

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ НА ВСХОЖЕСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ СЕМЯН НУГА АБИССИНСКОГО В ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЕ СИНЕРГОТРОНА ИСР-1.1

Зеленков В.Н.^{1,2}, д.с.-х.н., г.н.с.,

Латушкин В.В.³, к.с.-х.н., ученый-агроном,

Лапин А.А.⁴, к.х.н., доцент, **Марков М.В.⁵**, д.б.н., профессор,

Карпачев В.В.⁶, д.с.-х.н., зав. отделом,

Верник П.А.³, директор, **Гаврилов С.В.³**, нач. отдела,

Новиков В.Б.³, нач. отдела

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР), zelenkov-raen@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»
(ВНИИ овощеводства – филиал ФГБНУ ФНЦО)

³ Автономная некоммерческая организация «Институт стратегий
развития» (АНО «Институт стратегий развития»)

⁴ ФГБОУ ВО «Казанский энергетический университет»

⁵ ФГБОУ ВО Московский педагогический государственный университет
(ФГБОУ ВО МПГУ)

⁶ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рапса»
(ФГБНУ ВНИИ рапса)

В работе исследовано воздействие режимов импульсного облучения при проращивании семян нуга абиссинского в лабораторных условиях на экспериментальном образце синерготрона ИСР-1.1. Показано, что импульсное облучение семян нуга абиссинского сорта «Липчанин» в режиме 1/3 с (длительность импульса 1 с, пауза 3 с, 24 ч/сут) увеличивало энергию прорастания семян на 8 %, всхожесть на 7,4 %, сырую биомассу проростков на 6 %. Отмечена практически полная остановка в росте сеянцев в стадии образования 1-го настоящего листа. Отмечена дифференциация сеянцев по высоте в конце периода проращивания при импульс-

ном облучении (16-19 % семян), не проявившаяся в контрольном варианте (в темноте).

Введение. Одной из перспективных масличных и белковых культур для интродукции и внедрения в производство является нуг абиссинский (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass). В ФГБНУ «ВНИИ рапса» создан первый отечественный сорт «Липчанин». Представляет интерес изучение биологических особенностей новой культуры, в частности ответных реакций семян на импульсное облучение при их проращивании.

Материалы и методы. Эксперимент проводили в синерготроне модели ИСР-1.1. конструкции АНО «Институт стратегий развития» (закрытой камере с цифровым программным управлением). Объект исследований – семена и проростки нуга «Липчанин». Проращивание семян осуществлялось согласно ГОСТ 12038-84 с изменениями, при использовании подложки из минеральной ваты. Количество семян по 50 семян в чашке Петри, повторность трехкратная. Уровень интенсивности света, создаваемый светодиодными светильниками красного и синего света на уровне чашек Петри в период действия импульса, составил 240-290 мкМоль/м²*с. Использовались следующие режимы импульсного облучения: 1 с/3 с (длительность импульса 1 с, перерыв – период следования импульса 3 с); 1 с/2 с; 1 с/1 с; 1 мс/3 мс. Температура проращивания в синерготроне 25-26 °С. Контроль – проращивание в темноте, на 7-й день проращивания этиолированные сеянцы помещали на свет 1 с/3 с. Суммарную антиоксидантную активность (САОА) измеряли кулонометрическим методом по МВИ-01-00669068.

Результаты и их обсуждение. В результате проведения экспериментов установлено:

– Импульсное облучение в режиме 1/3 с стимулировало прорастание семян нуга абиссинского (всхожесть 66,7 %, в контроле – 59,3 %, энергия прорастания 61,3 и 53,3 % соответственно). Данные по другим вариантам близки к контро-

лю, но энергия прорастания (не всхожесть) снижалась при импульсах 1/1 с и 1/3 мс.

– В контрольном варианте (темнота) растения сильно вытягивались и достигали в среднем высоты 7,3 см. При импульсном облучении высота сеянцев составила 2,2 см (1/3 мс) – 3,7 (1/3 с).

– Биомасса надземной части сеянцев была больше по сравнению с контролем при режимах 1/3 с (на 6 %) и 1/2 с (на 5,3 %) и меньше при 1/1 с (на 13 %) с и 1/3 мс (на 7,6 %).

– Активный рост сеянцев практически прекращался в стадии образования первого настоящего листа (примерно на 7-е сутки от посева семян). Предположительно, запасы питательных веществ семени заканчиваются, а активный фотосинтез отсутствовал.

– У большей части сеянцев нуга рост после 7 сут от посева семян прекратился, однако из общей массы сеянцев выделилась группа растений, у которых рост продолжился (доля таких сеянцев 16-19 % от общего количества высеянных семян, кроме контроля). В контрольном варианте дифференциации по высоте не было.

– Суммарная антиоксидантная активность (САОА) проростков при импульсном облучении светодиодами возрастала при режимах 1/1 с (98,983 г аскорбиновой кислоты на 100 г с.о. образца) и 1/2 с (81,516) и была близка к контролю при 1/3 с и 1/3 мс. При досушивании образцов при 105 °С САОА возрастала по сравнению с сушкой при комнатной температуре (кроме 1/1 с), что говорит о термолабильности данного параметра при проращивании семян нуга в указанных импульсных режимах освещения.

