в среднем на 15 – 20%) и содержания хлорофилла *b* (на 25 – 30 %) по сравнению с контролем. Мелафен повышал содержание каротиноидов в 2 раза.

Таким образом, Мелафен не оказывает воздействия на прорастание семян пшеницы, но повышает ростовые показатели и биосинтетическую активность во флаговых листьях проростков, что проявляется в более высоком накоплении в них фотосинтетических пигментов. Следует также отметить, что эффект от действия Мелафена на проростки пшеницы проявляется со временем.

УДК 599.323:599.42(470.345)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ МЕЛКИХ НАСЕКОМОЯДНЫХ И МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ИНСАРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Т.М. Коротина, В.А. Кузнецов

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Глобальная трансформация лесного покрова, происходящая в результате интенсивного промышленного освоения лесов, сопровождается значительными изменениями видовой структуры и разнообразия экосистем, в том числе их неотъемлемой составной части – населения позвоночных животных. Однако на территории России в последние десятилетия 20 в. наметился обратный процесс – из эксплуатации выпадают значительные площади сельскохозяйственных земель, что приводит к увеличению лесистости за счет сукцессионных процессов. В связи с этим важное значение приобретают исследования направленные на изучение современного состояния биотопического размещения, численности и биологии семейств мышевидных грызунов и насекомоядных [1,2].

Целью данной работы явилось исследование современного состояния фауны мышевидных грызунов и мелких насекомоядных Инсарского района.

Исследование проводилось в весенне-осенний период 2009 г.

Для учета насекомоядных и грызунов использовались стандартные методы: отлов с помощью ловчих траншей и заборчиков, а также с помощью ловушек типа Геро. Измерение морфометрических показателей отловленных зверьков (длина тела, хвоста, длина задней конечности, масса тела) проводилось по стандартной методике. Измерения краниометрических характеристик производилось с помощью микрометра под бинокуляром МБС -1 с точностью 0,1 мм. Краниометрическая характеристика грызунов дается по 21 признаку, а насекомоядных по 24 признакам [3,4].

За время работы нами было исследовано 6 участков: 1. окрестности г. Инсара; 2. окрестности с. Васина Поляна; 3. окрестности с. Арбузовка; 4. окрестности с. Верхне-Лухма; 5. окрестности с. Кочетовка; 6. окрестности с. Морд-Паевка.

За весенне-осенний период было отработано 1900 ловушко-суток и 40 цилиндро-суток. За время работы в исследуемых биотопах отловлено 243 экземпляра мышевидных грызунов и 54 экземпляра землероек. Было выявлено 5 видов мышевидных грызунов, относящихся к двум семействам. Основу родентофауны Инсарского района составляют представители семейств *Muridae* (мышь малая лесная *Apodemus uralensis* P, желтогорлая мышь – *Sylvaemus flavicollis* Melchior, мышь полевая *Apodemus agrarius*), *Cricetidae* (полевка рыжая *Clethrionomys glareolus* Shreber, полевка обыкновенная, серая – *Microtus arvalis* Pallas), и 3 вида отряда насекомоядных: сем. Землеройковые (бурозубка обыкновенная *Sorex araneus*, бурозубка средняя *S. caecutiens* Laxm), сем. Кротовые – крот обыкновенный *Talpa europaea*.

На долю рыжей полевки в исследуемых биотопах приходится 53,4%, полевки обыкновенной – 10,9%, малой лесной мыши – 18,4%, желтогорлой мыши – 9,3%, мыши полевой – 8%. Однако, в разное время и в различных сообществах количественное соотношение видов меняется.

В окрестностях г. Инсара, в липняке доминантом является рыжая полевка – 18 особей (60%) встречается полевка обыкновенная и мышь лесная. На разнотравном лугу доминирует мышь полевая – 6 особей (75%), встречаются рыжая и обыкновенная полевка.

Биотопы окрестностей с. Васина Поляна малочисленны по числу отловленных особей. В осиннике разнотравном доминантом является рыжая полевка – 6 особей (46,1%), на луге разнотравном доминантом является мышь полевая – 4 особи (50%) содоминантом полевка обыкновенная – 3 или (37,5%).

По видовому обилию зверьков биотопы окрестностей с. Морд. Паевка наиболее богаты (86 особей). Рыжая полевка доминирует в липняке (отловлено 11 особей или 64,7%), мышь малая лесная – в осиннике соответственно 9 особей или 45% субдоминантом выступает рыжая полевка 40%, мышь желтогорлая доминирует в березняке (6 особей или 35,3%), мышь полевая – на пойменном лугу (7 особей или 77,8%).

В окрестностях с. Верхне-Лухма доминантом во всех лесных биото-

пах является рыжая полевка, относительная численность которой в дубняке соответственно 73,9%, в осиннике 69,2% содоминантами выступают мышь малая лесная и мышь желтогорлая. В суходольном лугу доминантом является мышь полевая 50% содоминантом полевка обыкновенная 37,5%.

Смешанный лес окрестностей села Арбузовки по представленности исследованных групп самый малочисленный. Доминантом является рыжая полевка – 10 экземпляров или 62,5% , также встречается желтогорлая и малая лесная мышь.

В биотопах окрестностей с. Кочетовки доминантом является рыжая полевка, где было отловлено 30 особей, субдоминантом – мышь малая лесная (12 особей).

Отлов насекомоядных показал, что на долю обыкновенной бурозубки в Инсарском районе приходится 64,5%, средней бурозубки – 32,3% и крота обыкновенного – 3,2%.

Исследование биотопического распределения насекомоядных в Инсарском районе показало, что доминантом во всех исследованных биотопах является бурозубка обыкновенная, только в осиннике разнотравном (окр. с. Васина Поляна) и смешанном лесу (окр.с. Кочетовка) доминантом выступает бурозубка средняя. Крот обыкновенный был пойман в цилиндры на пойменном лугу в окр. с. Морд.Паевка, в единичном экземпляре. Наиболее многочисленны и разнообразны по видовому составу мышевидных грызунов и насекомоядных пойменные луга и наиболее бедные осинники.

Сравнительный анализ краниометрических данных популяции рыжей полевки Инсарского района с популяцией Симкинского лесничества, показывает сходство по многим параметрам, но исследованные экземпляры отличаются большей кондилобазальной длиной черепа, длиной верхней челюсти и длиной нижней челюсти. Сравнение краниометрических данных с другими регионами показывает, что популяция рыжей полевки Инсарского района близка к популяции Татарии и Воронежской области и достоверно отлична от Башкирской популяции. В сравнение с национальным парком Смольным, краниометрические показатели популяции бурозубки обыкновенной Инсарского района несколько выше [5,6].

По морфометрическим показателям популяция рыжей полевки из Инсарского района, несколько крупнее, чем в Симкинском лесничестве. Малая лесная мышь отловленная на территории Инсарского района несколько меньше, чем особи данного вида в Симкинском лесничестве. Бурозубка обыкновенная отличается незначительно от популяции бурозубки обыкновенной Н.П.«Смольный» и популяции вида МГЗ им. П.Г. Смиловича, что указывает на отсутствие географической изменчивости вида на территории Республики Мордовия. Сравнение морфометрических показателей полученных нами у популяции бурозубки средней в Инсарском районе, показало, что они аналогичны с показателями номинального вида, описанного в литературе [7,8].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курхинен Ю.П., Данилов П.И., Ивантер Э.В. Млекопитающие Восточной Фенноскандии в условиях антропогенной трансформации таежных экосистем. – М.: Наука, 2006. – 208 с.
2. Андронников В.А., Фармашов А.Г. Фауна, эпидемиологическое и экономическое значение грызунов на полях Чувашской АССР // Матер. I науч. конф. по проблеме фауны, экологии, биоценологии и охраны животных Присурья. – Саранск, 1971. – С. 58.
3. Тупикова Н. В., Заклинская В.П., Евсеева В.С. Учет численности и массовый отлов мелких млекопитающих при помощи заборчиков // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 231-231.
4. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. – М: Сов. наука, 1949. – 602 с.
5. Андреева Т.М., Окулова Н.М. К изучению изменчивости размеров черепа рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* L.) в связи с ее ролью в носительстве вируса Пуумала – возбудителя ГЛПС // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее: материалы междунар. совещ. / Под ред. акад. Д.С. Павлова. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. – С. 168-170.
6. Бабушкина И.В., Иванушкина Н.В., Курмаева Д.К., Альба Л.Д. Динамика видового состава и численности мышевидных грызунов Симкинского природного парка устойчивого развития // XXXVII Огаревские чтения: матер. научн. конф.: в 3 ч. Ч. 2: Естественные науки. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – С. 18.
7. Курмаева Д.К., Альба Л.Д. Морфометрические характеристики лесных мышевидных грызунов левобережного Присурья // Вест. Мордов. ун-та. Сер. биол. – 2007. – Вып. 4. – С. 49-52.
8. Бобринский Н.А., Кузнецов Б.А., Кузякин А.П. Определитель млекопитающих СССР. – М.: Просвещение, 1965. – 382 с.

УДК 595.78 (470.345)

ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ Г. САРАНСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Курмаева Д.К., Саменкова Д.Ю.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

Биота городской среды является показателем ее экологического благополучия. Насекомые – наиболее многочисленная группа животных и одна из важных составляющих любых экосистем, в том числе и городских. Чешуекрылые (Lepidoptera) являются одним из самых ярких и заметных

отрядов, и поэтому их удобно использовать в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды. К сожалению, лепидоптерофауна города Саранск практически не изучена. Целью нашей работы является определение видового состава *Macrolepidoptera* города и прилегающих территорий.

Исследования проводились в 2006–2009 гг. Основными методами являлись: отлов насекомых энтомологическим сачком и учет на линейных маршрутах наиболее заметных и хорошо определяемых бабочек. Виды, ведущие ночной образ жизни, привлекались световыми ловушками. Насекомые отлавливались непосредственно на городских улицах, в парках, в лесных и луговых сообществах разных типов в окрестностях г. Саранска. Кроме собственных сборов использовался коллекционный материал Семишина Г.Б.

Результаты наших исследований представлены в таблице.

Таблица

Семейства фауны чешуекрылых г. Саранска и его окрестностей

Семейство	Кол-во видов	Семейство	Кол-во видов
<i>Hesperiidae</i>	2	<i>Lasiocampidae</i>	6
<i>Pappilionidae</i>	1	<i>Notodontidae</i>	3
<i>Pieridae</i>	9	<i>Sphingidae</i>	3
<i>Lycaenidae</i>	12	<i>Zygaenidae</i>	3
<i>Nymphalidae</i>	15	<i>Hepialidae</i>	2
<i>Satyridae</i>	5	<i>Lymantriidae</i>	2
<i>Geometridae</i>	37	<i>Drepanidae</i>	2
<i>Arctiidae</i>	6	<i>Cossidae</i>	1

Таким образом, в ходе работы нами было зарегистрировано 109 видов чешуекрылых, принадлежащих к 16 семействам [1].

Наиболее богаты по видовому составу следующие семейства: *Geometridae*, *Nymphalidae*, *Lycaenidae*. От всего видового многообразия на них приходится 33%, 13% и 10% соответственно. По количеству же встреченных особей выделяются семейства *Pieridae* (роды *Pieris*, *Leptidea*, *Gonopteryx*) и *Nymphalidae* (*Nymphalis*, *Vanessa* и *Polygonia* и др.).

Среди чешуекрылых, обитающих на исследуемой территории, было отмечено 3 вида, занесенных в Красную книгу РМ (*Papilio machaon*, *Limenitis populi*, *Nymphalis antiopa*) и 6 видов, отмеченных в дополнительном перечне (*Euchloe ausonia*, *Melanargia russia*, *Cupido minimus*, *Cupido argiades*, *Lasiocampa quercus*, *Macrothylacia rubi*) [2, 3].

Представленный в таблице список далеко не полный (особенно это касается разноусых). Фауна чешуекрылых г. Саранска требует последующего изучения и дополнения. Нами будет продолжена работа по дальнейшему изучению состава фауны бабочек, их экологии и численности, а также выявлению местообитаний редких и охраняемых видов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ручин А.Б., Полумордвинов О.А., Логинова Н.Г., Курмаева Д.К. Предварительный список видов булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Hesperioidea и Papilionoidea) Республики Мордовия // Вестник Мордовского ун-та. Серия биолог. – 2007. – № 4. – С. 56-67.

2. Красная книга Республики Мордовия. Т. 2: Животные. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2005. – 336 с.

3. Лапшин А.С., Ручин А.Б., Спиридонов С.Н., Кузнецов В.А., Альба Л.Д., Гришуткин Г.Ф., Курмаева Д.К., Артаев О.Н. К формированию аннотированного перечня таксонов животных, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде (Приложение № 4) // Редкие животные Республики Мордовия: Материалы ведения Красной книги Республики Мордовия за 2008 г. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С. 39-64.

4. Львовский А.Л., Моргун Д.В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. – М.: КМК, 2007. – 443 с.

УДК 581.1.035: 581.2.02

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ НА ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В РАСТЕНИЯХ ОГУРЦА

И. Д. Латюк, А. С. Лукаткин

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Важнейшим условием нормального роста и развития растений является их оптимальная обеспеченность микроэлементами. Ряд микроэлементов принадлежит к группе «тяжелых металлов» (ТМ). К ним относят химические элементы с атомной массой свыше 50, обладающие свойствами металлов или металлоидов. Считается, что среди химических элементов ТМ являются наиболее токсичными. Среди них особую роль играет медь (Cu) – металл переменной валентности, участвующий в ферментативных реакциях в качестве активатора или в составе медьсодержащих ферментов [1]. Никель (Ni) тоже необходим растениям, активируя ферменты и входя в их состав [1]. Но при повышенных концентрациях ТМ (в том числе Cu и Ni) могут оказывать токсическое действие на растения [2]. В частности, токсичность меди и никеля для растений проявляется в подавлении процессов фотосинтеза и транспирации, появлении признаков хлороза листьев, изменении морфологии растений [2]. В связи с возрастающим загрязнением окружающей среды ТМ изучение их действия на разные организмы, в том числе на растения, привлекает все большее внимание [3]. При этом особое внимание привлекает изучение различных проявлений окислительного стресса в тканях растений при действии ТМ.

Цель работы заключалась в изучении и сравнении влияния ионов меди

и никеля на перекисное окисление липидов (ПОЛ) в листьях огурца. В качестве объекта исследования был взят огурец (*Cucumis sativus* L.) сорта Единство. Для работы использовали соли $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 10 мкМ, 0,1 мМ, 1 мМ. Семена проращивали на растворе соответствующей соли до возраста растений 7 сут, после чего в семядольных листьях определяли интенсивность ПОЛ по методике, приведенной в [4].

При изучении интенсивности ПОЛ в растениях огурца установлено (рис.), что этот показатель возрастал относительно контроля почти при всех дозах ионов Cu^{2+} в среде, за исключением самой малой (физиологической) концентрации 10 мкМ. При этом с увеличением дозы Cu^{2+} в среде интенсивность ПОЛ повышалась, достигая максимума при концентрации 1 мМ. Поскольку усиление ПОЛ является показателем значительного повреждения ненасыщенных мембранных липидов и, следовательно, клеточных мембран [4], то подобные эффекты высоких концентраций ионов меди свидетельствуют о неблагоприятном их влиянии на растения огурца.

При изучении влияния ионов никеля на растения огурца показано, что этот показатель возрастал относительно контроля при всех дозах Ni^{2+} (см. рис.). При этом отсутствует четко выраженная концентрационная зависимость возрастания ПОЛ в проростках огурца от дозы Ni^{2+} . Максимум интенсивности ПОЛ наблюдался при концентрации 1 мМ, минимум – при 0,1 мМ.

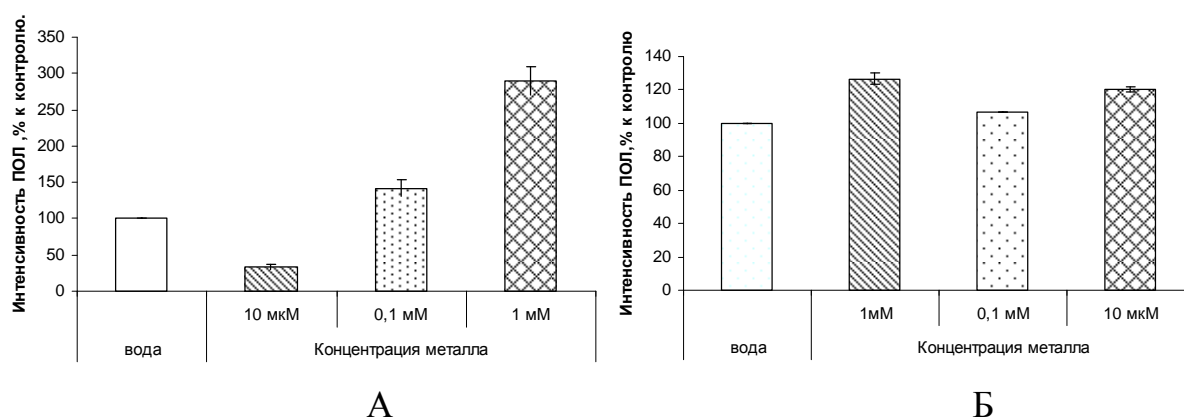


Рисунок. Интенсивность ПОЛ в семядольных листьях 7-дневных проростков огурца при действии различных концентраций ТМ: А – меди; Б – никеля.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что ионы меди и никеля неблагоприятно влияют на растения огурца. В нашем опыте видно почти линейное усиление ПОЛ и, соответственно, повреждения мембран в семядольных листьях огурца при повышении концентрации ионов Cu^{2+} в среде, что соответствует данным литературы о токсическом действии ионов меди на растения [5]. Для ионов Ni^{2+} такая закономерность не установлена.