Заключение. Получены первые экспериментальные данные по влиянию освещения в импульсном режиме на прорастание семян нуга абиссинского в условиях эксперимента в закрытой системе экспериментального образца синерготрона ИСП-1.1. Показаны различия в параметрах энер-

гии и всхожести семян нуга абиссинского при различных вариантах реализации импульсного освещения. Выявлен экспериментальный факт, что при общей тенденции торможения начального периода фотосинтеза в условиях импульсных режимов, для 20 % особей нуга рост их сеянцев продолжился с формированием пула одинаковой высоты растений.

DOI: 10.22363/09358-2019-317-320

УДК 634:11:631.559:631.816.12

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ГРУШИ

*Иваненко Е.Н., к.с.-х.н.,
Дроник А.А., м.н.с., Александрова Т.И., м.н.с.*

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр» РАН,
с. Соленое Займище, Россия, Plodovoyagod.otdel@mail.ru*

В статье приведены данные многолетнего изучения влияния некорневых обработок минеральными удобрениями и стимуляторами роста на биометрические параметры и урожайность сорта груши Талгарская красавица.

Введение. Перспективным направлением современных ресурсосберегающих технологий выращивания различных сельскохозяйственных культур является применение стимуляторов роста и некорневых подкормок водорастворимыми удобрениями нового поколения, которые могут активизировать обмен веществ растений, снизить негативные последствия экстремальных погодных условий [1–3]. Для аридных условий Прикаспия, где практически ежегодно, в периоды роста и формирования плодов, дифференциации плодовых почек, выпадает мало осадков, повышается температура, применение некорневого питания наиболее актуально [4].

В связи с этим цель наших исследований – изучить влияние некорневого минерального питания на процессы роста и развития груши в остросасушливых условиях Северного Прикаспия.

Материалы и методы проведения исследований. Научно-исследовательская работа проведена в 2014-2018 гг. в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре (Астраханская область), согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [5].

Опыт заложен на груше сорта Талгарская красавица (подвой семенной) в насаждениях 2003 г. посадки. Схема посадки $8,0 \times 4,0$ м, вариантов – 6, повторность трехкратная, размещение деленок рендомизированное.

Некорневые обработки макро- и микроэлементами, стимуляторами роста проводили в течение периода вегетации в определенные фазы роста и развития растений на фоне полного минерального удобрения, вносимого ранней весной до начала вегетации один раз в три года. В качестве фонового удобрения использовалась нитроаммофоска из расчета 60 кг/га действующего вещества каждого элемента. Удобрения и стимуляторы роста применяли в виде водных растворов. В целом за вегетационный период нитроаммофоска применялась дважды в концентрации 0,3 %, бороплюс – трижды (0,06 %), плантафол – трижды (0,3 %), спидфол – 5 раз (0,2 %), мегафол – 2 раза (0,4 %). Контроль во всех опытах – обработка деревьев водой.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов полевых опытов показал, что обработка деревьев груши регуляторами роста и водорастворимыми минеральными удобрениями, содержащими доступные формы элементов питания, способствовала активизации ростовых процессов (табл. 1).

**Влияние некорневых обработок на биометрические показатели
роста, 2014-2018 гг.**

Вариант опыта	Окружность штамба, см	Прирост побега продолжения, см	Площадь листа, см ²	Листовая поверхность дерева, м ²	Хозяйственная продуктивность площади листьев, кг/м ²	Урожайность, т/га
Контроль	48,2	13,8	25,2	50,0	0,85	16,1
Нитроаммофоска	50,7	13,8	26,1	50,8	0,95	16,8
Бороплюс	54,5	15,4	27,5	51,2	1,28	21,9
Плантафол	56,8	16,2	27,6	56,3	1,32	23,4
Спидфол	54,0	14,4	28,3	52,4	1,31	20,8
Мегафол	57,2	14,5	28,9	58,1	1,34	24,4
НСР ₀₅	3,3	1,8	3,6	5,4	0,5	5,5

Усиление процессов жизнедеятельности растений прослеживалось по показателям прироста окружности штамба, длины годичных побегов, площади листа и листовой поверхности, хозяйственной продуктивности листьев, что в конечном итоге оказывало положительное влияние на увеличение урожая.

Прибавка урожая в среднем за 5 лет по отношению к контролю составила 0,7-7,3 т/га. При этом достоверно значимая прибавка была получена в вариантах с применением плантафола и мегафола.

Выводы. Наиболее эффективное влияние на ростовые процессы и урожайность оказал многокомпонентный водорастворимый комплекс плантафол и стимулятор роста мегафол, при использовании которых опытные деревья в большинстве случаев достоверно превышали контроль по рассматриваемым параметрам.

Библиографический список

1. Заргарян Н.Ю. Применение биопрепаратов и регуляторов роста в Зауралье / Заргарян Н.Ю. [и др.] // Применение средств

химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур: материалы 45-й Международной научной конференции молодых ученых и специалистов (ВНИА). М., 2011. С. 39-42.

2. Грушев О.А. Формирование продуктивности деревьев яблони при использовании некорневых подкормок / О.А. Грушев [и др.] // Методы изучения продукционного процесса растений и фитоценозов. Нальчик, 2009. С. 61-63.

3. Куликов И.М. Повышение эффективности ведения садоводства на основе методического регулирования / И.М. Куликов // Садоводство и виноградарство. 2012. № 3. С. 6-10.

4. Сожин А.А. Погода и климат Волгоградской области / А.А. Сожин [и др.]. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 30 с.

5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова [и др.]. Орел, 1999. 606 с.