Исследование выполнено при поддержке Федерального агентства по

образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Медведев С.С. Физиология растений. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.
2. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: Высш. школа, 2006. – 742 с.
3. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва–растение. – М.: ЦИНАО, 1998. – 255 с.
4. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – 208 с.
5. Dikova R., Doncheva S., Nedeva D., Nicolova A. The effect of copper on growth, soluble proteins and peroxidase activity of maize plants: The role of succinate in tolerance to copper // Bulg. J. Plant Physiol. – 2003. – V. 14, № 5. – P. 387-388.

УДК 581.557.24+622.271.45

МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ

Н.В. Лукина, Л.В. Шилова

ГОУ ВПО «Уральский государственный университет им. А.М. Горького», г. Екатеринбург

Известно, что корневое питание растений осуществляется при участии грибов-симбионтов, поселяющихся в корнях растений и на их поверхности и образующих микоризы. Микориза является одним из компонентов экосистем, усиливающих их интегрированность, способствующих интенсификации в них оборота биогенных веществ, компенсирующих дефицитность биогенных элементов в экосистеме путем включения их в биотический круговорот [1].

При изменении условий окружающей среды происходит смещение равновесия в природных комплексах, нарушение консортивных связей, в частности микориз. В связи с этим большой интерес представляет изучение симбиотических связей в растительных сообществах, формирующихся на техногенных субстратах.

Целью наших исследований было изучение эндомикоризы травянистых видов на нарушенных промышленностью землях, установление зависимости показателей микотрофности от свойств субстрата и от возраста растительных сообществ. Исследования проводились в растительных сообществах, формирующихся на промышленных отвалах, расположенных на Среднем Урале в таежной зоне в подзоне южной тайги.

Объекты исследования: Галкинские отвалы мраморизированного из-

вестняка (обследованы 2 разновозрастных отвала), отвал пустых пород Баженовского месторождения асбеста (обследованы два участка: «северный» и «западный»), отвал Сухореченского доломитового месторождения (обследованы 2 разновозрастных участка: 12–17 лет и 32–37 лет). Исследованные отвалы сложены в основном горными породами и представляют собой каменистые и глыбистые нагромождения. Подобные грунты чрезвычайно медленно поддаются выветриванию, на них не задерживается влага осадков. Объекты характеризуются различным составом субстратов, общим для которых является недостаток доступных для растений элементов минерального питания. Фитоценозы на таких субстратах формируются медленно, малопродуктивны, имеют обедненный видовой состав, упрощенную структуру, находятся в прямой зависимости от свойств субстрата [6]. Характеристика агрохимического анализа грунтов и фитоценозов, формирующихся на исследуемых объектах, приведена в литературных данных [2, 3].

Обследование отвалов проводилось детально-маршрутным методом с описанием растительности по общепринятой методике. Для изучения микотрофности в растительных сообществах, формирующихся на промышленных отвалах, отбирались корни травянистых растений в пяти – десятикратной повторности. Отобранные образцы обрабатывались в лаборатории Уральского госуниверситета по общепринятой методике [4].

Были изучены такие параметры, как: доля участия микотрофных видов в растительных сообществах; степень микотрофности (Д, отражает обилие гриба в корнях растений); интенсивность микоризной инфекции (С, отражает как распределение огрибленных участков корня, так и обилие гриба в нем) и микосимбиотрофический коэффициент фитоценоза (М, или относительная интенсивность микоризной инфекции в растительном сообществе).

Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Исследования показали, что растительные сообщества, формирующиеся на обследованных промышленных отвалах, сложены в основном микотрофными видами. На отвалах Галкинского месторождения мраморизированного известняка, Сухореченского доломитового месторождения и Баженовского месторождения асбеста доля микотрофных видов варьирует от 75,0 до 100 %, большая часть исследованных микотрофных видов (по классификации Селиванова, Шавкуновой [5]) являются слабомикотрофными. Преобладание слабомикотрофных видов характерно для большинства растительных сообществ, формирующихся на техногенных объектах Среднего Урала [7], это свидетельствует об экстремальности экологических, в том числе эдафических условий [4]. Немикотрофными оказались виды, относящиеся к семействам Brassicaceae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae. В процессе исследования было выявлено, что на карбонатных и щелочных субстратах наблюдается интенсификация процессов микоризообразования. При сравнении показателей микотрофности растительных сообществ, формирующихся на разновозрастных участках отвала Сухореченского доломитового месторождения и на Галкинских отвалах мраморизированного известняка, было установлено, что с увеличением возраста происходит

рост показателей микотрофности травянистых видов.

Таблица

Характеристика показателей эндомикосимбиотрофизма травянистых видов в растительных сообществах, формирующихся на промышленных отвалах

Показатели	Отвал Баженковского месторождения асбеста		Сухореченский Доломитовый отвал		Галкинские отвалы мраморизированного известняка	
	«северный»	«западный»				
Возраст участка, лет	35–40		12–17	32–37	20–22	35–40
Субстрат	Серпентины (после извлечения асбеста)		Смесь обломков доломитов с элювиальными глинами		Смесь обломков известняка, глин, суглинков	
рН субстрата	8,4	7,1	7,4	7,4	7,3–7,7	
Число исследованных видов, шт.	20	18	26	25	19	46
Доля микотрофных видов, %	75,0	83,3	92,3	100	94,7	91,3
Средняя степень микотрофности растений (D), балл	0,9	0,5	1,2	1,3	1,0	1,4
Коэффициент интенсивности микоризной инфекции (Q), %	26,0	12,9	25,4	27,2	21,5	31,2
Микосимбиотический коэффициент фитоценоза (M), %	19,5	10,8	23,4	27,2	20,4	28,5
Микосимбиотический ряд дифференциации						
Число немикотрофных видов, шт.	5	3	2	0	1	4
Число слабомикотрофных видов, шт.	13	14	19	18	16	27
Число среднемикотрофных видов, шт.	2	1	5	7	2	14
Число высокомикотрофных видов, шт.	0	0	0	0	0	1

Таким образом, в растительных сообществах, формирующихся на нарушенных промышленностью землях, показатели микотрофности (степень и интенсивность микоризной инфекции) в значительной степени зависят от свойств субстрата и возраста растительных сообществ. На техногенных объектах при недостатке доступных растениям элементов минерального питания (особенно азота и фосфора), неблагоприятном водном и воздушном режиме, наличие микоризы является важным фактором адаптации растений к измененным условиям среды. Микоризообразующие грибы, связывая в единый комплекс субстрат и растения, способствуют повышению устойчивости и степени сформированности биогеоценозов, формирующихся на нарушенных промышленностью землях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каратыгин И.В. Коэволюция грибов и растений. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 115 с.
2. Лукина Н.В. К вопросу изучения микотрофности травянистых видов на нарушенных промышленностью землях // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Киров, 27–29 ноября 2007 г.). – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. – Ч. 2. – С. 172-176.
3. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.
4. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. – М.: Наука, 1981. – 230 с.
5. Селиванов И.А., Шавкунова И.Ф. Микотрофность растений во флоре и в растительном покрове горы Ирмель // Микориза растений. Пермь.: Изд-во Пермского гос. пед. ин-та., 1971. – С. 72-93.
6. Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. – 220 с.
7. Чибрик Т.С., Нагибина Т.И., Рябкова Т.Е. О микотрофности растений на отвалах угольных разработок Урала // Растения и промышленная среда. – Свердловск, 1980. – С. 33–79.

УДК 597.2/.5:591.3

ЭМБРИОНАЛЬНО-ЛИЧИНОЧНОЕ РАЗВИТИЕ РЫБ В УСЛОВИЯХ АСТАТИЧНОСТИ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С.В. Лукиянов, В.А. Кузнецов

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск.

В природных условиях чрезвычайно редко встречаются условия стабильности хотя бы отдельных параметров среды. Еще сложнее предположить статичность совокупности главных (императивных) факторов. Как и многие другие группы животных, рыбы в процессе их видового становления на протяжении длительного периода сталкивались с динамично меняющейся средой. По справедливому замечанию А.С. Константинова, становление этой группы животных в астатичной среде вряд ли прошло для них бесследно. Действительно, в многочисленных экспериментах на молоди рыб было показано, что при переменных режимах факторов (температуры, света, солености, рН, содержания кислорода и экзометаболитов и др.) рост и физиологическое состояние многих видов рыб значительно улучшались [1–4 и др.]. Гораздо менее изучена роль динамики факторов в раннем

онтогенезе рыб. Между тем, эмбрионально-личиночный период онтогенеза является самым уязвимым в жизненном цикле рыб. Именно в это время происходит формирование всех важнейших функциональных систем организма, а смертность может достигать наибольших величин. Распространение закономерностей влияния астатичности факторов, полученных для взрослых особей, на эмбрионы и предличинок неприемлемо, поскольку рыбы на ранних этапах развития имеют множество физиологических особенностей, связанных со становлением нервной, гуморальной систем, возникновением и развитием механизмов ионной регуляции и др.

Нами изучалось действие колебаний абиотических факторов (температура, рН, соленость) на эмбрионально-личиночное развитие 4-х видов рыб из разных экологических и таксономических групп: сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (Acipenseridae, Acipenseriformes), щука обыкновенная *Esox lucius* L. (Esocidae, Salmoniformes), карп *Cyprinus carpio* L. (Cyprinidae, Cypriniformes) и окунь речной *Perca fluviatilis* L. (Percidae, Perciformes).

Как показали наши исследования, результаты раннего онтогенеза рыб при периодических изменениях факторов среды отличались от таковых, полученных в константных условиях. Прежде всего, заметим, что протекание раннего онтогенеза во многом зависело от амплитуды колебаний факторов. Так, в общем случае, небольшие колебания температуры, солености и рН возле константного оптимального значения (астатичные оптимальные режимы) способствовали ускоренному развитию и росту на фоне более высокой выживаемости. При больших или меньших амплитудах колебаний стимулирующий эффект был выражен слабее или часто такой эффект пропадал вовсе. И, наконец, в случае, когда фактор имел еще более значительный размах колебаний, его воздействие сказывалось на развитии отрицательно.

Таким образом, зависимость реакции эмбрионов и личинок на различные амплитуды колебаний факторов в наиболее важных чертах была сходной для разных факторов и разных видов рыб: с возрастанием величины колебаний возникает эффект стимуляции, который при более высоких амплитудах сменяется угнетением. Основываясь на вышеизложенном, можно заключить, что реакция рыб в раннем онтогенезе на колебания факторов была неспецифичной, то есть не зависела ни от природы абиотического фактора, ни от испытываемого вида рыб.

Как нам представляется, поскольку зависимость ответа эмбрионов и личинок рыб на колебания факторов носит неспецифический характер, то, по всей видимости, за этим явлением стоит механизм общий для всех случаев. Анализ литературных данных показал, что этим механизмом может являться стресс-реакция.

Согласно классической формулировке Г. Селье [5], «стресс есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование» (с. 27). По современным представлениям, в организме рыб стрессоры вызывают неспецифические ответы, которые считаются адаптивными, позво-

ляющими рыбе справиться с воздействием и поддержать гомеостатическое состояние. Стресс-ответ в организме реализуется посредством ряда регуляторных систем, которые отчасти дублируют, усиливают друг друга на организменном и клеточном этапах развития стрессорной реакции. Причем при несильном и непродолжительном раздражении стресс-ответ протекает в форме эустресса (физиологического стресса), что сопровождается мобилизацией энергетики клеток и организма в целом, экспрессией определенных генов, синтезом белков (в том числе, ферментов) и формированием структурного следа адаптации [5–7]. При этом нахождение организма в состоянии физиологического стресса, требует от организма дополнительной работы (затраты на адаптацию), которая приводит к перестройке метаболизма и за счет гиперкомпенсации энергетических затрат смещает его в сторону анаболизма. Это, в свою очередь, ведет к повышению устойчивости организма к действию неблагоприятных факторов, ускорению роста и развития. Именно этими явлениями, на наш взгляд, и обусловлен положительный эффект периодических колебаний факторов небольшой амплитуды на эмбрионально-личиночное развитие рыб.

При действии на организмы сильных и/или продолжительных стрессоров стресс-реакция проявляется в форме патологического стресса (дистресс, стадия истощения по Г. Селье). Это происходит в результате истощения энергетических ресурсов и неспособности адаптивных систем адекватно реагировать на такие раздражители [5–7]. Таков, на наш взгляд, возможный механизм отрицательного воздействия периодических колебаний факторов среды большой амплитуды.

Однако, рассматривая развитие стресс-реакции в эмбрионально-личиночный период, развития, необходимо учитывать специфику этого этапа онтогенеза. Прежде всего, следует отметить, что в отличие от взрослых рыб процессы морфогенеза и становления функций многих органов у зародышей не завершены. Важной особенностью ранних этапов онтогенеза рыб является регуляция гомеостаза, главным образом на биохимическом уровне, еще без участия факторов контроля со стороны эндокринной и нервной систем. В период эмбрионального развития наблюдается постепенное подключение к процессам регуляции новых механизмов и изменение роли уже существующих. При этом с развитием более примитивные донервные пути регуляции дополняются сначала механизмами нервной регуляции, а к концу эмбрионально-личиночного периода завершается становление гипоталамо-гипофизарно-интерренальной оси [6–8]. Все это уже к моменту перехода на внешнее питание обеспечивает высокую эффективность регуляторных процессов и поддержание гомеостаза развивающегося организма. Именно несовершенство механизмов регуляции у эмбрионов и личинок, по нашему мнению, может являться причиной меньшей выраженности у них эффектов стимуляции по сравнению с молодью рыб.

Подводя общий итог, отметим, что при создании оптимальных условий для развития рыб необходимо обязательно устанавливать оптимальную динамику фактора, а не только стационарные оптимальные значения.

Данная рекомендация основана на том, что, по крайней мере, для раннего онтогенеза рыб оптимум заключается в обеспечении для развивающегося организма колебательных условий, а не в строгом поддержании константных оптимальных значений факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов В. А. Астатичность факторов среды как экологический оптимум для гидробионтов: Автореф. дисс.... докт. биол. наук. – Саратов, 2005. – 44 с.
2. Мартынова В. В. Влияние колебаний солености на рост, энергетику и рыбоводные качества молоди рыб: Автореф. дисс.... канд. биол. наук. – Москва, 2003. – 22 с.
3. Ручин А. Б. Влияние астатичности светового фактора на рост и энергетику молоди рыб: Автореф. дисс.... канд. биол. наук. – Озерный, 2000. – 22 с.
4. Константинов А. С. Статический и астатический оптимум абиотических факторов в жизни рыб // Тез. докл. I Конгресса ихтиологов России. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 221-222.
5. Селье Г. Стресс без дистресса. – М.: Прогресс, 1982. – 122 с.
6. Barton B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids // Integrative and comparative biology. – 2002. – V. 42. – P. 517-525.
7. Черняев Ж.А. Факторы и возможные механизмы, вызывающие изменения темпа эмбрионального развития костистых рыб (на примере сиговых *Coregonidae*) // Вопросы ихтиологии. – 2007. – Т. 47, № 4. – С. 475 – 485.
8. Нечаев И.В., Дихнич А.В., Костин В.В., Романенко В.О. Динамика кортизола и развитие глюкокортикоидной функции в раннем онтогенезе атлантического лосося *Salmo salar* // Вопросы ихтиологии. – 2006. – Т. 46, № 3. – С. 398 – 411.

УДК 502.172:502.211

О СОЗДАНИИ КРАСНЫХ КНИГ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ

Лукьянова А.Ю., Бабаков Е.М., Силаева Т.Б.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Начало всемирной «переписи» редких животных и растений было положено в 1948 году. В этом году был создан Международный союз охраны природы (МСОП). Сотрудники Международного союза охраны и природных ресурсов, обеспокоенные состоянием природы, стали собирать информацию о редких и исчезающих животных и растениях. Ученые составили списки исчезающих животных и растений и издали их в виде книги, назвав ее «Красная книга фактов». Название «Красная книга» предло-

жил Питер Скотт – английский исследователь, ученый-орнитолог. Первое издание Красной книги вышло в свет в 1963 году. С тех пор вышли пять томов, четыре из них – о животных, пятый – посвящен растениям [1].

В 1966 г. Международная Красная книга была издана в необычном виде. Обложка у нее была красная, а страницы – разноцветные. Сделано это было не для красоты, а для того, чтобы сразу было видно, в каком положении находится то или иное животное или растение: на красных страницах поместили тех, кто может исчезнуть в ближайшие годы, и кого без специальных мер охраны и восстановления не спасти. На такую страницу тогда попал, например, амурский тигр. На желтых страницах напечатали сведения о видах, численность которых пока еще велика, но неуклонно сокращается. На белых говорилось о видах редких на Земле [1]

Но оказалось, что создания Международной Красной книги недостаточно. И тогда в разных странах стали выпускать свои национальные Красные книги. Впервые Красная книга СССР вышла в свет в августе 1978 года, ее выпуск был приурочен к открытию XIV Генеральной ассамблеи Международного союза охраны природы (IUCN), проходившей в СССР, в Ашхабаде. Красная книга СССР была разделена на две части. Первая часть была посвящена животным, вторая – растениям [2].

Второе издание Красной книги СССР было осуществлено в 1984 году. Оно было гораздо более объемным. В первый том были включены редкие животные. Красная книга растений составила второй том [2].

Правовую основу формирования и ведения Красных книг Российской Федерации и ее субъектов составляют Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 года и Федеральный закон «О животном мире» от 5 мая 1995 года.

Ведение и издание Красной книги Российской Федерации – это также и выполнение обязательства России по принятой в 1992 году в Рио-де-Жанейро (Бразилия) Конвенции о биологическом разнообразии [3].

После становления России как независимого государства и реформы всей системы государственного управления в области охраны окружающей среды встал вопрос о подготовке издания Красной книги Российской Федерации на новой политической и административной основе. За научную основу Красной книги России была взята Красная книга РСФСР. Работа по созданию Красной книги России была возложена на вновь созданное Министерство экологии и природных ресурсов РФ. Красная книга Российской Федерации вышла в свет в 2001 году (том «Животные») и только в 2008 году – том «Растения и грибы» [4].

Красная книга Республики Мордовия была издана в 2003 году. В Красную книгу РМ включены 170 видов сосудистых растений (162 – покрытосеменных, 1 – голосеменных, 4 – папоротниковидных, 1 – хвощевидных, 2 – плауновидных), 12 – мохообразных, 2 – водорослей, 7 – лишайников и 9 грибов [5].

В некоторых регионах начаты подготовка и издание Красных книг административных районов. Так, изданы Красные книги для некоторых районов Алтайского края. Есть такой опыт в Волгоградской области. Такие

издания важны для районных служб по экологии и сохранению природной среды, всех землепользователей. Они, несомненно, выполняют образовательную и воспитательную функции, поэтому будут полезны учителям, студентам и школьникам, а также другим жителям районов.

Нами предпринята попытка создания Красной книги Рузаевского района Республики Мордовия (ботанический раздел). Рузаевский район расположен в центральной части РМ и относится к наиболее освоенным территориям, но несмотря на это здесь сохранились фрагменты естественных растительных сообществ [6]. На основе данных литературы и гербария нами составлен список редких и исчезающих видов растений Рузаевского района: **1 - исчезающие виды:** девясил германский (*Inula germanica* L.); миндаль низкий, или бобовник (*Amygdalus nana* L.); спирея Литвинова (*Spiraea litvinovii* Dobrocz.); овсец Шелля (*Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitag.); ковыль Залесского (*Stipa zalesskii* Wilensky); морковник обыкновенный (*Silaum silaus* (L.) Schinz et Thell.); **2 - уязвимые виды:** ковыль узколистный, или тырса (*Stipa tirsia* Stev.); осока приземистая (*Carex supina* Willd. ex Wahlenb.); лилия саранка (*Lilium martagon* L.); ирис безлистный (*Iris aphylla* L.); любка зеленоцветковая (*Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb.); гвоздика пышная (*Dianthus superbus* L.); живокость клиновидная (*Delphinium cuneatum* Stev. ex DC.); ветреница лесная (*Anemone sylvestris* L.); прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.); адонис весенний (*Adonis vernalis* L.); спирея городчатая (*Spiraea crenata* L.); лён жёлтый (*Linum flavum* L.); коровяк фиолетовый (*Verbascum phoeniceum* L.); вероника ложная (*Veronica spuria* L.); астра ромашковая (*Aster amellus* L.); полынь понтийская (*Artemisia pontica* L.); полынь широколистная (*Artemisia latifolia* Ledeb.); крестовник Швецова (*Senecio schvetzovii* Korsch.); **3 - редкие виды:** полынь армянская (*Artemisia armeniaca* Lam.); дудник болотный (*Angelica palustris* (Bess.) Hoffm.); клён равнинный (*Acer campestre* L.); чина болотная (*Lathyrus palustris* L.); **4 - неопределенные виды:** гвоздика полевая (*Dianthus campestris* Vieb.); крестовник эруколистный (*Senecio crucifolius* L.) [5, 7–10].

Красная книга Рузаевского района создана в электронном виде. Электронный вариант книги был создан средствами программы MS Front Page 2003. Это позволило сделать документ и легко доступным для публикации в Интернете, так и для работы вне его, в любом браузере.

Описания отдельных видов предваряются кратким описанием Рузаевского района, его географического положения, геологии, гидрографии, климата, почв, растительности и животного мира, размещения населенных пунктов, дорог, промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Приводится карта района. Далее для каждого редкого вида приводятся его русское и латинское названия, краткое описание растения, особенностей его экологии и биологии, факторы, угрожающие состоянию популяций, существующие и рекомендуемые меры охраны. Каждый вид иллюстрирован его фотографией.

Сознательно подробной карты распространения вида в районе мы не даем, так как авторов Красных книг часто упрекают в том, что Красные книги могут использовать для поиска редких видов браконьеры, коллек-

ционеры. Для каждого вида приводится карта распространения в Республике Мордовия, заимствованная из Красной книги или книг, отражающих материалы ее ведения. При этом на карте точки, показывающие местонахождения в Рузаевском районе, отмечены особым цветом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://www.biodat.ru/db/rbp/index.htm>
2. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6>
3. http://tvecoclub.narod.ru/Krasnaa_kniqa.htm
4. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
5. Красная книга Республики Мордовия. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов / Сост. Т. Б. Силаева. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2003. – Т. 1. – 288 с.
6. Рузаевка: история и современность. Люди и судьбы / Сост. Ф. К. Андрианов, Т. С. Баргова, М. Н. Бычков [и др.]. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 2004. – 414 с.
7. Редкие растения, лишайники и грибы: материалы для ведения Красной книги Республики Мордовия за 2008 г. / Т. Б. Силаева, И. В. Кирюхин, Е. В. Письмаркина [и др.]; под общ. ред. Т. Б. Силаевой. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 104 с.
8. Редкие растения, лишайники и грибы: материалы для ведения Красной книги Республики Мордовия за 2007 г. / Т. Б. Силаева, И. В. Кирюхин, Е. В. Письмаркина [и др.]; под общ. ред. Т. Б. Силаевой. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 88 с.
9. Силаева Т. Б. Новые и редкие виды флоры Мордовии / Т. Б. Силаева, Н.А. Бармин // Бюл. МОИП, Отд. Биология. – 1998. – Т. 103, вып. 6. – С. 57.
10. Маевский П. Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР. – 9-е изд. / Под общ. ред. Б. Е. Шишкина. – Л.: Колос, 1964. – 880 с.

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ СТРЕССПРОТЕКТОРА-ФИТОРЕГУЛЯТОРА ЭТИХОЛА НА УРОВЕНЬ ПОЛ У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

Т.Н. Николаева, Н.В. Загоскина, Р.Г. Гафуров*

Учреждение Российской академии наук Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва

** Учреждение Российской академии наук Институт физиологически активных веществ РАН, Московская область, г. Черноголовка.*

Высшие растения в процессе онтогенеза подвергаются разнообразным неблагоприятным воздействиям окружающей среды, в том числе влиянию низких повреждающих температур, что приводит к значительному

увеличению образования в клетках различных форм активного кислорода (АФК) [1]. Сверхпродукция АФК, получившая название окислительного стресса, вызывает каскад цепных реакций перекисного окисления липидов (ПОЛ), входящих в состав фосфолипидов мембран [2,3]. При этом происходит снижение количества ненасыщенных жирных кислот и, как следствие, повышается вязкость мембран, увеличивается их протонная проницаемость, а также происходит инактивация мембран-связанных ферментов [3-5]. Все это приводит к повреждению жизненно важных систем клетки и организма в целом. В нормально функционирующей клетке баланс между образованием АФК и их элиминацией поддерживается за счет многокомпонентной системы защиты, состоящей из высокомолекулярных (ферменты) и низкомолекулярных (глутатион, аскорбиновая кислота и др.) антиоксидантов [6].

Для поддержания жизнеспособности растений, особенно сельскохозяйственных культур, используют разнообразные фиторегуляторы, способствующие лучшей их адаптации к условиям окружающей среды [7]. Особенно важно это для пшеницы, подвергающейся действию низких температур в период вегетации.

К фиторегуляторам нового поколения относится препарат Этихол, обладающий ретардантной, ауксиновой и стресс-протекторной активностью [8]. Как было показано ранее, предпосевная обработка семян, а также опрыскивание молодых проростков некоторых сельскохозяйственных культур водными растворами Этихола повышало всхожесть семян, усиливало процессы ризогенеза и укоренения проростков, а также ускоряло адаптацию к холодному стрессу [8,9].

Целью данной работы являлось изучение действия Этихола на проростки пшеницы, подвергнутые действию гипотермии, на уровне определения ПОЛ, как одного из основных показателей состояния антиоксидантной системы растений.

Объектом исследования являлась пшеница ярового сорта Амир, семена которой замачивали в воде (контроль) или в растворах Этихола различной концентрации (от 1×10^{-3} до 1×10^{-5} М) и выдерживали в термостате при 24°C. Через 6 ч их промывали водой, помещали в рулоны и проращивали в камере фитоторона при 23°C и 16-часовом фотопериоде. Для инициации окислительного стресса проростки в возрасте 10 дней подвергали кратковременному действию низкой температуры (-7°C, 2 ч). Об интенсивности ПОЛ в листьях пшеницы судили по накоплению малонового диальдегида (МДА). Содержание МДА определяли по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой спектрофотометрическим методом при длине волны 532 нм [10]. Количество МДА выражали в мкмоль/г сырой массы.

В листьях пшеницы, выращенных в нормальных условиях (23°C) из семян, обработанных водой или растворами препарата Этихол, уровень ПОЛ был практически одинаков. После кратковременного воздействия на них низкой температуры содержание МДА в контрольном варианте незна-

чительно снижалось (примерно на 10%), тогда как во всех опытных вариантах – не менялось. Следовательно, при выращивании пшеницы в нормальных условиях, препарат Этихол не влиял на антиоксидантную систему, в то время как при воздействии неблагоприятного фактора (низкая температура) он выступал в качестве стресс-протектора, способствуя поддержанию гомеостаза растения. Аналогичный эффект отмечался и при предпосевной обработке семян огурца, когда их всхожесть и энергия прорастания не менялись при выращивании в условиях физиологически оптимальных температур, но увеличивались под воздействием низких температур [7]. Все это еще раз подтверждает стресс-протекторные свойства Этихола – фиторегулятора нового поколения.

Выполнение исследования было поддержано грантом программы ОХНМ-09 "Медицинская и биомолекулярная химия".

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трунова Т.И. Растение и низкомолекулярный стресс. 64-е Тимирязевское чтение. – М.: Наука, 2007. – 54 с.
2. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: Университет. Книжный дом, 2007. – 139 с.
3. Heath R.L. The biochemistry of ozone attack on the plasma membrane of plant cells // *Adv. Phytochem.* – 1987. – V. 21. – P. 29-54.
4. Mittler R. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance // *Trends Plant Sci.* – 2002. – V. 7. – P. 405-409.
5. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки // *Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений.* – М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 6. – 168 с.
6. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. – М.: Фирма "Слово", 2006. – 556 с.
7. Гамбург К.З., Кулаева О.Н., Муромцев Г.С. и др. Регуляторы роста растений. – М.: Наука, 1979. – С.174-212.
8. Тимейко Л.В., Дроздов С.Н., Будыкина Н.П., Гафуров Р.Г. Влияние этихола на терморезистентность и продуктивность огурца в весенних пленочных теплицах в Карелии // *Агрохимия.* – 2005. – №7. – С. 36-42.
9. Будыкина Н.П., Дроздов С.Н., Курец В.К., Тимейко Л.В., Гафуров Р.Г. Действие этихола и бензихола на растения томата при изменении температурных условий выращивания // *Агрохимия.* – 2005. – № 4. – С. 32-36.
10. Лукаткин А.С., Голованова В.С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // *Физиология растений.* – 1988. – Т. 54. – С. 773-780.

ОБЗОР ФЛОРЫ СЕЛА МОНАСТЫРСКОЕ (ОКТЯБРЬСКИЙ РАЙОН ГОРОДА САРАНСКА)

¹Письмаркина Е. В., ²Чурбанова Т. Н.

¹ Московский педагогический государственный университет, г. Москва

² Мордовский государственный педагогический институт, г. Саранск

Одним из приоритетных направлений современной флористики и фитогеографии является исследование флор городов. Изучению растительного покрова сельских населенных пунктов уделяется значительно меньше внимания. Во флористических работах села играют роль географических объектов, к которым привязаны маршруты исследований. В связи с этим нам представляется интересным выявить особенности флоры отдельного села, типичного для европейской России, среднего по размеру и уровню социально-экономического развития.

В Мордовии в последнее время сельские поселения стали привлекать внимание исследователей-флористов, но пока в основном только в аспекте изучения редких растений или участков раритетной флоры. Существуют публикации по окрестностям отдельных сел [1, 4]. Специально изучается видовой состав растений села Стародевичье Ельниковского района [5], и это пока единственный случай целенаправленного изучения сельской флоры в республике, результаты которого опубликованы.

Полевые исследования флоры села Монастырское мы проводили в течение вегетационных сезонов 2007 и 2008 гг., понимая под термином «сельская флора» полную территориальную совокупность видовых популяций растений, проходящих хотя бы часть жизненного цикла без вмешательства человека. Другими словами, из большого числа культивируемых растений в список флоры села мы внесли только те, которые способны здесь к самостоятельному семенному и/или вегетативному возобновлению. Территория исследования соответствует территории местного сельхозпредприятия (село и прилегающие сельхозугодья с фрагментами природной флоры).

Монастырское – село в составе Октябрьского района города Саранска. Расположено на склонах к долине реки Инсар и ее левого притока – Карная. Около села проходит участок железной дороги «Саранск – Рузаевка».

Зональный тип растительности в окрестностях села – антропогенно нарушенные фрагменты северной разнотравной степи с доминированием *Bromopsis riparia* (Rehm.) Holub, *Echynops rithro* L., местами – *Stipa capillata* L. и участием кустарников родов *Rosa*, *Prunus spinosa* L. и *Amygdalus nana* L.. Эти фрагменты степной растительности, небольшие по площади, сохранились по крутым склонам берега реки Карная. Здесь выявлен ряд редких видов растений. Это включенные в Красную книгу России [3] *Stipa pennata* L., в Красную книгу Республики Мордовия [2] – *S. capillata* L., *S.*

tirsa Stev., *Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitag., *Carex supina* Wahlenb., *Allium flavescens* Bess., *Dianthus campestris* Bieb., *Silene sibirica* (L.) Pers., *Amygdalus nana* L., *Verbascum phoeniceum* L. *Artemisia armeniaca* Lam..

Интразональные типы сообществ в селе и окрестностях – это, прежде всего, пойменные луга с густой растительностью, доминированием злаков (*Alopecurus pratensis* L., *Agrostis stolonifera* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Poa pratensis* L.), бобовых (*Lathyrus pratensis* L., *Vicia cracca* L., *Trifolium hybridum* L., *T. pratense* L., *T. repens* L.) и богатым разнотравьем (*Stellaria graminea* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Centaurea jacea* L., *Leucanthemum vulgare* Lam. и др.). Такие луга протягиваются вдоль рек Инсар и Карнай. Материковые луга представлены небольшими участками по окраинам полей и обочинам дорог. Характеризуются бедным флористическим составом с преобладанием злаков (*Festuca pratensis* Huds., *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L., *Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Bromopsis inermis*), некоторых бобовых и сложноцветных.

Водные и прибрежно-водные растения сосредоточены в реках и в мелких ручьях. У кромки воды и на небольших глубинах обычны *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Alisma plantago-aquatica* L., *Butomus umbellatus* L., *Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L., *Scirpus sylvaticus* L..

Вдоль улиц, около жилья, на сельхозпредприятиях, вдоль автомобильных дорог и железной дороги, в заброшенных усадьбах, на месте снесенных домов, на всех других участках с постоянно нарушаемым почвенным покровом сформировались рудеральные группировки. Там обычны виды родов *Urtica*, *Atriplex*, *Chenopodium*, *Polygonum*, *Arctium*, *Sisymbrium loeselii* L., *S. officinale* (L.) Scop. *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Rumex confertus* Willd., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Berteroa incana* (L.) DC., *Thlaspi arvense* L., *Artemisia vulgaris* L., *A. absinthium* L., *Carduus acanthoides* L., *Picris hieracioides* L., *Sonchus arvensis* L., *Lactuca serriola* L., *L. tatarica* (L.) C.A. Mey., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Taraxacum officinale* Wigg.. Для полевых агроценозов характерны сорняки, например – *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Amaranthus retroflexus* L., *Consolida regalis* S. F. Gray, *Brassica campestris* L., *Bunias orientalis* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Neslia paniculata* (L.) Desv., *Convolvulus arvensis* L., *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Centaurea cyanus* L. и других.

Многочисленны в селе разнообразные древесные насаждения – лесополосы, плодовые сады, отдельные деревья. Основные породы, используемые в озеленении села: *Populus balsamifera* L., *Betula pendula* Roth, *Padus avium* Mill., *Sorbus aucuparia* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill., *Sambucus racemosa* L.

Во флоре села Монастырское зарегистрировано 352 вида сосудистых растений из 56 семейств и 228 родов. При этом к аборигенной фракции отнесено 266 видов (75,6 %), к адвентивной – 86 видов (24,4 % от общего числа видов).

Изученная флора практически полностью составлена растениями от-

дела *Magnoliophyta*, за исключением одного представителя отдела *Equisetophyta* – *Equisetum arvense* L.. Других видов высших споровых растений нами не выявлено. Отдел *Pinophyta* представлен исключительно культивируемыми видами – *Picea abies* (L.) Karst. и *Pinus sylvestris* L..