DOI: 10.22363/09358-2019-320-323

УДК 581.143.6:633.352.1

ИНДУКЦИЯ СИНТЕЗА ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

***Кабашникова Л.Ф., д.б.н., зав. лабораторией,
Савченко Г.Е., к.б.н., ст.н.с., Абрамчик Л.М., к.б.н., с.н.с.,
Доманская И.Н., к.б.н., н.с., Макаров В.Н., н.с.***

*Государственное научное учреждение «Институт биофизики
и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»,
(ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»),
kabashnikova@mail.ru*

*State Scientific Institution «Institute of Biophysics and Cell Engineering
of National Academy of Sciences of Belarus» (Institute of Biophysics
and Cellular Engineering of NAS of Belarus)*

При обработке каллусных тканей красной фасоли и арахиса растворами салициловой кислоты (СК) обнаружена разная по величине сти-

муляция общего синтеза полифенолов. В обоих объектах СК не влияла на синтез антоцианов и индуцировала образование ресвератрола только в каллусах арахиса.

Under treatment with the solutions of salicylic acid (SA), the synthesis of polyphenols was stimulated differently in callus tissues of read kidney beans and peanuts. However, no influence of SA on the synthesis of anthocyanins was observed for both objects, and resveratrol synthesis was induced only in the peanut callus.

Введение. Хорошо известно профилактическое и радиопротекторное действие на человека таких классов полифенольных соединений, как антоцианы и стильбены (ресвератрол). Оптимальным способом получения ценных антиоксидантов полифенольной природы является стимуляция их синтеза в растительных объектах. В настоящей работе исследовано влияние экзогенной СК, обладающей свойствами антистрессового фитогормона, в качестве эндогенного компонента сигнальных систем, включающих программы синтеза различных антиоксидантов [1; 2], на содержание разных групп полифенолов в культуре ткани бобовых растений.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись каллусные ткани, полученные из асептических проростков красной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) и арахиса (*Arachis hypogaea* L.). Способы стерилизации семян, состав смесей и среды для развития каллуса подбирали экспериментально [3]. Каллусные ткани сначала выращивали в течение 30 дней в термостате без освещения, затем – на свету на фоне разной по продолжительности обработки водными растворами СК или без нее. Отбор каллусных масс для анализа проводили через 15 сут после последнего пассажа.

Содержание полифенолов (в расчете на единицу сырой массы в эквиваленте галловой кислоты [4]) и антоцианов (в эквиваленте цианидин-3,5-дигликозида [5]) в экстрактах из каллусных тканей определяли спектрофотометрически, ресвератрола – с помощью ВЭЖХ.

Результаты и их обсуждение. Кратковременное воздействие (30 или 60 мин) водного раствора СК (10^{-6} М) активировало синтез полифенолов в каллусных тканях красной фасоли в большей степени, чем в каллусах арахиса (таблица): 3–4-кратное превышение контроля в первом объекте и только 1,7–2-кратное – во втором. Постоянное присутствие СК той же концентрации в среде выращивания было менее эффективным. Стимуляция общего синтеза полифенолов происходила на фоне отсутствия антоцианов, и СК не влияла на их синтез в обоих объектах. Фенольные пигменты в кислом экстракте из каллусов арахиса имели максимум в спектре поглощения при 460 нм, в то время как антоцианы поглощают свет в области 510–520 нм (табл. 1).

Таблица 1

Влияние экзогенной салициловой кислоты (СК, 10^{-6} М) на синтез различных классов полифенолов в каллусных тканях

Каллусная масса	Время инкубации каллуса на СК, мин	Общие полифенолы, мкг/г с. массы	Антоцианы, мкг/г с. массы	Ресвератрол, усл. ед.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0	73,2 ± 1,8	–	–
	30	223,5 ± 6,7	–	–
	60	282,9 ± 14,1	–	–
<i>Arachis hypogaea</i> L.	0	453,1 ± 18,1	–	1,0 ± 0,05
	30	885,4 ± 35,4	–	1,5 ± 0,07
	60	668,9 ± 20,1	–	7,4 ± 0,40

В отличие от кожуры плодов и проростков в каллусных тканях арахиса количество стильбенов, идентичных трансресвератролу, вполне поддавалось идентификации. Максимальная величина прироста содержания ресвератрола под влиянием СК (в 7 раз) превышала увеличение общего количества полифенолов (в 2 раза). Можно предположить, что действие СК приводило к перераспределению потока метаболитов в цепь синтеза стильбенов.

Заключение. Полученные результаты показали, что экзогенная СК способна стимулировать общий синтез полифе-

нолов в каллусах красной фасоли и арахиса, а также ресвератрола в каллусах арахиса. При этом очевидно, что отсутствие антоциановой ветви метаболизма полифенолов является недостаточным условием для СК-индуцированной стимуляции синтеза ресвератрола в каллусных тканях исследованных бобовых растений, а индукция его синтеза в культуре ткани видоспецифична. Вполне вероятно, что видоспецифичность действия СК зависит от ее взаимодействия с другими гормонами [2]. Увеличение содержания ресвератрола под влиянием экзогенной СК может быть следствием метаболической регуляции биохимических превращений полифенольных соединений, связанной с прекращением оттока ключевого метаболита – фенилаланина в цепь эндогенного биосинтеза СК.

Библиографический список

1. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
2. Pieterse C.M., Van Loon L.C. NPR1: the spider in the web of induced resistance signaling pathways // Curr. Opin. Plant Biol. 2004. Vol. 7 (4). P. 456-464.
3. Скапцов М.В., Балабова Д.В., Куцев М.Г. Оптимизация сред для культивирования растений *in vitro* на примере щавеля водного *Rumex aquaticus* L. // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 1. С. 32-35.
4. Мечикова Г.Я., Степанова Т.А., Загузова Е.В. Количественное определение суммы фенольных соединений в листьях земляники // Химико-фармацевт. журнал. 2007. Т. 41. № 2. С. 38-41.
5. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Методы анализа витаминов: практикум. Калининградский университет, Калининград: Изд-во КГУ им. И. Канта, 2004. 35 с.

НАКОПЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЯХ ГИБРИДОВ СОРГО НА ОСНОВЕ ИСТОЧНИКОВ СТЕРИЛЬНОСТИ А1, А2, А3, А4, А5, А6

Кибальник О.П., к.б.н., главный научный сотрудник,
Каменева О.Б., к.с.-х.н., главный научный сотрудник

*ФГБНУ Российский научно-исследовательский
и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»
(ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»), kibalnik79@yandex.ru*

*Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum
and Corn Federal State Government-Funded Scientific Institution*

В статье представлены двухлетние результаты содержания зеленых пигментов в наибольшем листе (4-й снизу на главном стебле) гибридов F1 сорго. Установлено количество хлорофиллов *a* и *b*, а также их сумма и соотношение в разные фазы развития растений. Наибольшее накопление пигментов выявлено в фазу кущения.

Введение. Сорго – засухоустойчивая и высокоурожайная культура, поэтому для выращивания в районах с недостаточным увлажнением эффективность фотосинтеза имеет важное значение (Кибальник, Эльконин, 2009). Продуктивность фотосинтеза растений зависит от многих показателей, в том числе генотипа, фазы развития, условий выращивания, содержания и соотношения в листьях пигментов – хлорофиллов (*a* и *b*), каротиноидов (каротин и ксантофилл). В литературе отмечено, что соотношение хлорофиллов и каротиноидов свидетельствует об адаптивной способности генотипа (Грюнер, Кулешова, 2018; Калинина, Лящева, 2018). В настоящее время в селекции гибридов сорго на улучшение хозяйственно-ценных признаков, повышение устойчивости к биотическим, абиотическим стрессорам и в конечном итоге продуктивности в засушливых условиях России, Китая, Индии, США в программу скрещиваний включают материнские

формы с разными источниками стерильности. Поэтому выявление цитоплазматических эффектов типов А1, А2, А3, А4, А5, А6 на содержание фотосинтетических пигментов у гибридов F1 является актуальным.

Материалы и методы. Гибриды F1 (с сортом Восторг) выращивали на опытном поле института в 2016-2017 гг. на делянках площадью 7,7 м² в трехкратной повторности, размещение рандомизированное. Содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрическим методом (Ермаков, 1987) на приборе ПЭ-5300В у 4-го снизу листа трех растений с делянки в фазы кущения, выметывания и цветения. Концентрацию пигментов рассчитывали по уравнениям:

$$C_{\text{хл. } a} = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{664}; C_{\text{хл. } b} = 21,426 \cdot D_{664} - 4,650 \cdot D_{662},$$

где D_{662} и D_{664} – показания оптической плотности хлорофилла a и b .

Содержание пигментов в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и навески определяли по формуле

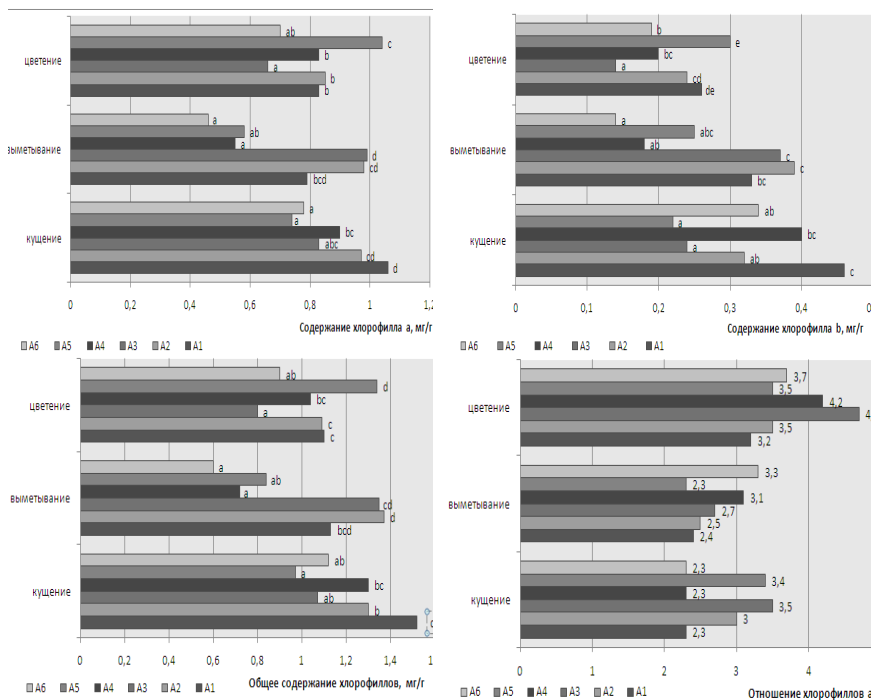
$$A = C \cdot V / (P \cdot 1000),$$

где A – содержание пигмента, мг/г сухого (или сырого) веса; C – концентрация пигмента, мг/л; V – объем вытяжки, мл; P – навеска сухого (или сырого) веса.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью пакета программ «AGROS 2.09».