На долю десяти самых многочисленных по числу видов семейств приходится 241 вид, то есть 68,1 % от общего числа видов флоры. «Первая десятка» семейств сельской флоры составлена такими семействами как *Asteraceae* (52 вида; 21,6 % от общего числа видов), *Gramineae* (39; 25,8 %), *Fabaceae* (29; 19,2 %), *Rosaceae* (26; 10,8 %), *Brassicaceae* (20; 8,3 %); *Caryophyllaceae* (19; 7,9 %), *Labiatae* (18; 7,5 %), *Umbelliferae* (15; 6,2 %), *Polygonaceae* (13; 5,4 %) и *Scrophulariaceae* (10; 4,1 %).

Среди биоморф изученной флоры (система К. Раункиера) преобладают гемикриптофиты (188 видов; 53,1 % от общего числа видов). На втором месте оказались терофиты (80; 22,6 %), на третьем – геофиты (21; 5,9 %).

Эколого-фитоценотический анализ флоры показал преобладание луговых видов (109 видов; 30,8 % от общего числа видов). На втором месте находится группа сорных растений (78 видов; 22 % от всего состава). Наименьшая по числу видов – группа водных растений (6 видов 1,7 %). Вместе с болотными (11 видов; 3,1 %) и прибрежно-водными (10 видов; 2,8 %) составляют 27 видов или 7,6 % флоры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бармин Н. А., Силаева Т. Б. Флора холма-останца близ с. Сабур-Мачкасы Чамзинского района Республики Мордовия // Современные проблемы ботаники : материалы конф., посвящ. памяти В. В. Благовещенского (г. Ульяновск, 28 февраля – 1 марта 2007 г.). – Ульяновск : УлГПУ, 2007. – 332 с.
2. Красная книга Республики Мордовия: в 2 т. – Саранск : Мордов. кн. изд-во, 2003. – Т. 1. – 288 с.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
4. Силаева Т. Б., Кирюхин И. В., Ефремова Г. А., Ефремов И. В. О флоре окрестностей с. Пуркаево Дубенского района Мордовии // Актуальные вопросы ботаники и физиологии растений: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию проф. В. Н. Ржавитина (первые Ржавитинские чтения). – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – С. 215–217.
5. Силаева Т. Б., Кяшкина Е. В. Материалы к флоре Ельниковского района Республики Мордовия // Актуальные вопросы биологии и экологии растений: межвуз. сб. науч. ст. – Саранск: Морд. гос. пед. и-т, 2000. – С. 74–80.

АДВЕНТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ СЕЛЬСКОЙ ФЛОРЫ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛА МОНАСТЫРСКОЕ ОКТЯБРЬСКОГО РАЙО- НА ГОРОДА САРАНСКА)

¹Письмаркина Е. В., ²Чурбанова Т. Н.

¹ *Московский педагогический государственный университет, г. Москва*

² *Мордовский государственный педагогический институт, г. Саранск*

Вначале может показаться, что для сельской флоры, по причине небольшой территории, занимаемой ею, исследование адвентивного компонента не покажет каких-либо «весомых» результатов и будет иметь лишь познавательное значение. Во многом так оно и есть, ведь для сравнения обычно берут флоры более или менее обширных территорий (начиная с города и заканчивая островами и материками). Однако, на наш взгляд, сельская флора может быть удобным объектом для изучения таких отдельных характеристик заносных видов, как степень натурализации и способ иммиграции.

В составе флоры села Монастырское нами выявлено 86 адвентивных (попавших на новую территорию вследствие хозяйственной деятельности человека) видов сосудистых растений. Это составляет 24,4 % от общего числа видов, равного 352. Заносный характер видов устанавливали в соответствии с их «адвентивностью» по отношению к территории Республики Мордовия [1].

В таксономическом спектре адвентивной фракции флоры села (в данном случае он малоинформативен, но, тем не менее, в общих чертах показывает «облик» флоры) первая пятерка семейств: *Asteraceae* (16 видов; 18,6 % адвентивной флоры), *Brassicaceae* (11; 12,8 %), *Poaceae* (9; 10,5 %), *Chenopodiaceae* (6; 7,0 %) и *Solanaceae* (5; 5,8 %). На долю пяти самых многовидовых семейств приходится 47 видов, или 54,7 % всей адвентивной флоры. Семейства *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Labiatae* насчитывают по 4 вида каждое, *Umbelliferae* и *Cucurbitaceae* – по 3 вида, *Polygonaceae*, *Amaranthaceae*, *Ranunculaceae*, *Malvaceae*, *Boraginaceae* – по 2 вида. Каждое из семейств *Ulmaceae*, *Urticaceae*, *Caryophyllaceae*, *Papaveraceae*, *Geraniaceae*, *Aceraceae*, *Balsaminaceae*, *Oleaceae*, *Cuscutaceae*, *Polemoniaceae*, *Caprifoliaceae* представлено 1 видом.

По способу иммиграции среди адвентивных видов сельской флоры наиболее многочисленны эргазиофиты – виды, занесенные преднамеренно и интродуцированные, но более или менее одичавшие, и ксенофиты – виды, занесенные случайно, непреднамеренно. Их насчитывается по 42 вида соответственно (по 48,8 %).

Пути заноса ксенофитов многочисленны: с посадочным материалом культивируемых видов, с разнообразными грузами, доставляющимися на сельхозпредприятие и из него на поля (корм для животных, строительные материалы, навоз, сельскохозяйственная техника), с помощью животных

(на шерсти и копытах) и человека (на одежде или обуви), вдоль железной и автомобильных дорог и т.п.

Среди ксенофитов подавляющее большинство – эпекофиты. Это обыкновенные полевые сорняки и виды рудеральных группировок, например *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Urtica urens* L., *Atriplex calotheca* (Rafn) Fries, *A. patula* L., *A. sagittata* Borkh., *A. tatarica* L., *Chenopodium hybridum* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Consolida regalis* S. F. Gray, *Brassica campestris* L., *Bunias orientalis* L., *Descurainia sophia* (L.) Webb. ex Prantl, *Lepidium ruderales* L., *Neslia paniculata* (L.) Desv., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Geranium sibiricum* L., *Malva pusilla* Smith, *Cynoglossum officinale* L., *Galeopsis bifida* Boenn., *G. speciosa* Mill., *Stachis annua* (L.) L., *Solanum nigrum* L., *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb., *Erigeron canadensis* L., *Lactuca serriola* L., *L. tatarica* (L.) C.A. Mey., *Sonchus oleraceus* L.. Изредка встречаются по сорным местам *Brassica nigra* (L.) Koch. и *Hyoscyamus niger* L. Вдоль железной дороги обычны *Hordeum jubatum* L. и *A. sieversiana* Willd., изредка встречается *Cuscuta campestris* Yunck. В посевах зерновых культур становится все более редким *Centaurea cyanus* L.

Ксенофиты, закрепившиеся в природных сообществах, – *Polygonum aviculare* L. s. str. и *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz.

Виды с промежуточным типом заноса (ксено-эргазиофиты) – *Lolium perenne* L. и *Nepeta cataria* L..

Эргазиофиты вырастают из выброшенных семян на улицах (прежде всего из огородного мусора – ботвы, отцветших цветочно-декоративных культур), по сорным местам, на территории сельхозпредприятия, или же давно и прочно вошли во флору, успешно размножаясь самостоятельно. Интересные примеры «новых» эргазиофитов, мало зарегистрированных ранее в республике [1] – *Amaranthus cruentus* L. и *Gaillardia pulchella* Foug., которые часто выращиваются как декоративные. Гайлардия была зарегистрирована в 2006 г. (гербарий МГПИ) на сорном месте на восточной окраине села. Амарант наблюдался нами в 2008 г. в виде многочисленного скопления на кучах огородного мусора прямо на середине самой широкой, на момент исследования не заасфальтированной улице. В такой же ситуации амарант обнаружен в 2008 г. на откосе улицы села Каменка Чамзинского района (наблюдения автора).

Среди эргазиофитов лучше всех представлены ненатурализирующиеся виды, которые встречаются эпизодически, то исчезают, то вновь появляются – эфемерофиты. Примерами растений этой группы являются выращиваемые как зерновые культуры и вырастающие по обочинам дорог и на кучах мусора у зернохранилищ *Avena sativa* L., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. и *Fagopyrum esculentum* Moench, огородные культуры, которые иногда можно встретить в зоне усадебной застройки по сорным местам – *Beta vulgaris* L., *Raphanus sativus* L., *Anethum graveolens* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., *S. tuberosum* L. *Cucurbita pepo* L., *Helianthus annuus* L., а также цветочно-декоративные *Papaver somniferum* L., *Calendula officinalis* L. и

Cosmos bipinnatus Cav.

Активно расселяются по антропогенным местообитаниям (эпекофиты) такие беглецы из культуры, как *Ulmus pumila* L., *Armoracia rusticana* Gaertn., В. Mey. et Schreb., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Galega orientalis* Lam., *Medicago sativa* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Pastinaca sativa* L., *Aster* sp. (из группы американских астр), *Helianthus tuberosus* L., *Solidago canadensis* L.. Они нередки на всех участках с нарушенным почвенным покровом и вдоль железной дороги.

В заброшенных усадьбах, в неухоженных садах и цветниках, вдоль уличных канав часто встречаются виды-эргазиофиты, проявляющие промежуточную степень натурализации (колонофиты). Они прочно закрепляются в новых местообитаниях, но не распространяются из них. Это *Hemerocallis fulva* L., *Dianthus barbatus* L., *Aquilegia vulgaris* L., *Cerasus vulgaris* Mill., *Malus domestica* Borkh., *Alcea rosea* L., *Syringa vulgaris* L., *Brunnera macrophylla* (Adams) Johnst., *Phisalis alkekengi* L., *Bellis perennis* L.

Интродуценты, прочно вошедшие во флору природных сообществ Мордовии, обнаруженные в селе (агриофиты) – это *Caragana arborescens* Lam., *Lupinus polyphyllus* Lindley, *Acer negundo* L., *Heraclеum sosnowskyi* Manden., *Sambucus racemosa* L., *Bryonia alba* L. и *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et. Gray. Из них особое (!отрицательное) значение имеют клен американский, борщевик Сосновского и эхиноцистис лопастной. Местами в селе и окрестностях эти виды доминируют в сообществах, особенно по берегам реки Инсар.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сосудистые растения Республики Мордовия (конспект флоры) : монография / Т. Б. Силаева, И. В. Кирюхин, Г. Г. Чугунов [и др.] ; под. ред. Т. Б. Силаевой. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – 352 с.

УДК 581.1

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА В ЛИСТЬЯХ И КОРНЯХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА ПРИ ЗАКАЛИВАНИИ

В.Н. Попов, О.В. Антипина

Учреждение Российской академии наук Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва

В литературе широко распространено представление о том, что при охлаждении растений в их клетках развивается окислительный стресс. Он инициируется активированными формами кислорода (АФК) и приводит к различным проявлениям холодового повреждения [1,2].

Практически все АФК активно окисляют различные химические со-

единения. Это приводит к деградации белков, хлорофилла, разрушению липидов мембран, может вызвать повреждение ДНК и дезорганизацию цитоскелета. Синглетный кислород, супероксидный радикал и гидроксильный радикал атакуют мембраны, вступая в реакции с остатками жирных кислот в составе фосфолипидов. В результате возникает каскад свободно-радикальных реакций, который получил название перекисного окисления липидов мембран. В процессе окисления происходит образование различных продуктов реакций, которые нарушают гидрофобность и проницаемость липидного бислоя и, следовательно, работу всех ферментных систем, ассоциированных с мембраной [3].

Одним из наиболее опасных для растительных клеток является супероксидный радикал, образование которого при различных стрессовых воздействиях резко возрастает. Молекула $O_2^{\bullet-}$ преимущественно играет роль пускового звена в каскаде реакций образования других АФК [4]. Помимо супероксидного радикала, серьезную опасность для клетки представляет перекись водорода, молекула которой имеет большое время жизни, а главное – она легко взаимодействует с ионами металлов в реакции Фентон, образуя еще более деструктивный гидроксил-радикал, экстремально токсичный для всех классов биомолекул [5].

Материалы и методы. Объектом исследования служили теплолюбивые растения табака (*Nicotiana tabacum* L. cv. Samsun). Растения размножали черенкованием и культивировали на минеральном субстрате при температуре воздуха 22–24°C, 16-часовом фотопериоде и освещенности 5 клк в камере фитотрона ИФР РАН. Для опытов использовали растения в возрасте 6 недель. Для закаливания растения переносили в климатическую камеру Binder KBW-240 (Германия), где растения выдерживались в течение 6 суток при температуре 8°C. Данный режим закаливания был подобран в ходе предварительных опытов.

Скорость генерации образовавшегося супероксидного анион-радикала ($O_2^{\bullet-}$) определяли методом, в основе которого лежит способность этого радикала восстанавливать адреналин в адренохром [6]. Навеску листьев и корней 300 мг гомогенизировали с 10 мл дист. H_2O . Гомогенат центрифугировали 20 мин при 2500 g. По 3 мл супернатанта переносили в чистые пробирки, добавляли в одну из них 100 мкл 5,6 мМ адреналина (до конечной концентрации 0,18 мМ), в другую – 100 мкл дист. H_2O . Оставляли на 30 мин при температуре 22°C и слабом свете (2 клк), после чего измеряли оптическую плотность раствора с адреналином против раствора с водой при длине волны 480 нм, используя кювету с длиной оптического пути 1 см. Скорость генерации $O_2^{\bullet-}$ рассчитывали по формуле: $\Delta D/t$ (где ΔD – разница оптической плотности между гомогенатом с адреналином и гомогенатом с водой; t – время инкубации, мин) и выражали в единицах оптической плотности $\cdot 10^{-3}/\text{мин}$.

Содержание перекиси водорода измеряли по цветной реакции с хлоридом титана [7]. Навеску листьев и корней гомогенизировали в холодном 100% ацетоне, добавленном в соотношении вес : объем 1 : 2, затем центри-

фугировали 10 мин при 2000g. К супернатанту, перенесенному в чистые пробирки, вначале добавляли 20% раствор $TiCl_4$ в концентрированной HCl до достижения конечной концентрации соли титана 4%, затем – концентрированный раствор NH_4OH (0,2 мл на 1 мл образца). При этом образовывался осадок пероксида Ti (окрашенное соединение). Взвесь центрифугировали 5 мин при 2000g. Полученный осадок 5 раз промывали ацетоном, затем ресуспендировали в 2N растворе H_2SO_4 и 5 мин центрифугировали при 2000g. Абсорбцию раствора измеряли спектрофотометрически при длине волны 415 нм против раствора 2N H_2SO_4 . Содержание H_2O_2 рассчитывали по стандартной калибровочной кривой концентрации перекиси водорода в ацетоне (от 0,1 мМ до 1 мМ) и выражали в ммоль/г сырой массы.

Результаты и обсуждение. Поскольку одной из основных причин повреждения теплолюбивых растений под действием холода являются свободно-радикальные процессы, мы провели изучение скорости накопления некоторых активных форм кислорода, таких как $O_2^{\bullet-}$ и H_2O_2 , у растений табака при закаливании.

Измерение скорости генерации супероксидрадикала проводили в листьях и корнях растений, как в условиях оптимальной температуры, так и в процессе закаливания. Результаты экспериментов показали (табл. 1), что при оптимальной температуре роста скорость образования радикала в листьях (0,76 ед. опт. плотности* 10^{-3} /мин) была выше, чем в корневой системе (0,36 ед. опт. плотности* 10^{-3} /мин). Закаливание (8°C, 6 суток) сопровождалось снижением скорости генерации супероксидного радикала в листьях до 0,4 ед. опт. плотности* 10^{-3} /мин, но увеличением до 1,3 ед. опт. плотности* 10^{-3} /мин в корнях растений табака. Обращает на себя внимание трехкратное увеличение скорости генерации $O_2^{\bullet-}$ в корневой системе, что свидетельствует о значительной интенсификации окислительных процессов в корнях за время холододового закаливания.

Таблица 1

Изменение скорости генерации супероксидного радикала в листьях и корнях растений табака при закаливании (8°C, 6 суток).

Вариант опыта	Скорость генерации $O_2^{\bullet-}$, ед. опт. плотности* 10^{-3} /мин	
	до закаливания	после закаливания
Листья	0,76±0,1	0,4±0,1
Корни	0,36±0,1	1,3±0,2

Показателем интенсивности окислительного стресса во время охлаждения может служить также и содержание в клетках перекиси водорода. Опасность избытка H_2O_2 для растительной клетки заключается в том, что она является относительно стабильной молекулой и может диффундировать в клетке на значительные расстояния, а также служит источником другой, более токсичной формы активированного кислорода – гидроксил-радикала [8].

Наши эксперименты показали (табл. 2), что при оптимальной темпе-

ратуре исходное содержание перекиси водорода в листьях составляло 3,7 ммоль/г сырой массы, что было в четыре раза больше, чем в корнях, где её содержание не превышало 0,84 ммоль/г сырой массы. По мере закаливания в органах растений наблюдались прямо противоположные процессы. Было зафиксировано снижение содержания перекиси в листовой ткани до 2,4 ммоль/г сырой массы, в то же время показано повышение ее содержания в корневой системе до 1,3 ммоль/г сырой массы. Такая тенденция свидетельствует о более интенсивных окислительных процессах, происходящих в подземной части растений табака.

Таблица 2

Изменение содержания перекиси водорода в листьях и корнях растений табака при закаливании (8°C, 6 суток).