Результаты и их обсуждение. В результате статистической обработки экспериментальных данных по содержанию хлорофилла в среднем за 2016-2017 гг. в листьях гибридов между ними установлены различия во всех фенологических фазах (рис. 1). Наибольшее количество хлорофилла a в фазу кущения отмечено у гибридов на основе типов ЦМС – А1, А2 и А4 (0,90-1,06 мг/г); выметывания – А2 и А3 (0,98-0,99 мг/г); цветения – А5 (1,04 мг/г). Наибольший синтез хлорофилла b в фазу кущения выявлен у гибрида с цитоплазмой А1 (0,46 мг/г); выметывания – А2 и А3 (0,37-0,39 мг/г); цветения – А5 (0,30 мг/г). Аналогичная тен-

денция наблюдалась и по общему содержанию зеленых пигментов. Количество пигментов существенно изменялось у гибридов F1 в зависимости от года исследований: более высокие концентрации хлорофиллов отмечены в 2016 г. При этом цитоплазматический эффект на их накопление проявлялся каждый год.



Примечание: показатели, обозначенные разными буквами, значительно различаются между собой при $p \leq 0,05$, в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Рис. 1. Содержание пигментов в листьях гибридов F1 сорго в разные фазы развития (среднее за 2016-2017 гг.)

Закключение. Полученные данные показывают, что привлечение разных типов стерильных цитоплазм позволяет создавать гибридные комбинации с более высоким содержа-

нием хлорофилла и, как следствие, может быть использовано для повышения их адаптивности и продуктивности.

Библиографический список

Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики // Современное садоводство. 2018. № 3. С. 74-80.

Ермаков А.И. Методы биохимических исследований растений. Л.: Колос, 1987. С. 101-108.

Калинина А.В., Лящева С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (2). С. 286-290.

Кибальник О.П., Эльконин Л.А. Влияние типов стерильных цитоплазм на содержание пигментов в листьях гибридов F1 зернового сорго // Доклады РАСХН. 2009. № 1. С. 18-21.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФИТОХРОМОВ НА СТРЕСС-УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ *ARABIDOPSIS THALIANA*

Шмарев А.Н., Креславский В.Д.

Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук (ИФПБ РАН), обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН), г. Пушкино, Россия, shurik_bx_04@mail.ru

Shmarev A.N., Kreslavski V.D.

Institute of Fundamental Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences (IFPB RAS), a separate division of the Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center" Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences " (FRC PSCBR RAS), Pushchino, Russia

Предоблучение красным светом листьев растения арабидопсиса снижает негативное влияние УФ-радиации у дикого типа и частично у мутанта *hy3* и не влияет или усиливает действие УФ-радиации у мутанта *hy2*, тем самым подтверждая защитную роль фитохромов, в частности фитохрома В.

Ключевые слова: Арабидопсис, фитохромы, стресс-устойчивость
Keywords: *Arabidopsis thaliana*, phytochromes, stress resistance.

Введение. Известен ряд механизмов адаптации фотосинтетического аппарата к развитию окислительного стресса. К ним относятся сдвиг баланса оксидантов-антиоксидантов, увеличение скорости восстановления фотохимической активности фотосистемы 2. Ранее нами было показано, что стресс-устойчивость растений при облучении УФ и светом высокой интенсивности была ниже у мутантов с дефицитом фитохромов по сравнению с диким типом (ДТ) за счет пониженного содержания каротиноидов и флавоноидов [1-3]. В

данной работе мы рассматриваем влияние содержания фитохрома В на активность ключевого фермента в биосинтезе флавоноидов – L-фенилаланин-аммоний-лиазы (ФАЛ), а также аскорбатпероксидазы, которая является ферментом антиоксидантной защиты и ее задача устранить повышенное содержание активной формы кислорода, а также на фотохимическую активность фотосистемы 2.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования служили 23–28-дневные растения *Arabidopsis thaliana* ДТ и мутанты, дефицитные по фитохромам, *hy2*, *hy3* выращенные на белом свете (БС), 130 мкМ квантов/м²с. Растения подвергались УФ-А облучению (2 ч) интенсивностью 1 Вт/м², облучению красным светом (КС) 20 мин, а также КС-УФ-облучению. Фотохимическую активность фотосистемы 2 оценивали с помощью JР-теста.

Результаты и их обсуждение. При облучении УФ-А (2 часа) активность фермента ФАЛ снижалась у ДТ и мутантов по фитохрому В *hy3* и *hy2* на 10, 10, 20 % соответственно. При предоблучении листьев растений арабидопсиса КС отмечено повышение активности ФАЛ у ДТ и *hy3*, тогда как у *hy2* активность снижалась на 15–20 %. Это объясняется наличием рецепторов КС-фитохромов (Фх) у ДТ и *hy3*, где дефицит только ФхВ, и сниженным содержанием фитохромобилина, то есть дефицитом всех Фх у мутанта *hy2*. При воздействии УФ-А радиации (2 ч.) на листья растений арабидопсиса было показано, что УФ-А снижает активность аскорбатпероксидазы на 20–30 % как у ДТ, так и у мутантов *hy2*, *hy3*. Предоблучение КС листьев растений ДТ и *hy3* не влияло на активность аскорбатпероксидазы, тогда как у *hy2* снижалась на 15 %. Облучение листьев арабидопсиса сначала КС, а затем УФ-А приводило к частичному восстановлению активности ФАЛ у ДТ, отсутствию восстановления у *hy3* и вызывало сильнейший стресс у растений *hy2*. Наличие эффекта восстановления активности ферментов при облучении КС у ДТ и его отсутствие у *hy3* и *hy2* свидетельствует о во-

влечении ФxВ в процессы регуляции активности фермента. Аналогичная картина наблюдалась с активностью аскорбатпероксидазы, где предоблучение КС снимает эффект УФ у ДТ и hu3 и не снимало, а усугубляло у hu2.

Максимальный фотохимический квантовый выход у растений арабидопсиса и его мутантов (hu3, hu2) в норме не отличается. При облучении растений УФ-А (2 ч) максимальный фотохимический квантовый выход снижается у ДТ и мутантов hu3, hu2 на 9, 12, 13 % соответственно.

При предоблучении растений арабидопсиса и его мутантов hu3, hu2 КС (20 мин) и последующем облучении УФ-А максимальный фотохимический квантовый выход у ДТ снизился незначительно, у hu3 снизился меньше, чем при облучении УФ, и у hu2 значение совпадает с облучением УФ. Меньшее снижение значения максимального фотохимического квантового выхода у ДТ облученного КС-УФ по отношению к УФ можно объяснить протекторными свойствами КС при наличии их фоторецепторов фитохромов, а в частности фитохрома В (ФxВ). У мутанта hu3 отсутствует один тип фитохрома – ФxВ, поэтому действие КС заметно, но не так выражено. Тогда как у hu2 (отсутствие всех типов фитохромов) КС никак не влиял на параметр фотохимического квантового выхода после облучения УФ.

Заключение. Фиторомы, в частности ФxВ, играет ключевую роль в регуляции активности ферментов, а следовательно, влияет на стресс-устойчивость фотосинтетического аппарата растений *Arabidopsis thaliana*.

Библиографический список

1. Креславский В.Д. и др. Повышение устойчивости фотосинтетического аппарата проростков салата к УФ-А-радиации в результате активации фитохрома В // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. С. 20-23.
2. Kreslavski V.D. et al. Effect of preillumination with red light on photosynthetic parameters and oxidant-/antioxidant balance in Ara-

bidopsis thaliana in response to UV-A // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2013. T. 127. С. 229-236.

3. Kreslavski V.D. et al. Response of photosynthetic apparatus in Arabidopsis thaliana L. mutant deficient in phytochrome A and B to UV-B // Photosynthetica. 2017. С. 418-426.

DOI: 10.22363/09358-2019-331-334

УДК 636.085.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОСЛЕЙ-ПРОДУЦЕНТОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОРМОВ*

Мальцев Е.И., Мальцева С.Ю., Куликовский М.С.

*Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева
Российской академии наук, Москва, Россия, ye.maltsev@gmail.com*

Maltsev Y.I., Maltseva S.Y., Kulikovskiy M.S.

K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, IPP RAS, Moscow, Russia

Перспективность использования водорослей в качестве сырья при производстве кормов для сельского хозяйства, по сравнению с сельскохозяйственными культурами, заключается в их высокой продуктивности, способности накапливать биомассу воде, а не на пахотных землях; возможности усваивать углекислоту в промышленных масштабах. Данная работа предусматривает скрининг зеленых водорослей для выявления новых, коммерчески перспективных продуцентов липидов, которые могут быть использованы в качестве сырья при производстве кормов и подкормок в сельском хозяйстве. В этой работе мы провели эксперименты по определению оптимальных условий роста и проанализировали состав жирных кислот штаммов зеленых водорослей, принадлежащих к *Bracteacoccus bullatus*, *Parietochloris grandis* и *Pseudomuriella engadinensis*.

Ключевые слова: водоросли, биотехнология, аквакультура, общие липиды, состав жирных кислот, филогения.

* Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-74-00095).

The prospects of using algae as feedstock for agriculture feed production in comparison with agricultural crops, are in their high productivity, ability to accumulate biomass in water and not on arable land; the possibility to absorb carbon dioxide on an industrial scale. This project provides for the implementation of research on screening of green algae to identify new commercially promising producers of lipids, which can be used as vegetable feed for agricultural feed. We performed experiments to determine optimal growth conditions and analyzed the composition of fatty acids of *Bracteacoccus bullatus*, *Parietochloris grandis* and *Pseudomuriella agadinensis*.

Keywords: algae, biotechnology, aquaculture, total lipids, fatty acid composition, phylogeny.