Вариант опыта	Содержание H ₂ O ₂ , ммоль/г сырой массы	
	до закаливания	после закаливания
Листья	3,7±0,4	2,4±0,3
Корни	0,84±0,1	1,3±0,1

Таким образом, из полученных данных видно, что закаливание растений табака наряду с усилением скорости генерации супероксидного радикала, индуцировало повышение содержания H₂O₂ в корнях. В то же время в листьях, происходило значительное снижение скорости образования супероксидного радикала и уменьшение содержания H₂O₂. Известно, что одной из причин повреждения растений при действии неблагоприятных факторов среды, в том числе гипотермии, является нарушение структуры клеточных мембран. Поскольку основным процессом разрушения мембранных липидов при охлаждении является их перекисное окисление (Белоус, Бондаренко, 1982), которое провоцируется интенсивной генерацией АФК, то можно предположить, что более высокая интенсивность окислительного стресса в корнях при закаливании провоцировала перекисное окисление липидов и приводила к повреждению клеточных мембран. В то же время, листья растений достаточно успешно проходили процессы закаливания, приводящие к снижению интенсивности окислительных процессов и стабилизации клеточных мембран, что в конечном итоге обеспечивало формирование устойчивости растений табака к низким температурам.

Работа поддержана грантом РФФИ 09-04-00355а.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Prasad T.K. Mechanisms of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedling: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities // *Plant J.* – 1996. – V. 10. – P. 1017-1026.
2. Hariadi P., Parkin K.L. Chilling Induced Oxidative Stress in Cucumber Seedling // *J. Plant Physiol.* – 1993. – V. 141, № 6. – P. 733-738.
3. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода.

М., 2007. – 140 с.

4. Kawano T. Role of reactive oxygen species-generating peroxidase reactions in plant defense and growth induction // *Plant cell Rep.* – 2003. – V. 21. – P. 829-837.

5. Быстрова М.Ф., Буданова Е.Н. Перекись водорода и пероксиредоксины в редокс-регуляции внутриклеточной сигнализации // *Биологические мембраны.* – 2007. – Т. 24. – С. 115-125.

6. Часов А.В., Гордон Л.Х., Колесников О.П., Минибаева Ф.В. Пероксидаза клеточной поверхности – генератор супероксид-аниона в корневых клетках пшеницы при раневом стрессе // *Цитология.* – 2002. – V. 44(7). – P. 691-696.

7. Kumar C.N., Knowles N. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) Seed-Tuber // *Plant Physiol.* – 1993. – V. 102. – P. 115-124.

8. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений // *Соросовский образовательный журнал.* – 1999. – № 9. – С. 20-26.

9. Белоус А.М., Бондаренко В.А. Структурные изменения биологических мембран при охлаждении. – Киев: Наукова думка, 1982. – 255 с.

УДК 581.2.02

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТУРНЫХ И СОРНЫХ ЗЛАКОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГЕРБИЦИДА ГРАНСТАР

М. М. Русяева, Ю. Н. Аросланкина, А. Н. Гарькова, А. С. Бочкарева,
А. С. Лукаткин

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

В результате естественных физиологических процессов в растительных клетках происходит образование активированных форм кислорода (АФК). Этот процесс усиливается вследствие воздействия стрессоров на растения, и защитная система растений не всегда может справиться с возросшим количеством АФК; это может привести к возникновению окислительного стресса в тканях. Целью данной работы было изучение влияния ксенобиотика (на примере гербицида Гранстар) на общую антиоксидантную активность (ОАА) и активность фермента супероксиддисмутазы (СОД) в молодых растениях злаков (кукурузы и овсяга).

Гранстар представляет собой послевсходовый гербицид системного действия, относится к классу сульфонилмочевины; действующим веществом является трибенуронметил. Общая формула класса $R-SO_2NHCONH-R_2$. Производные сульфонилмочевины – нелетучие вещества, поступают в растение через листья и корни, значительная их часть поглощается в пер-

вые сутки и передвигается по растению. Гранстар блокирует деление клеток чувствительных сорняков, ингибируя фермент ацетолактаткиназу. Попадая в растение через листья или корни, действующее вещество проникает в апикальные меристемы побега или корня и уже через 2–3 ч блокирует деление клеток [1].

Объектами служили молодые (7–11-дневные) растения кукурузы (*Zea mays* L.) гибрида Коллективный 172 МВ и овсяга (*Avena fatua* L.). Растения выращивали в сосудах с почвой в факторостатных условиях (температура 23–25°C, световой поток 80 мкМм⁻²с⁻¹, фотопериод 12/12 ч) до возраста 7 д (кукуруза) и 14 д (овсяг), затем обрабатывали растворами гербицида в разных концентрациях (3, 30, 300 мкг/л); контрольные растения обрабатывали водой. Спустя 1, 2 и 3 д после обработки в листьях растений определяли ОАА и активность СОД. Для определения ОАА использовали методику, основанную на ингибировании радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразида (DPPH) [3]. Активность СОД определяли по методике, основанной на реакции с нитросиним тетразолием, приведенной в [2].

Опыты с измерением ОАА показали, что спустя 1 сут после опрыскивания растений гербицидом общая антиоксидантная активность возрастала у кукурузы на 17 – 37% относительно контроля (при различных дозах Гранстара), но у овсяга снижалась на 20 % при концентрации гербицида 300 мкг/л. Спустя 2 сут после обработки ОАА у кукурузы оставалась повышенной при концентрациях гербицида 3 и 300 мкг/л, но снижалась при 30 мкг/л (на 29 % относительно контроля); у овсяга определили увеличение ОАА для всех концентраций гербицида на 1 % (3 мкг/л), 14 % (30 мкг/л) и на 10 % (300 мкг/л). Спустя 3 сут после обработки растений кукурузы ОАА падала, особенно при концентрациях 30 мкг/л и 300 мкг/л. У овсяга наблюдали понижение активности для всех концентраций гербицида, максимальное при дозе 300 мкг/л (на 73 % относительно контроля).

В опытах с определением активности ключевого антиоксидантного фермента СОД при обработке растений гербицидом показано, что спустя сутки после обработки активность СОД и у кукурузы, и у овсяга мало отличалась от контроля для всех концентраций. На второй день активность фермента у кукурузы незначительно снизилась (на 4,3%); у овсяга активность превышала контроль, максимально в концентрации 3 мкг/л (12,5%). Спустя три дня активность фермента возрастала у кукурузы, максимально при дозе 30 мкг/л (на 12,1% относительно контроля), минимально – при дозе 300 мкг/л (на 7%); у овсяга активность СОД практически не изменялась, оставаясь выше контроля на 5,7 – 12,6% (при концентрациях 300 мкг/л и 3 мкг/л, соответственно). Таким образом, максимальное снижение антиоксидантной активности происходило на третий день после обработки гербицидом для всех объектов (наиболее сильно у овсяга); не наблюдали сильных колебаний в активности СОД в течение трех дней для всех объектов; наиболее угнетающее действие оказала концентрация гербицида Гранстар 300 мкг/л.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кириан С. А. Структурно-функциональные характеристики раз-

личных типов пестицидов / С. А. Кириан, Л. Ш. Семеньтева, Е. А. Контор, Л. А. Тюрина // *Агрохимия*. – 2008. – № 2. – С. 22-25.

2. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс / А. С. Лукаткин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – 208 с.

3. Zhong, Geng. Effects of heat treatment on flavonoids content and antioxidant capacity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaert) flour ethanolic extracts / Geng Zhong, T Toledo Romeo, Zond-dao Chen // *Agricultural Sciences in China*. — 2003. — 2, № 9 — С. 1035-1040.

УДК 581:143:577.175.1

ВЛИЯНИЯ РИБАВ-ЭКСТРА И ИОНОВ Pb^{2+} НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН РАСТЕНИЙ ФАСОЛИ

К.А. Сазанова, Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Во всем мире загрязнение тяжелыми металлами представляет серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы (ТМ) являются наиболее токсичными. Многие растения обладают способностью аккумулировать ТМ в количествах, во много раз превышающих их содержание в почвах, и, как результат, являются основным источником их поступления в пищевые цепи. Известно, что загрязнение различных биотопов ТМ оказывает весьма токсичное действие на все биохимические и физиологические процессы у растений, отравляя растение и снижая урожайность сельскохозяйственных культур. Однако реакция растений на действие экологических стрессоров может модифицироваться биологически активными веществами. Среди них особое место занимают аналоги фитогормонов, синтетические регуляторы роста (РР) и биологически активные вещества естественного происхождения.

Целью нашей работы было исследование возможностей снижения окислительных повреждений, индуцируемых ионами Pb^{2+} в растениях фасоли, путем обработки семян раствором Рибав-Экстра.

В предварительных опытах определена наиболее эффективная концентрация РР Рибав-Экстра (10 ppm).

Семян фасоли (*Faseolus vulgaris* L.) сорта Сакса замачивали на час в растворе Рибав-Экстра. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. Затем все семена переносили в чашки Петри на растворы $Pb(NO_3)_2$, содержащие 1 и 0,1 мМ, 10 и 1 мкМ ионов Pb^{2+} . На 10-е сутки экспозиции определяли выход электролитов из высечек корней, стеблей и листьев опытных и контрольных растений кондуктометрическим методом.

В обоих вариантах опыта максимальный выход электролитов и коэффициент повреждения клеточных мембран листа был у растений, выращенных на растворе, содержащем 1 мМ ионов Pb^{2+} . У растений, обработанных Рибав-Экстра и неподвергнутых действию металла, выход электролитов был ниже, чем у контрольных растений.

Регулятор роста Рибав-Экстра повышал стабильность клеточных мембран у листа. Так, при концентрации ионов Pb^{2+} 1 мМ выход электролитов снизился на 16%, при концентрации 0,1 мМ – на 22%, при 10 мкМ – на 24% и при 1 мкМ – на 25%.

У растений, обработанных регулятором роста Рибав-Экстра, наблюдалось снижение выхода электролитов из высечек гипокотилия при концентрации металла 1 мМ на 13%, при 0,1 мМ – на 15%, при 10 мкМ – на 13%, а при 1 мкМ – на 14%.

Аналогично, как и на клетки листа и гипокотилия, регулятор роста Рибав-Экстра повысил стабильность клеточных мембран корня. Так, при концентрации 1 мМ выход электролитов снизился на 4%, при 0,1 мМ – на 7%, при 10 мкМ – на 6%, а при 1 мкМ – на 6%.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что сильнее всего клеточную мембрану повреждал раствор, содержащий 1 мМ ионов Pb^{2+} . Менее всего нарушал стабильность клеточной мембраны органов растений фасоли раствор с 1 мкМ Pb^{2+} . Эта тенденция прослеживается в воздействии свинца на мембраны клеток корня, стебля и листа. При сравнении коэффициентов повреждения мембран у корня, стебля и листа видно, что наибольший коэффициент был в клетках корня.

Регулятор роста и развития Рибав-Экстра при всех исследованных концентрациях ионов Pb^{2+} оказывал стабилизирующее действие на клеточные мембраны, снижая выход электролитов из высечек и коэффициент повреждения мембран.

УДК: 579.83:581.522.8

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ *P. AUREOFACIENS* 2006 НА РАЗВИТИЕ ТОМАТА

Симкина Н.А., Бурова Ю.А., Лукаткин А.А., Ибрагимова С.А.
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

Учеными длительное время проводятся опыты по созданию и использованию новых биопрепаратов в сельском хозяйстве. В настоящее время использование биопрепаратов широко применяется для увеличения урожайности и устойчивости растений к неблагоприятным факторам.

На кафедре биотехнологии Мордовского госуниверситета проводятся работы по созданию новых видов биопрепарата на основе *Pseudomonas au-*

reofaciens 2006. При этом особое внимание уделяется использованию отходов промышленности в качестве основы питательной среды при культивировании бактерий, а также продлению сроков хранения биопрепарата. Целью данной работы явилось изучение влияния сроков хранения культуральной жидкости *P. aureofaciens 2006* на рост и развитие томата. В работе исследовалась бактериальная суспензия, полученная в процессе культивирования на мелассе и хранившаяся при 25°C в течение 3, 13 и 40 суток. Обработку семян томата сорта «Белый налив» проводили путем кратковременного замачивания в культуральной жидкости, разведенной в соотношении 1:100 и 1:200 (исходный титр составил 10^8 КОЕ/мл), а контрольный вариант – в водопроводной воде. Энергия прорастания фиксировалась на 3 сутки, а всхожесть семян – на 7 сутки.

В результате работы было отмечено, что независимо от срока хранения бактериальной суспензии наблюдалось усиление роста в обработанных семенах по сравнению с контрольными. В процессе хранения в зависимости от концентрации исследуемой суспензии отмечены некоторые отличия в росте проростков. Так, при использовании бактериальной жидкости со сроком хранения 40 суток в разведении 1:100 и 1:200 при практически одинаковой энергии прорастания наблюдались различия в росте растений. В первом варианте длина корешков составила 8–10 мм, а во втором – всего 4–5 мм. Данная тенденция наблюдалась и относительно длины побегов. В первом случае длина составила 30–45 мм, а во втором – 20–35 мм. В контроле длина корешков составила 2–3 мм, а побегов – 15–25 мм.

В результате проделанной серии опытов можно заключить, что обработка семян томата культуральной жидкостью *P. aureofaciens 2006* способствует улучшенному росту растений. При этом с увеличением срока хранения бактериальной суспензии требуется большая его концентрация для повышения энергии прорастания и всхожести.

УДК 581.1.

АДАПТАЦИЯ ХОЛОДОСТОЙКИХ РАСТЕНИЙ К ГИПОТЕРМИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ

Синькевич М.С., Нарайкина Н.В., Трунова Т.И.

Учреждение Российской академии наук Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва

Температура окружающей среды является одним из основных факторов, ограничивающих распространение растений и их продуктивность. Повреждение растений низкими температурами наносит большой ущерб сельскому хозяйству, снижая урожайность и качество продукции. В силу этих причин усилия многих исследователей направлены на изучение фи-

зиологических, биохимических и молекулярных основ устойчивости и адаптации растений к низкой температуре.

Понятие низкотемпературного стресса включает всю совокупность ответных реакций растений на действие холода в соответствии с генотипом растений и проявляется на разных уровнях организации от молекулярного до организменного. В соответствии с этим определением растения подразделяются на морозостойкие (устойчивые к образованию межклеточного льда), холодостойкие (устойчивые к низким температурам, не сопровождающимся льдообразованием) и теплолюбивые (повреждающиеся при температурах ниже плюс 10°C) [1]. При этом не исключаются многочисленные переходные формы между этими группами растений.

Процесс адаптации к гипотермии наиболее тщательно изучен для группы морозостойких растений – в основном для озимых злаков и древесных культур [2]. В несколько меньшей степени исследован вопрос адаптации теплолюбивых растений [3]. Однако до сих пор менее изученным и в литературе недостаточно описанным является процесс адаптации группы холодостойких растений [4, 5].

Решению этого вопроса может способствовать исследование процесса адаптации типичного представителя холодостойких растений и, одновременно, четвертой по важности сельскохозяйственной культуры [4] – картофеля клубненосного (*Solanum tuberosum* L.).

Известно, что конститутивная устойчивость к гипотермии, присущая растениям в вегетирующем состоянии при оптимальных для роста условиях, у всех групп, включая морозостойкие, довольно низкая [2]. Формирование свойств холодо- и морозостойкости происходит в условиях длительного действия низких температур, соответствующих генотипу растений, при этом закаливающие температуры должны быть выше повреждающих [6]. Для морозостойких растений наиболее эффективны околонулевые температуры и последующее постепенное промораживание, для холодостойких – около 3–5°C и для теплолюбивых, как правило, еще выше [7].

Основной причиной повреждений и гибели теплолюбивых растений от низких положительных температур многие исследователи считают развитие окислительного стресса, приводящего к перекисному окислению мембранных липидов [3, 8]. В отличие от теплолюбивых, холодостойкие растения выживают даже после длительного пребывания при низких температурах, не сопровождающихся образованием льда. В переохлажденном состоянии они сохраняют жизнедеятельность даже после действия -3°C.

При этом открытым оставался вопрос, отличается ли количественно конститутивная устойчивость, присущая растению в вегетирующем состоянии, от индуцибельной устойчивости, которая приобретает растениями в процессе длительного пребывания при низких адаптирующих температурах. Основываясь на вышеизложенном, цель нашей работы состояла в исследовании устойчивости двух сортов растений картофеля в вегетирующем состоянии и ее изменений после длительного действия низких положительных температур.

В представленной работе были использованы растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) различающихся по устойчивости сортов Désirée и Десница. Предварительные опыты показали, что растения российского сорта Десница проявляли большую устойчивость к действию низкой температуры, чем голландского сорта Désirée. Растения размножали черенкованием и выращивали в гидропонической культуре на нейтральном субстрате (перлит) с регулярной подкормкой удобрением «Кемира-Люкс» в камере фитотрона ИФР РАН при температуре 22°C, 16-часовом фотопериоде и освещенности 100 моль квантов/(м²·с).

Адаптацию растений проводили в климатической камере «KBW-240» (Binder GmbH, Германия) в течение 6 суток при температуре 5°C на свету. Данное сочетание температуры и продолжительности воздействия было подобрано в предварительных опытах. Устойчивость незакаленных и закаленных растений обоих сортов определяли, подвергая их действию повреждающей температуры -3°C в течение 18 часов с последующим трехдневным отращиванием в оптимальных для роста условиях (22°C).

Выживаемость оценивали визуально по площади погибших листовых пластинок, что выражалось в побурении отмерших (инфильтрированных водой) частей листьев. Кроме того, степень устойчивости листьев оценивали сразу после действия низкой температуры по одному из показателей окислительного стресса, индуцированного гипотермией, – интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ). ПОЛ измеряли по содержанию конечного продукта этого процесса – малонового диальдегида (МДА), на основании реакции с тиобарбитуровой кислотой [11]. Содержание МДА выражали в мкмоль/г сырой массы.

Для исследования использовали листья без черешков, взятые из средней части нескольких растений.

Степень повреждения исследуемых сортов картофеля определяли также по электропроводности водных экстрактов из растительных тканей согласно методу Декстера [9] на электрокондуктометре SevenGo «Mettler Toledo» с электродом InLab 738. Электропроводность выражали в Ом⁻¹см⁻¹ × 10⁻⁴, используя значения для вычисления индекса тканевого повреждения по формуле: $I = 100 (L_t - L_0)/(L_k - L_0)$, где I – индекс повреждения ткани в %, L – электропроводность образца до воздействия холода (L_0) и после (L_t), L_k – электропроводность после кипячения [10].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы «SigmaPlot 11» со встроенным анализом (применяли критерий Стьюдента, $P=0,05$). В таблице представлены средние значения опыта, состоящего из трех биологических повторностей и их стандартные ошибки.

Как уже упоминалось выше, одной из причин гибели растений при низких температурах является повреждение мембран. В связи с этим в нашей работе использовались разные методы определения этих повреждений. Прежде всего, устойчивость растений оценивали на основании показателей интенсивности перекисного окисления липидов – ПОЛ (табл. 1). Для этого растения картофеля охлаждали при -3°C в течение 18 часов сразу

после 6 суток при 5°C, и сравнивали с показателями неадаптированных растений. Как видно, содержание малонового диальдегида (МДА) в неадаптированном состоянии у менее устойчивого к холоду сорта Désireé было почти в 2,5 раза выше, чем у более устойчивого Десница. В результате действия адаптирующей температуры 5°C в течение 6 дней этот показатель у сорта Désireé практически не изменялся, оставаясь на прежнем высоком уровне. В то же время у растений сорта Десница интенсивность ПОЛ несколько возрастала, но оставалась существенно ниже по сравнению с Désireé.

После действия повреждающей температуры неадаптированные растения сорта Désireé погибли, тогда как растения сорта Десница выживали, но при этом содержание МДА у них увеличивалось вдвое. Интенсивность ПОЛ после действия -3°C у адаптированных растений сорта Десница была ниже, чем у менее устойчивого сорта Désireé.

Таблица 1

Интенсивность перекисного окисления липидов у двух сортов картофеля в оптимальных условиях (неадаптированные), адаптированных (5°C, 6 сут.) и после действия повреждающей (-3°C, 18 ч) температуры

Сорт картофеля	Неадаптированные	Адаптированные	После действия повреждающей температуры, -3 °C, 18 ч	
			неадаптированные	адаптированные
Désireé	6,2 ± 0,4	6,2 ± 0,4	погибли	11,2 ± 0,6
Десница	2,1 ± 0,42	2,6 ± 0,45	6,1 ± 0,50	5,8 ± 0,42

Данные по содержанию МДА показывают, что растения картофеля адаптируются к холоду, хотя и в разной степени, в зависимости от устойчивости сорта к гипотермии. Воздействие повреждающей температуры позволило более отчетливо выявить разницу в устойчивости между сортами.

Сильное развитие ПОЛ может приводить к нарушению барьерной функции мембран, т.е. проницаемости для ионов, что в нашей работе определялось широко распространенным способом определения устойчивости растений по выходу электролитов. В табл. 2 видно, что действие температуры -3 °C приводило к существенному выходу электролитов у неадаптированных растений. Повреждения по этому показателю были более выражены у менее устойчивого сорта Désireé. У адаптированных растений этот показатель был ниже, особенно характерно это проявилось у сорта Десница.

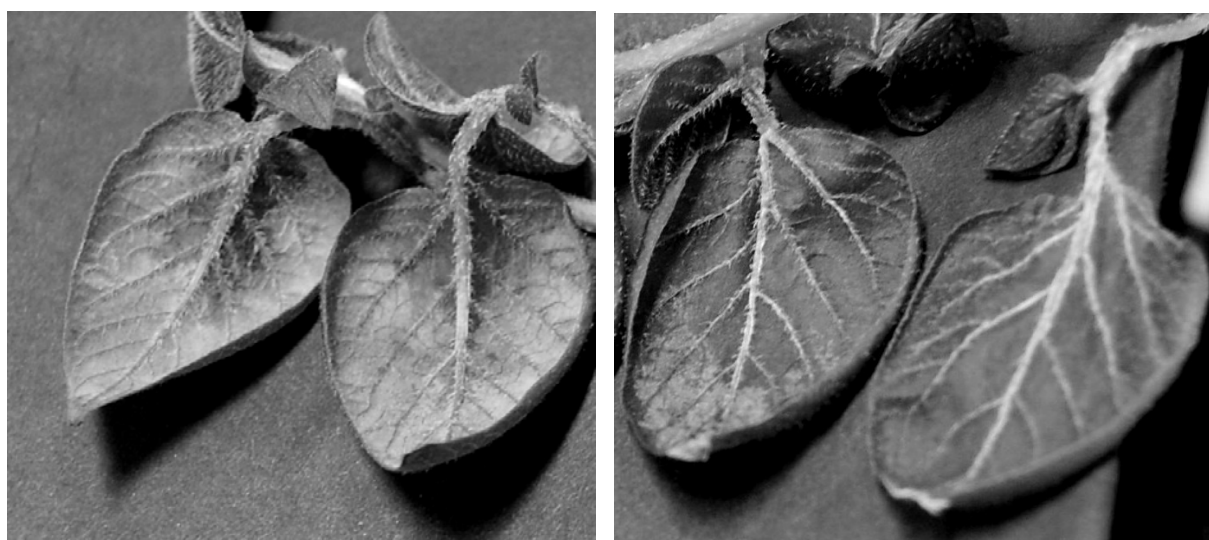
Таблица 2

Индекс повреждений адаптированных и неадаптированных растений картофеля двух сортов после действия охлаждения при -3°C в течение 18 ч

Сорт картофеля	I повр. (после охлаждения -3°C, 18 ч), %	
	Неадаптированные	Адаптированные
Désireé	88,5 ± 2,6	83,9 ± 2,5
Десница	74 ± 10,4	51 ± 6,3

Полученные данные по выходу электролитов, которые характеризуют более поздние этапы повреждений клеток от холода, по сравнению с ПОЛ, подтвердили предыдущие результаты о повышении устойчивости в период низкотемпературной адаптации.

На рисунке показана степень повреждения листовых пластинок сорта Десница, из которой видно, что у неадаптированных растений после воздействия повреждающей температуры -3°C зона повреждений больше, чем у адаптированных.



а

б

Рисунок. Листья адаптированных (а) и неадаптированных (б) растений картофеля сорта Десница после действия охлаждения при -3°C в течение 18 ч; темные участки – зона инфильтрации листьев.

На основании проделанной работы можно сделать вывод о способности холодостойких растений к адаптации при сохранении генетически обусловленных различий.

Работа поддержана РФФИ (проект №07-04-00601).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. – М.: Наука, 2007. – 57 с.
2. Туманов И.И. Физиология закаливания и зимостойкости растений. – М.: Наука, 1979. – 350 с.
3. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2002. – 208 с.
4. www.potato2008.org; Программа ООН «Международный год картофеля»
5. Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stresses. V. 1. Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. – N.Y.: Acad. Press, 1980. – 426 p.
6. Sakai A., Larcher W. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. – 1978. – 321 p.

7. Chen H.H., Li P.H. Potato cold acclimation // Plant cold hardiness and freezing stress. Mechanisms and crop implications; Eds. P.H. Li, A. Sakai. – N.Y.: Acad. Press, 1982. – V. 2. – P. 5-23.

8. Scandalios J.G. Oxygen Stress and Superoxide Dismutases // Plant Physiology. – 1993. – V. 101. – P. 7-12.

9. Hepburn H.A., Naylor F.L., Stokes D.I. Electrolyte leakage from winter barley tissue as indicator of winterhardiness // Ann. Appl. Biol. – 1986. – V. 108. – P. 164-165.

10. Flint H.L., Boyce B.R., Beattie D.J. Index of injury – a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method // Can. J. Plant Sci. – 1967. – V. 47. – P. 229-230.

11. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в медицине. – М.: Медицина, 1977. – С. 66-68.

УДК 581.1; 57.04

ВЛИЯНИЕ СТЕВИОЗИДА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ НА МОРФОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

¹А.С. Стробыкина, ¹И.Г. Мифтахова, ²И.Ю. Стробыкина, ¹О.А. Тимофеева
¹Казанский государственный университет, г. Казань

²Учреждение Российской Академии наук институт органической и физической химии КНЦ РАН, г. Казань

Гиббереллины являются росторегулирующими гормонами растений, которые имеют широкое применение в сельском хозяйстве. Для промышленного получения многих гиббереллинов используют различные биотехнологические процессы. Гибберелловая кислота – наиболее важный коммерческий гиббереллин, получаемый ферментативным путем. Неизменно высокая цена процесса получения ограничивает применимость этих соединений. В то же время знание химической структуры и механизмов их регуляторной активности позволило создать аналоги фитогормонов с целью их практического использования. В настоящее время имеется уже большой спектр синтетических регуляторов роста на основе ауксинов, цитокининов, гиббереллинов, брассиностероидов, а также этилена [1].

Известно, что производные стевиола проявляют гиббереллиноподобную активность [2]. Источником для их получения является экстракт травы *Stevia rebaudiana* Bertoni, широко культивируемой в азиатских и латиноамериканских странах. В связи с этим целью работы было изучение росторегулирующего действия гиббереллиноподобных дитерпеноидов на растения озимой пшеницы.

Среди изученных соединений стевиозид представлял собой природное соединение, полученное из стевии, а все остальные – его химические модификации. Эти соединения можно разделить на две группы: каураны и бейераны. Причем для каждого соединения кауранового ряда был взят изомер бейеранового ряда. Исследуемые соединения были синтезированы в ИОФХ имени А.Е. Арбузова КНЦ РАН в лаборатории фосфорных аналогов природных соединений.

Объектом исследования служили проростки озимой пшеницы Казанская 560. Растения выращивали в растворах с различными концентрациями (10^{-9} – 10^{-6} М), исследуемых веществ (стевиозид, стевиол, изостевиол, дегидростевиол, дигидроизостевиол, бисдигидростевиоил малонат, бисизостевиоил малонат). Контрольные растения росли на дистиллированной воде. Измерения проводили на 3 и 7 сутки выращивания.

Стевиозид оказывал максимальное стимулирующее влияние на рост надземной и подземной частей во всех исследуемых концентрациях, что подтверждает литературные данные [3]. Наибольший его эффект наблюдали при концентрации 10^{-8} М (рис.).

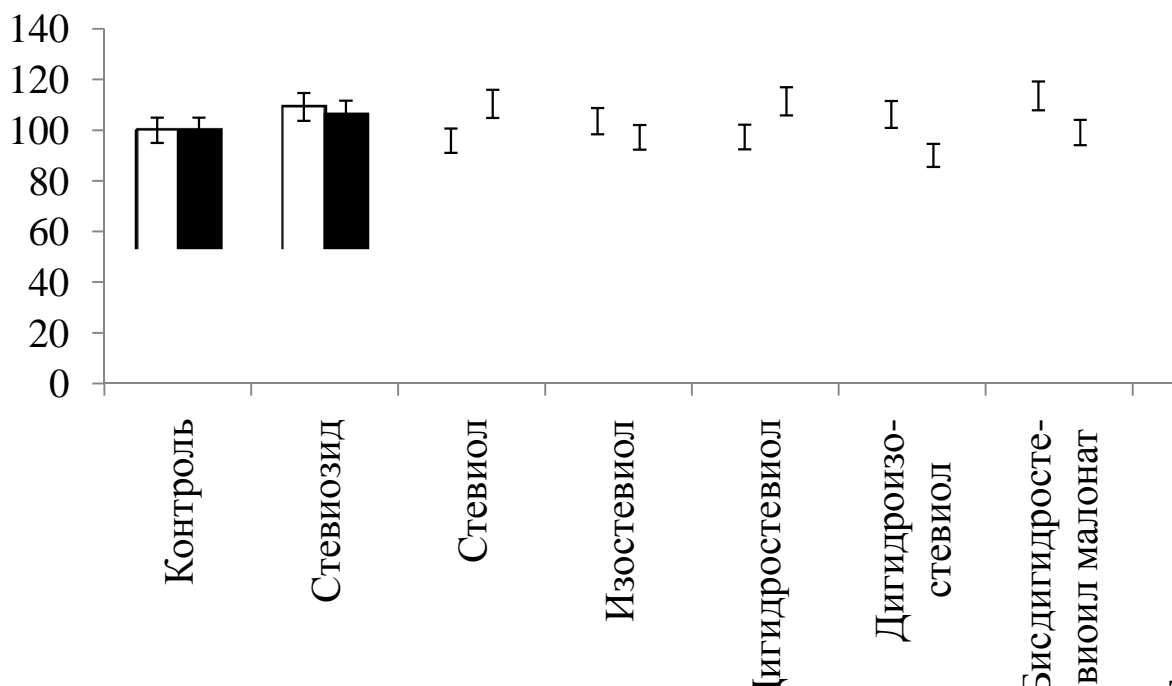


Рисунок. Влияние исследуемых веществ на длину корней и листьев семи-суточных проростков пшеницы сорта Казанская-560 в эффективных концентрациях (%).

Для остальных соединений были подобраны следующие рострегулирующие концентрации: для соединений бейеранового ряда (изостевиол, дигидроизостевиол) 10^{-9} М, соединений кауранового ряда (стевиол, дигидростевиол) 10^{-8} М и для соединений с двумя дитерпеновыми скелетами (бисдигидростевиоил малонат, бисизостевиоил малонат) 10^{-7} М.

Производные кауранового ряда (стевиозид, стевиол, дигидростевиол) стимулировали удлинение корней у 7-суточных проростков и укорачивали надземную часть. И наоборот, соединения бейеранового ряда (изостевиол,

дигидроизостевиол) вызывали уменьшение длины корней и увеличение длины листьев. Таким образом, почти все соединения оказывали разнонаправленное действие на длину надземной и подземной частей растений (см. рисунок). Следует отметить, что структура углеродного скелета исследуемых изомеров не влияла на их рострегулирующую активность. Природное соединение стевиозид обладало наибольшим рострегулирующим эффектом, который постепенно снижался при дальнейших химических преобразованиях данного препарата и практически отсутствовал у соединений двумя дитерпеновыми скелетами. Исходя из полученных данных, можно считать применение сложных в получении биспроизводных неэффективным.

Одним из наиболее хорошо изученных свойств природных гиббереллинов является их способность индуцировать синтез и секрецию алейроновым слоем α -амилазы при прорастании семян. Было показано, что стевиол, изостевиол и некоторые их производные в более низких концентрациях и с большей эффективностью, по сравнению с гибберелловой кислотой, активируют α -амилазы, удлиняют гипокотиль салата-латука и повышают урожайность винограда [2]. В наших экспериментах суммарная активность амилаз была практически одинаковой во всех вариантах и выше, чем в контроле. Активность α -амилазы в опытных вариантах была чуть ниже, чем в контрольном (табл.). Таким образом, показано, что исследованные соединения практически не оказывали влияния на активность амилаз у суточных проростков.

Таблица

Активность амилазных ферментов в суточных проростках (мг гидролизованного крахмала/мг белка/ч) и содержание суммарных белков (мг/г) в 7-суточных растениях пшеницы сорта Казанская-560

Варианты опыта	Суммарная активность амилаз	Активность α -амилазы	Содержание суммарных белков (СБ)	% от контроля (СБ)
Стевиозид (10^{-8})	1,4503 \pm 0,1709	0,0234 \pm 0,0059	282,895 \pm 8,5057	185,5%
Стевиол (10^{-8})	1,3931 \pm 0,1304	0,0276 \pm 0,0029	180,843 \pm 13,039	118,7%
Изостевиол (10^{-9})	1,3549 \pm 0,1034	0,0276 \pm 0,0029	192,302 \pm 4,5870	125,9%
Дигидростевиол (10^{-8})	1,3167 \pm 0,0764	0,0277 \pm 0,0028	166,383 \pm 7,1234	109,1%
Дигидроизостевиол (10^{-9})	1,4821 \pm 0,1933	0,0279 \pm 0,0027	167,8 \pm 6,5285	109,9%
Бисдигидростевиоил малонат (10^{-7})	1,5279 \pm 0,2257	0,0277 \pm 0,0028	159,697 \pm 1,2541	104,5%
Бисизостевиоил малонат (10^{-7})	1,2786 \pm 0,0494	0,0254 \pm 0,0045	149,005 \pm 6,9528	97,7%
Контроль	1,2086 \pm 0,0769	0,0318 \pm 0,0032	152,418 \pm 0,3287	100%

Как известно, механизм действия фитогормонов прежде всего связан с изменением экспрессии генов и синтеза белка. Наибольшее содержание белков в 7-суточных растениях наблюдали у варианта с обработкой стевиозидом, коррелирующее с наиболее высоким ростостимулирующим эффектом этого препарата. Изомеры стевиол и изостевиол оказывали сходное

влияние на содержание суммарных белков. То же самое наблюдали и для пары изомеров: дигидростевиол и дигидроизоствевиол. Биспроизводные не оказывали существенного влияния на содержание суммарных белков, так же как и на рост растений (см. табл.).