Введение. Переход к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству является одной из первоочередных задач для достижения высокого качества питания населения. Именно характер продовольствия, как базового показателя жизнедеятельности человека, выступает основным индикатором социально-экономического развития страны, определяет здоровье и продолжительность жизни каждого отдельного человека. Современная теория питания фокусируется на многочисленных преимуществах достаточного количества полиненасыщенных жирных кислот в рационе человека, а в первую очередь – омега-3 кислот (ω 3-PUFA). Основным диетическим источником жирных кислот является морская рыба. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что рыбий жир фактически обогащается омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами через морскую пищевую цепочку из зоопланктона, потребляющего микроводоросли, содержащие ω 3-PUFA или из водорослей напрямую. Данная работа посвящена определению биотехнологического потенциала ряда штаммов зеленых водорослей путем определения жирнокислотного состава их биомассы с одновременным выяснением таксономического положения и видовой принадлежности методами световой микроскопии и молекулярной филогении.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования служили штаммы зеленых водорослей, принадлежащих к видам *Bracteacoccus bullatus* Fuciková, Fletcher et L.A. Lewis, *Parietochloris grandis* Maltsev et Maltseva и *Pseudomuriella engadinensis* (Kol. et Chodat) Fučíková, Rada et Lewis. Штаммы были выделены из почвенных культур. Микроскопические исследования и фотографирование проводили с помощью светового микроскопа Zeiss Scope A1. Филогенетические исследования проводили с помощью последовательностей ядерного гена 18s rDNA и хлоропластного *rbcL*. Состав жирных кислот определяли при помощи газожидкостной хроматографии.

Результаты и их обсуждение. Манипулирование содержанием азота и фосфора в среде BG-11 позволило увеличить содержание липидов с 17 до 59 % в сухой биомассе *Bracteacoccus bullatus*. Снижение концентрации азота и фосфора в среде в 10 раз было наиболее эффективным методом увеличения содержания липидов по сравнению с условиями с высоким содержанием питательных веществ. Олеиновая (48-64 % от общего количества жирных кислот) и линолевая (14-24 %) кислоты доминировали в профиле жирных кислот, что делает наш штамм подходящим кандидатом в качестве их продуцента в биотехнологически значимых масштабах. Определение состава жирных кислот в биомассе *Parietochloris grandis* показало, что доминирующими жирными кислотами во время культивирования на среде BG-11 были линолевая кислота (24-25 %), пальмитиновая кислота (12-14 %), линоленовая кислота (9-12 %) и олеиновая кислоты (7-11 %). Такие показатели позволяют рассматривать данный штамм в качестве биотехнологически перспективного производителя линолевой и олеиновой жирных кислот. Анализ жирнокислотного состава клеток *Pseudomuriella engadinensis* показал, что содержание суммарных липидов в стационарной фазе роста при культивировании на среде ВВМ было на уровне 88 мг/г сухой массы клеток, а главными

жирными кислотами являлись пальмитиновая, гексадекадиеновая, олеиновая, линолевая и α -линоленовая – на их долю приходилось 82 % от суммы всех жирных кислот.

Заключение. Наша работа дополняет полученные ранее данные о способности зеленых водорослей аккумулировать достаточное количество липидов и наличии необходимого спектра жирных кислот, что в целом дает возможность использовать их биомассу для повышения эффективности сельскохозяйственных кормов.

ВЛИЯНИЕ 1-ЭТОКСИСИЛАТРАНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ САЛАТА ЛИСТОВОГО ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СИСТЕМЫ ФИТОТРОНА ИСР-0.1

Осман Али Джамиль¹, аспирант, **Зеленков В.Н.^{2,3}**, д.с.-х.н.,
з.н.с., **Елисеева Л.Г.¹**, д.т.н., профессор,
Латушкин В.В.⁴, к.с.-х. н., ученый-агроном,
Барышок В.П.⁵, д.х.н., профессор

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова» (ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»)

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР), zelenkov-raen@mail.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

⁴ Автономная некоммерческая организация «Институт стратегий развития»

⁵ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГОУ ВО «ИрТГУ»)

В работе изучено влияние некорневой обработки растений салата листового кремнийорганическим препаратом 1-этоксисилатран в разных концентрациях при выращивании в фитотроне ИСР-0.1. В максимальной степени ростстимулирующие свойства проявлялись при концентрации $5,0 \times 10^{-3}$ с прибавкой урожая 27,3 %. Некорневая обработка 1-этоксисилатраном значительно увеличила продолжительность хранения продукции (в варианте $1,0 \times 10^{-2}$ до 17 сут при контроле – 8-9 сут), что представляет большой практический интерес.

Введение. Поиск новых регуляторов роста растений, позволяющих получать биологически ценную продукцию,

является актуальной задачей растениеводства. Одним из перспективных направлений в этом поиске является использование кремнийсодержащих препаратов, и в частности кремнийорганических соединений. В настоящей работе проведена оценка эффективности кремнийорганического соединения 1-этоксилатрана при некорневой обработке салата листового (*Lactuca sativa L.*) сорта «Дубачек МС» в условиях фитотрона.

Материалы и методы. Эксперимент проводили в фитотроне ИСР-0.1. Интенсивность облучения составила 130-135 мкмоль/м²*с, светильники комбинированные (светодиоды и люминесцентные лампы). Использовался кокосовый субстрат (80 % по объему) с добавлением перлита (10 %), керамзита (5 %) и вермикомпоста "VERMI" (5 %). Посев – по 3 семени в каждом рассадном горшке объемом 0,1 л. Использовались контейнеры «Профи» 400×175×60 мм по 6 растений (горшков). Технология выращивания общепринятая, использовался питательный раствор для салатных линий компании «Rijk Zwaan» (Нидерланды). Полив проводился по 500 мл питательного раствора на контейнер каждые 72 ч. Обработку препаратом 1-этоксилатран проводили однократно путем некорневого опрыскивания. Расход рабочего раствора 25 мл на контейнер. Определение сухих веществ проводили по ГОСТ 28561-90, нитратов – ГОСТ 29270-95, витамина С – ГОСТ 24556-89, антиоксидантной активности – кулонометрическим методом, фотосинтетических пигментов растений – по РД 52.24.784-2013 и ГОСТ 17.1.4.02-90, лежкоспособность продукции – в эксикаторе.