Таким образом, обнаружено, что изменения роста растений пшеницы под влиянием исследуемых соединений коррелируют с изменениями в содержании белка. При этом самое большое влияние на эти показатели оказывал стевиозид. Возможно, это связано с тем, что стевиозид получают экстракцией из листьев стевии, а другие соединения получают химическим путем.

Вместе с тем следует отметить, что эти исследованные препараты не обладают всем спектром действия гиббереллинов, поскольку нами не было обнаружено стимуляции активности α -амилазы под их влиянием. По-видимому, в процессе химических модификаций у них произошла потеря некоторых свойств, присущих гиббереллинам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шакирова Ф.М., Хлебникова Т.Д. Регуляторы роста в адаптивной стратегии растениеводства. – Уфа: Гилем, 2009. – 124 с.
2. Oliveira B.H., Stiirmer J.C., Filho J. D. S. [et al.] Plant growth regulation activity of steviol and derivatives // *Phytochemistry*. – 2008. – V. 69, № 7. – P. 1528-1533.
3. Hershenshorn J., Zohar M., Crammer B. [et al.] Plant-growth regulators derived from the sweetener stevioside // *Plant Growth Regulation*. – 1997. – V. 23. – P. 173-178.

УДК 581.1.

ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НА АКТИВНОСТЬ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ И ИНГИБИТОРОВ ТРИПСИНА В ЛИСТЬЯХ ОГУРЦА

В.В. Таланова, А.Ф. Титов, С.А. Фролова

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

В последние годы постепенно накапливаются сведения, указывающие на активное участие протеолитических ферментов и ингибиторов протеиназ в регуляции различных физиологических процессов и их важную роль в ответных реакциях растений на действие биотических и абиотических факторов [1, 2]. Вместе с тем их участие в реакции растений на действие низких температур пока почти не исследовано. В связи с этим нами было проведено изучение активности протеиназ и их ингибиторов в листьях проростков огурца, подвергнутых действию низких повреждающих и закаливающих температур.

Эксперименты проводили с проростками огурца сорта Зозуля, выращенными при температуре 25°C, относительной влажности воздуха 60–70%, освещенности 10 клк и фотопериоде 14 ч. Недельные проростки подвергали действию повреждающей (5°C) или закаливающей (10°C) температуры, сохраняя при этом прочие условия неизменными. В листьях проростков определяли активность сериновых протеиназ (амидаз) [3], цистеиновых протеиназ [4] и ингибиторов трипсина [5].

Установлено, что в первые 0,5–3 ч воздействия температуры 5°C в листьях проростков огурца происходит значительное (в 2–2,5 раза) повышение активности цистеиновых протеиназ и амидаз. Активность ингибиторов трипсина уже через 15 мин действия указанной температуры также возрастала в 2,5 раза, а в последующие 5 ч постепенно снижалась.

В начальный период действия на проростки температуры 10°C также отмечено повышение активности протеолитических ферментов и ингибиторов трипсина, хотя величина этих изменений была заметно меньшей, чем при холодовом повреждении. Наибольшее увеличение активности амидаз отмечено через 1 ч от начала закаливания, цистеиновых протеиназ и ингибиторов трипсина – через 3–5 ч. В дальнейшем активность цистеиновых протеиназ в течение 7 сут сохранялась на уровне, характерном для проростков, не подвергавшихся закаливанию, в то время как активность амидаз и ингибиторов трипсина через 1 сут резко снижалась, через 2 сут возвращалась к исходным значениям, а при достижении максимального уровня устойчивости снижалась. Отметим, что в период наибольшего повышения активности протеолитических ферментов (первые 5 ч действия температуры 10°C) холодоустойчивость проростков еще не изменялась, а ее заметный рост начинался только через 8 ч от начала закаливающего воздействия, и она достигала своего максимума через 3–4 сут.

В целом, полученные нами результаты указывают на то, что реакция растений огурца на действие низких повреждающих и закаливающих температур связана с усилением протеолитических процессов. В частности, в начальный период воздействия холода протеолитические ферменты, контролируя концентрацию белков и пептидов, очевидно, участвуют в модификации и устранении биополимеров, уже не выполняющих (или выполняющих не в полной мере) в этих условиях необходимые организму функции, а также обеспечивают клетку мономерными субстратами для синтеза стрессовых (шоковых) белков [6], которые являются важным фактором устойчивости клеток [7]. Отмеченное в процессе закаливания усиление активности ингибиторов трипсина, которые, регулируя активность протеиназ, предотвращают преждевременный распад вновь синтезированных белков, способствуют тем самым поддержанию повышенной холодоустойчивости. При более продолжительном низкотемпературном воздействии протеолитические ферменты и их ингибиторы в условиях холодового повреждения, по-видимому, активно участвуют в развитии деструктивных процессов, а при закаливающих температурах цистеиновые протеиназы способствуют долговременной адаптации растений.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют об участии цистеиновых протеиназ, амидаз и ингибиторов трипсина в защитно-приспособительных реакциях растений огурца в начальный период действия на них как повреждающих, так и закаливающих низких температур.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00650а).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Валуева Т.А., Мосолов В.В. Роль ингибиторов протеолитических ферментов в защите растений // Успехи биол. химии. – 2002. – Т. 42. – С. 193-216.
2. Домаш В.И., Шарпио Т.П., Забрейко С.А., Сосновская Т.Ф. Протеолитические ферменты и ингибиторы трипсина высших растений в условиях стресса // Биоорганическая химия. – 2008. – Т. 34, № 3. – С. 353-357.
3. Erlanger D.F., Kokowski N., Cohen W. Proteinases activity in biological substrats // Arch. Biochem. Biophys. – 1961. – V. 95. – P. 271-278.
4. Morichara K., Oka T., Tsuzuki H. Proteases activity // Biochem. Biophys. Acta. – 1967. – V. 139. – P. 382-397.
5. Sgarbieri V.C., Gupte S.M., Kramer D.E., Whitaker J.R. Ficus enzymes. I. Separation of the proteolytic enzymes of *Ficus carica* and *Ficus glabrata* latices // J. Biol. Chem. – 1964. – V. 239, № 7. – P. 2170.
6. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. – Казань: Фэн, 2001. – 448 с.
7. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Таланова В.В., Топчиева Л.В. Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур. – М.: Наука, 2006. – 143 с.

УДК 581.9

РОЗОЦВЕТНЫЕ (*ROSACEAE* ADANS.) ВО ФЛОРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Хапугин А.А., Силаева Т.Б.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

Семейство *Rosaceae* Adans. является крупным семейством главным образом умеренных и субтропических областей суши и насчитывает 118 родов и около 3500 видов. В Арктике и высокогорьях виды семейства розоцветные встречаются до пределов распространения цветковых растений [1].

По количеству видов во флоре Республики Мордовия семейство *Rosaceae* Adans. занимает третье место после *Asteraceae* Dumort. со 177 видами и *Рoaceae* (R. Br.) Varnch. со 132 видами. Во флоре Мордовии к настоящему времени выявлено 119 видов семейства *Rosaceae* Adans., отно-

сящихся к 27 родам. В это число входят как аборигенные виды, так и виды адвентивной фракции флоры, преимущественно «беглецы из культуры».

В состав девяти первых по числу видов входят следующие роды семейства: *Alchemilla* L. (25 видов), *Rosa* L., *Potentilla* L. (по 18 видов), *Crataegus* L. (7 видов), *Malus* Mill. (5 видов), *Spiraea* L., *Rubus* L., *Geum* L., *Fragaria* L. (по 4 вида). Число видов в семействе варьирует от 1 до 25 [2].

Критические роды семейства по количеству видов занимают первые четыре места, что связано как с трудностями в определении видов этих таксонов, так и с гибридизацией, в том числе внутривидовой и межвидовой. С последним явлением связано и выделение в составе самостоятельных видов гибридогенных рас, например, в роде *Rosa* L., где в результате гибридизации возникли устойчивые расы, *Rosa podolica* Tratt. и *Rosa subafzeliana* Chrshan., принимаемые в качестве видов, а также ситуация в секции *Cinnamomeae* DC., где 4 близких по морфологии вида по результатам генетических исследований отличаются друг от друга незначительно [3].

Растения по-разному приспособлены к условиям окружающей среды, что выражается в виде разных типов жизненных форм. Во флоре Республики Мордовия среди растений семейства *Rosaceae* Adans. доминируют травянистые поликарпические растения (по классификации И. Г. Серебрякова), на которые приходится 57 видов, что составляет 47,9 % видового состава семейства. По системе К. Раункиера по количеству видов значительно лидируют гемикриптофиты, на которые приходится 55 видов, что составляет 46,2 % видового состава *Rosaceae* Adans. во флоре республики.

Во флоре Мордовии выделено 7 экологических групп видов по отношению к водному фактору. Среди розоцветных заметно преобладают мезофиты (60 видов), ксеромезофиты (32 вида), мезоксерофиты (10 видов), что говорит о приуроченности видов семейства к умеренным широтам с тяготением к степной зоне.

В семействе *Rosaceae* Adans. флоры Мордовии преобладают аборигенные виды, адвентивная фракция насчитывает лишь 36 видов. Причем на древесные растения из них приходится 29 видов.

По степени натурализации среди видов адвентивной фракции семейства преобладают колонофиты (23 вида), эпекофитов и эфемерофитов насчитывается по 6 видов, группа агриофитов представлена 1 видом. По способу иммиграции во флоре незначительно преобладают эргазиофиты, насчитывающие 15 видов, немного меньше ксено-эргазиофитов – 14, ксенофитов – 7 видов. По времени заноса значительно преобладают кенофиты с 33 видами, что говорит о внедрении большинства адвентивных видов в последние 100 – 200 лет, связанных с увеличением антропогенной нагрузки на окружающую среду и расширением работ по интродукции.

Наибольшее количество видов адвентивной фракции семейства *Rosaceae* Adans. относится к восточноазиатской группе (9 видов), кроме того большое влияние на флору оказали флогенетические группы восточноевропейских видов и видов возникших в культуре (их по 6).

Таким образом, значительная часть видов семейства *Rosaceae* Adans.

представлена аборигенными видами, приуроченными в основном к умеренным широтам. Большая доля видов древесных растений среди адвентивной фракции семейства *Rosaceae* Adans. связана с использованием их в качестве декоративных и плодово-ягодных культур. Поэтому, можно ожидать внедрения в естественную флору интродуцентов, проявляющих тенденцию к «уходу» из культуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
2. Сосудистые растения Республики Мордовия (конспект флоры): монография / Под ред. Т. Б. Силаевой. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – 352 с.
3. Шанцер И. А., Войлокова В. Н. Сколько видов, родственных *Rosa majalis*, растет в Европейской части России? // Бот. журнал. – 2008. – Т. 93, № 11. – С. 1690-1703.

УДК 581.143.6.0835:633.1

ИНГИБИТОРНЫЙ ЭФФЕКТ САХАРОЗЫ НА АКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ЗЛАКОВ *IN VIVO* И В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Ю.И.Черленок, В.Н.Макаров, Л.Ф.Кабашникова

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск

В системе *in vitro* ткани, даже зеленеющие на свету, не являются абсолютно автотрофными в отношении углеродного питания. Сахароза может выступать не только фактором, определяющим уровень накопления биомассы каллуса, но также регулятором синтеза хлорофилла (Хл) в фотогетеротрофной культуре ткани большинства двудольных. В ходе исследований последних лет ингибиторный эффект избытка ассимилятов на фотосинтез или экспрессию генов, кодирующих белки фотосинтетического аппарата, показан также для ряда однодольных растений [1, 2]. Выяснение условий, стимулирующих морфогенез и фотосинтез в условиях культивации, позволяет установить определенную зависимость фотосинтетических процессов от концентрации углеводов в питательной среде.

В наших исследованиях показано, что рост каллусных тканей злаковых растений напрямую зависит от наличия в питательной среде определенных концентраций углеводов. В таблице 1 представлены результаты изучения влияния различных концентраций сахарозы на развитие каллусных тканей тритикале. Повышение уровня сахарозы в культуральной среде до определенных пределов вызывает усиление пролиферативной активности, однако снижает способность к морфогенезу, дифференциации и формированию фотосинтетического аппарата.

Таблица 1

Влияние различных концентраций сахарозы на развитие каллусных тканей тритикале «Дар Беларуси»

Концентрация сахарозы в среде	Сырая масса колонии, мг	Частота морфогенеза, %	Содержание сахаров в каллусной ткани (% в пересчете на сырую массу)	Содержание Хл ($a+b$), мкг/г сырой массы
1 %	251,2 ± 37,5	17,6 ± 6,1	7,91 ± 0,01	121 ± 25
2 %	307,5 ± 32,5	12,1 ± 4,9	11,02 ± 0,09	53 ± 15
3 %	354,0 ± 44,7	4,5 ± 2,3	13,88 ± 0,17	53 ± 14
4 %	297,5 ± 17,1	2,2 ± 1,8	14,7 ± 0,13	52 ± 13
5 %	118,2 ± 21,8	0,8 ± 0,5	14,2 ± 0,08	55 ± 19

Многие исследователи приходят к выводу, что инвертазная активность является ключевым лимитирующим шагом в процессах хлорофиллообразования. Отмечено, что у большинства культур аккумуляция сахаров в каллусе негативно коррелирует с активностью растворимой кислой и нейтральной инвертазы, отвечающих за расщепление сахарозы до гексоз, однако положительно коррелирует с активностью сахарозофосфатсинтазы и сахарозосинтазы. Другими словами, при накоплении сахарозы в тканях происходит ингибирование процесса фотосинтеза. Кроме того, на инвертазную активность влияют как композиционный состав культуральной среды и происхождение экспланта, так и возраст каллусной ткани.

Из данных, представленных на рисунке, можно заметить, что растворы сахарозы, в которых инкубировались срезанные 7-дневные листья пше-

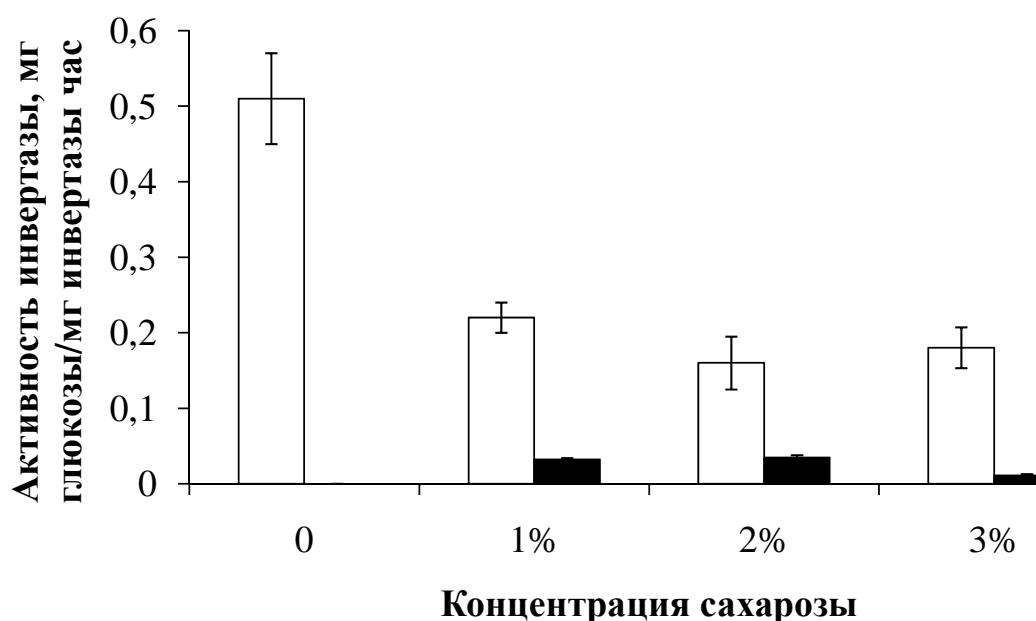


Рисунок. Активность растворимой инвертазы в зеленых листьях проростков пшеницы «Гармония», инкубированных 1 сут на растворах сахарозы, и в каллусных тканях из зародышевых эксплантов, выращенных на среде MS.

ницы в течение суток, подавляют инвертазную активность в тканях в 2,3–3 раза, и этот эффект практически не зависит от концентрации сахарозы. Количество экстрагируемой из листьев растворимой инвертазы, однако, мало зависело от инкубации на различных растворах сахарозы и колебалось в разных вариантах от 2,33 до 3,18 мг белка инвертазы/г сырой массы. Кроме того, если содержание инвертазы в листьях с ее активностью соотносятся 1:10, то каллусные ткани характеризуются величинами 1:30. Активность инвертазы в каллусных тканях, растущих в течение месяца на средах с различным содержанием сахарозы снижена по сравнению с ее содержанием в листьях примерно в 20 раз, и еще более снижается с повышением содержания сахара в среде.

Как нами было установлено при исследовании 7-дневных зеленых и деэтиолированных в течение 24 ч проростков пшеницы, скорость эффективного фотосинтетического электронного транспорта (*ETR*) и эффективного квантового выхода первичных реакций разделения зарядов в реакционных центрах ФС 2 ($\Phi_{\text{ФС2}}$) значительно снижается с увеличением концентрации сахарозы в среде инкубации. О падении фотосинтетической активности обработанных образцов также свидетельствует параметр медленной индукции флуоресценции $(F_m - F_t)/F_t$, снижающийся в 1,8 раза в зеленых листьях и почти в 20 раз в деэтиолированных. Степень окисления первичного акцептора электронов Q_A определяется числовыми значениями параметра коэффициента фотохимического тушения флуоресценции *qP*, соответствующим количеству (%) комплексов Q_A , находящихся в рабочем (окисленном) состоянии. Уменьшение по сравнению с контролем (92,5%) данного параметра на 30 % в деэтиолированных листьях, инкубированных на различных растворах сахарозы, свидетельствует о значительных нарушениях фотосинтеза на стадии поглощения углекислого газа. Кроме того, как можно видеть из таблицы 2, повышение показателя нефотохимического тушения флуоресценции *NPQ*, который не связан с редокс-состоянием первич-

Таблица 2

Влияние различных концентраций сахарозы на параметры медленной индукции флуоресценции Хл в деэтиолированных и зеленых листьях пшеницы ($0 \leq S_x \leq 0.7$)

Параметры флуоресценции, отн.ед.	Деэтиолированные листья				Зеленые листья			
	Концентрация сахарозы							
	0	1%	2%	3%	0	1%	2%	3%
F_0	0,203	0,278	0,194	0,181	0,163	0,176	0,175	0,26
F_m/F_0	3,8	1,13	1,2	1,58	5,08	4,6	4,46	3,31
$(F_m - F_t)/F_t$	2,19	0,117	0,195	0,336	2,85	2,36	1,95	1,6
<i>ETR</i>	33,8	22	22,6	9,6	35,2	32,6	30,1	24,7
$\Phi_{\text{ФС2}}$	0,671	0,437	0,448	0,19	0,698	0,647	0,597	0,489
<i>qP</i>	0,925	0,602	0,617	0,606	0,904	0,872	0,853	0,817
<i>NPQ</i>	0,074	0,146	0,142	0,336	0,165	0,184	0,19	0,325
<i>qE</i>	0,051	0,14	0,125	0,183	0,058	0,084	0,104	0,161

qI	0,023	0,006	0,017	0,153	0,107	0,101	0,186	0,259
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ного акцептора, свидетельствует о повышении теплового рассеивания в ФС 2 при ингибировании сахарозой, прежде всего, за счет изменения трансмембранного градиента протонов (рост показателя qE), а также за счет фотоингибирования комплексов ФС 2 (рост показателя qI).

Полученные данные позволяют сделать вывод, что при развитии каллусной ткани злаков, а также в деэтиолированных и зеленых растениях, повышенное содержание сахарозы является одним из определяющих факторов, оказывающих существенное влияние не только на накопление биомассы и морфогенную активность в культуре, но и на функционирование аппарата фотосинтеза

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Morcuende R., Martinez-Carrasco R. Short-term feedback inhibition of photosynthesis in wheat leaves supplied with sucrose and glycerol at two temperatures // *Photosynthetica*. – 1997. – V. 33. – P. 179-188.
2. Koch K. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development // *Curr.Opin. Plant Biol.* – 2004. – V. 7. – P. 235-246.

УДК 58.02

НАКОПЛЕНИЕ СВОБОДНОГО ПРОЛИНА У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА РАЗНОКАЧЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ СВЕТА

Д.Ю. Юнусов, Т.П. Якушенкова

Казанский государственный университет, г. Казань.

Свет является важным фактором регуляции фотоморфогенеза растений с участием множественных систем трансдукции сигнала [1]. Выращивание растений в искусственных условиях освещения, т.е. в светокультуре, является наиболее информативным методическим приемом для изучения их физиологических реакций при воздействии светового потока, так как такой подход позволяет использовать источники освещения с различным спектром излучения, а также регулировать интенсивность освещения растений.

В данной работе изучали влияние спектрального состава света на накопление свободного пролина, проявляющего протекторную роль при различных стрессах.

Пролин – стрессовый метаболит, содержание которого сильно возрастает при засухе, что связывают с распадом белков. Пролин – гетероциклическая аминокислота (иминокислота). У многих растений она накапливается в условиях биотического и абиотического стрессового воздействия. При этом пролин оказывает стабилизирующее действие на мембраны,

уменьшает осмотический стресс, защищает белки от денатурации, участвует в передаче стрессового сигнала, регулирует redox-потенциал клетки. Есть также данные, что он участвует в инактивации свободных радикалов, образуя с ними долгоживущие конъюгаты. Установлена связь пролина и АБК, поскольку последняя увеличивает его содержание [4].

Работа была выполнена на растении *Triticum aestivum* L. двух сортов: Немчиновская 24 и Мироновская 808, выращенных на водопроводной воде, в кюветах. Возраст исследуемых проростков 7–9 суток.

Растения выращивались в растильне, разделенной на три светоизолированных блока: 1 – белый свет (источник освещения – люминесцентные лампы ЛДС-40), 2 – синий свет (источник – люминесцентные лампы ЛГ-40, область пропускания 420–460 нм), 3 – красный свет (источник – люминесцентные лампы ЛК-40, область пропускания 620–640 нм) при 12-часовом световом периоде. Содержание свободного пролина определяли фотоколориметрическим методом [5].

При выращивании растений на разнокачественном составе света выявлено высокое накопление свободного пролина на красном и синем свете, тогда как на белом свете наблюдалось наименьшее накопление свободного пролина (рис. 1, 2). Ряд исследователей отмечают, что накопление свободного пролина коррелирует с чувствительностью вида к засолению [2]. Чувствительный к засолению сорт риса накапливает больше свободного пролина, чем устойчивый [6]. Таким образом, по накоплению свободного пролина можно судить о чувствительности растений к засолению. Исходя из полученных результатов, было сделано предположение, что под действием красного света чувствительность проростков к засолению будет выше, чем у проростков с синего и белого света.

Для проверки этого предположения была проделана следующая серия опытов по одновременному действию засоления и света различного спектрального состава на содержание свободного пролина.

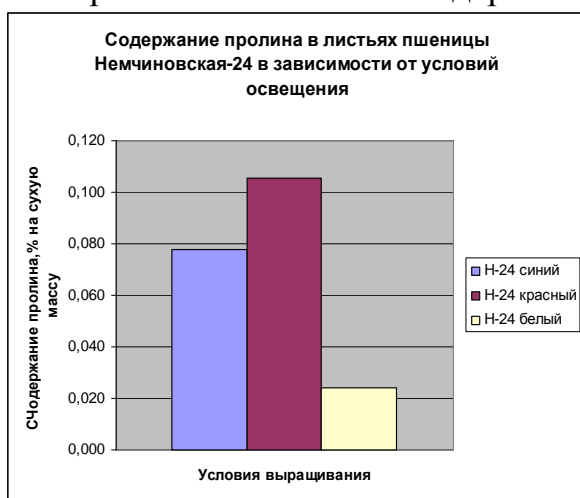


Рисунок 1. Содержание свободного пролина в листьях проростков пшеницы Немчиновская-24

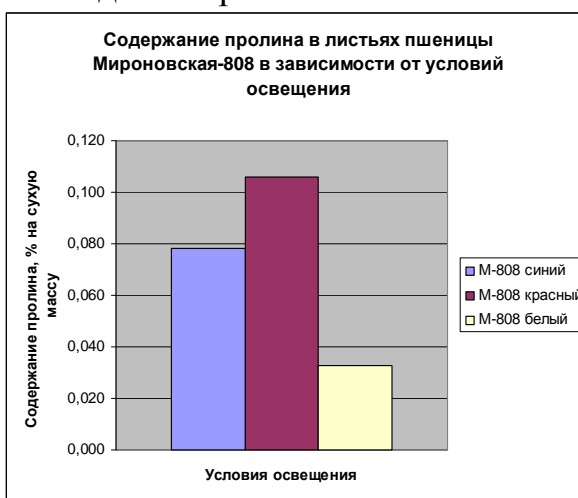


Рисунок 2. Содержание свободного пролина в листьях проростков пшеницы Мироновская-808

На представленных графиках (рис. 3, 4) отмечено, что у проростков,

выращенных на красном и белом свете, при засолении происходило увеличение содержания свободного пролина в среднем на 80 %, тогда как на синем свете количество свободного пролина существенно не изменилось. Вероятно, синий участок спектра положительно влияет на формирование устойчивости растений к засолению. Красный участок спектра не повлиял на чувствительность проростков пшеницы к засолению. Наиболее вероятным механизмом регуляции накопления свободного пролина под действием красного участка спектра может быть фотоингибирование фермента пролиндегидрогеназы или влияние на экспрессию генов синтеза этого фермента.

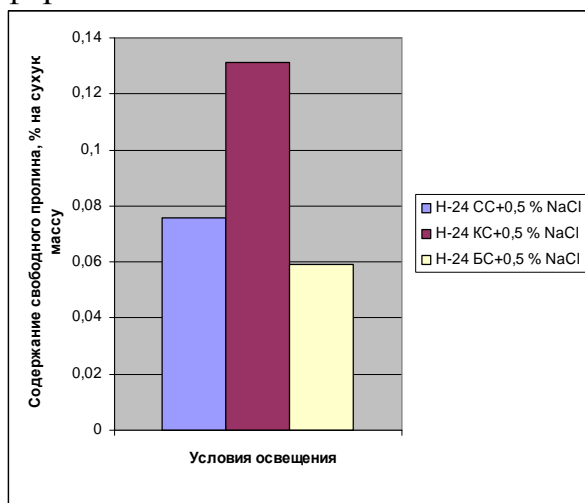


Рисунок 3. Содержание свободного пролина в листьях проростков пшеницы Немчиновская-24 при засолении

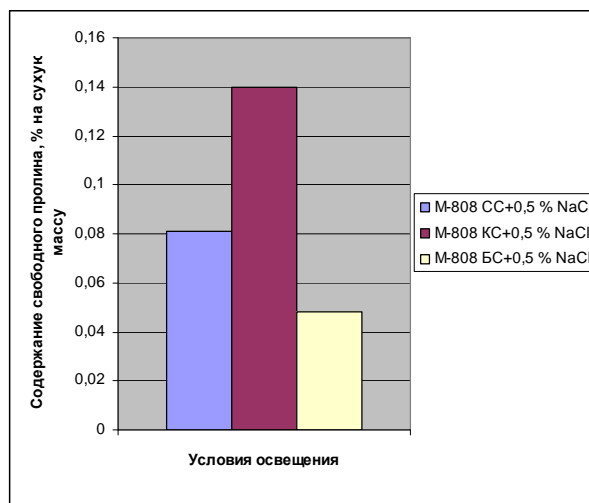


Рисунок 4. Содержание свободного пролина в листьях проростков пшеницы Мироновская 808 при засолении

В литературе есть данные о том, что повышение осмотического давления клетки и понижение осмотического потенциала клеток слабо коррелирует с уровнем содержания пролина. Более того, наблюдаемое увеличение в содержании пролина явно недостаточно для того, чтобы объяснить этот эффект [3] (эта проблема активно обсуждается: даже многократное увеличение в содержании пролина в условиях стресса недостаточно для того, чтобы объяснить наблюдаемые изменения осмотического потенциала [7], что позволяет некоторым авторам вообще отрицать роль пролина как осмопротектора [6]). Возможно, что взаимосвязи между содержанием пролина, выполняющего целый ряд специфических функций, и осмотическим давлением клеточного сока неоднозначны и могут находиться под влиянием дополнительных факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карначук Р.А., Негрецкий В.А., Головацкая И.Ф. Гормональный баланс листа растений на свету разного спектрального состава // Физиология растений. – 1990. – Т. 37, № 5. – С. 527-534.
2. Лымарь О.А. Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений: Автореф. дисс.... канд. биол. наук.

– Пермь: Пермский государственный университет, 2007. – 22 с.

3. Титов С.Е. Получение генетически модифицированных растений табака (*Nicotiana Tabacum* L.), экспрессирующих антисмысловой супрессор гена пролиндегидрогеназы: Автореф. дисс.... канд. биол. наук. – Новосибирск: Институт цитологии и генетики СО РАН, 2008. – 18 с.

4. Шевякова Н.И. Метаболизм и физиологическая роль пролина при водном и солевом стрессе // Физиология растений. – 1983. – Т. 30, №1. – С. 768-783.

5. Bates L.S., Waldren S.P., Teare I.D. Rapid Determination of Free Proline for Water-Stressed Studies // Plant Soil. – 1973. – V. 39. – P. 205-207.

6. Lutts S., Kinel J.M., Bouharmont J. Effects of Salt Stress on Growth, Mineral Nutrition and Proline Accumulation in Relation to Osmotic Adjustment in Rice (*Oryza Sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance // Plant Growth Regulation. – 1996. – V. 19. – P. 207-218.

7. Serraj R., Sinclair T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions // Plant, Cell and Environment. – 2002. – V. 25. – P. 333-341.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аросланкина Ю.Н., Гарькова А. Н., Бочкарева А. С., Лукаткин А.С.</i> Влияние гербицида Топик на проницаемость клеточных мембран в проростках пшеницы	4
<i>Астафуров В. И., Терешкин И. И., Медведева М. С.</i> Волновые процессы в живых системах	7
<i>Башмаков Д.И., Куликова О.Н.</i> Влияние регуляторов роста на поглощение и распределение тяжелых металлов в растениях кукурузы	10
<i>Будыкина Н.П., Алексеева Т.Ф., Хилков Н.И.</i> Влияние высокотемпературного стресса и фиторегулятора эпин экстра на плодообразование и урожайность томата	13
<i>Буцанец П.А., Королькова Д.В., Назаренко Л.В.</i> Антистрессовое действие эпибрассинолида в условиях повышенной концентрации свинца	16
<i>Варгот Е. В., Белякова Е. Е.</i> Растительный покров реки Ирсеть	17
<i>Горчакова А.Ю.</i> О фенологии шалфея лугового	19
<i>Деревинский А.В.</i> Формирование потенциала продуктивности яблони	22
<i>Егорова И. В., Лукаткин А. С.</i> Окислительные проявления в растениях редиса <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> при действии ионов меди	25
<i>Жидкин В.И., Семушев А.М.</i> Основные загрязнители продовольственного сырья и пищевых продуктов	28
<i>Ивашина А.А., Силаева Т.Б.</i> Виды растений красных книг в бассейне реки Пьяна	31
<i>Казнина Н.М., Титов А.Ф., Лайдинен Г.Ф., Батова Ю.В.</i> Влияние кадмия на фотосинтетическую активность листьев ячменя разного возраста	33
<i>Киселева З. А., Кузнецов В. А.</i> Питание и пищевые взаимоотношения рыб среднего течения р. Суры (с. Первомайское)	36
<i>Колмыкова Т.С., Сорокина Л.В.</i> Влияние температурных режимов на ростовые процессы и гормональную активность у растений	38
<i>Королькова Д.В., Буцанец П.А., Назаренко Л.В.</i> Изучение влияния мелафена на проростки пшеницы	41
<i>Коротина Т.М., Кузнецов В.А.</i> Современное состояние фауны мелких насекомоядных и мышевидных грызунов Инсарского района Республики Мордовия	42
<i>Курмаева Д.К., Саменкова Д.Ю.</i> Чешуекрылые г. Саранска и его окрестностей	45
<i>Латюк И. Д., Лукаткин А. С.</i> Сравнение влияния ионов меди и никеля на перекисное окисление липидов в растениях огурца	47
<i>Лукина Н.В., Шилова Л.В.</i> Микоризообразование на техногенных субстратах	49

Лукиянов С.В., Кузнецов В.А. Эмбрионально-личиночное развитие рыб в условиях астатичности факторов окружающей среды	52
Лукьянова А.Ю., Бабаков Е.М., Силаева Т.Б. О создании красных книг муниципальных районов	55
Николаева Т.Н., Загоскина Н.В., Гафуров Р.Г. Влияние стресспротектора-фиторегулятора Этихола на уровень ПОЛ у растений пшеницы.....	58
Письмаркина Е. В., Чурбанова Т. Н. Обзор флоры села Монастырское (Октябрьский район города Саранска)	61
Письмаркина Е. В., Чурбанова Т. Н. Адвентивный компонент сельской флоры (на примере села Монастырское Октябрьского района города Саранска)	64
Попов В.Н., Антипина О.В. Интенсивность окислительного стресса в листьях и корнях растений табака при закаливании	66
Русяева М. М., Аросланкина Ю. Н., Гарькова А. Н., Бочкарева А. С., Лукаткин А. С. Сравнительное изучение биохимических параметров культурных и сорных злаков при действии гербицида Гранстар	70
Сазанова К.А., Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Влияния Рибав-Экстра и ионов Pb^{2+} на проницаемость клеточных мембран растений фасоли	72
Симкина Н.А., Бурова Ю.А., Лукаткин А.А., Ибрагимова С.А. Влияние сроков хранения культуральной жидкости <i>P. aureofaciens</i> 2006 на развитие томата	73
Синькевич М.С., Нарайкина Н.В., Трунова Т.И. Адаптация холодостойких растений к гипотермии на примере различающихся по устойчивости сортов картофеля	74
Стробыкина А.С., Мифтахова И.Г., Стробыкина И.Ю., Тимофеева О.А. Влияние стевиозида и его производных на морфолого-биохимические показатели озимой пшеницы.....	79
Таланова В.В., Титов А.Ф., Фролова С.А. Влияние пониженных температур на Активность Протеолитических ферментов и ингибиторов трипсина в листьях огурца.....	82
Ханугин А.А., Силаева Т.Б. Розоцветные (<i>Rosaceae</i> Adans.) во флоре Республики Мордовия.....	84
Черленок Ю.И., Макаров В.Н., Кабашникова Л.Ф. Ингибиторный эффект сахарозы на активность фотосинтетического аппарата растений злаков <i>in vivo</i> и в культуре <i>in vitro</i>	86
Юнусов Д.Ю., Якушенкова Т.П. Накопление свободного пролина и растворимых сахаров у растений пшеницы <i>Triticum aestivum</i> L. при выращивании на разнокачественном составе света	89