Результаты и их обсуждение. Некорневая обработка растений салата листового 1-этоксилатраном (1-ЭС) способствовала улучшению роста растений и повышению продуктивности.

Наиболее сильно ростстимулирующие свойства препарата проявлялись при использовании концентрации $5,0 \times 10^{-3}$ (прибавка урожая 27,3 %), а также $1,0 \times 10^{-2}$ (21,6 %). Соответ-

ственно, увеличивалась высота растений и улучшалось визуально оцениваемое общее состояние растений. При концентрации 5×10^{-4} основные показатели роста и продуктивности близки к контролю (табл. 1).

Таблица 1

Показатели продуктивности растений салата листового сорта «Дубачек МС» при обработке 1-этоксисилатраном

Концентрация 1-ЭС	Балл общего состояния	Высота, см	Урожайность, г/куст	Прибавка урожая, %	Хлорофилл «а», мг/г
Контроль	4,2	24,6	17,3	-	1,12
$5,0 \times 10^{-4}$	4,2	24,9	18,1	+4,3	1,18
$1,0 \times 10^{-3}$	4,6	27,3	20,6	+19,2	1,40
$5,0 \times 10^{-3}$	5,0	27,3	22,0	+27,3	1,42
$1,0 \times 10^{-2}$	5,0	29,8	21,0	+21,6	1,67

Наблюдается четкая зависимость урожайности по вариантам и содержанию фотосинтезирующих пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов). Соотношение хлорофиллов *a* и *b* контроле 2,8, в опыте – 3,1-4,8 в зависимости от варианта эксперимента.

После обработки ЭС отмечено увеличение массовой доли сухих веществ, витамина С, а также рост антиоксидантной активности (в варианте $1,0 \times 10^{-2}$ % 1-ЭС суммарная антиоксидантная активность составила 616,9 мг на аскорбиновую кислоту (АС) в 100 г продукта при контрольных значениях 388,6 мг АС на 100 г салата).

Некорневая обработка 1-этоксисилатраном значительно увеличила продолжительность хранения продукции (в варианте $1,0 \times 10^{-2}$ – 17 сут, $5,0 \times 10^{-3}$ – 14 сут, при контроле – 8-9 сут). Данная особенность действия препарата представляет большой научно-практический интерес и нуждается в дальнейшем изучении.

Заключение. Показана эффективность некорневой обработки салата листового сорта «Дубачек МС» водными растворами 1-этоксисилатрана, существенно влияющей не толь-

ко на качество конечной салатной продукции, но и существенно (до 2 раз) продляющей сроки ее хранения в лабораторных тестах.

DOI: 10.22363/09358-2019-338-344

УДК 633.511:631.527.5

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДНОГО ОБМЕНА У РАСТЕНИЙ ХЛОПЧАТНИКА С РАЗНОЙ ФОРМОЙ ЛИСТА

Хамдуллаев Ш.А., Набиев С.М., Абзалов М.Ф.

Институт Генетики и экспериментальной биологии растений Академии наук Республики Узбекистан. Ташкентская область, Кибрайский район, п/о Юкори-Юз, m.saydigani@mail.ru; shuxratxamdullayev@mail.ru

Khamdullayev Sh.A., Nabiyeu S.M., Abzalov M.F.

Institute of Genetics and plant experimental biology of the Academy of sciences Republic of Uzbekistan Tashkent region, Kibray district, p/o Yukori-Yuz, shuxratxamdullayev@mail.ru

В статье приведены результаты изучения в различных условиях водного режима основных физиологических параметров водообмена у образцов вида *G. hirsutum* L. с разной формой листа. Показано изменение этих параметров в зависимости от условий водоснабжения и морфофизиологических особенностей изученных образцов. Отмечено уменьшение показателей оводненности листьев, интенсивности транспирации листьев и увеличение водоудерживающей способности листьев при недостаточном водоснабжении по сравнению с оптимальным водным режимом. Л-490 выделена как линия, имеющая физиологическую устойчивость к данному абиотическому стресс фактору среды.

Ключевые слова: *G. hirsutum* L., сорт, линия, транспирация, адаптация.

The article presents the results of the study in various conditions of the water regime of the basic physiological parameters of water exchange in samples of the species *G. hirsutum* L. with different leaf shapes. It is shown that these parameters change depending on the water supply conditions and morphophysiological features of the studied samples. A decrease in the water content of the leaves, the intensity of leaf transpiration, and an increase in the wa-

ter-holding capacity of the leaves with insufficient water supply compared with the optimal water regime were noted. L-490 is highlighted as a line that has physiological resistance to this abiotic stress factor of the environment.

Keywords: *G. hirsutum* L., variety, line, transpiration, adaptation.

Введение. Одним из недостатков современной селекции хлопчатника является недостаточное использование мирового разнообразия генофонда хлопчатника [2]. В коллекциях хлопчатника Узбекистана собрано множество образцов этой важной сельскохозяйственной культуры. Использование этих образцов для создания новых сортов хлопчатника, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам, является требованием нынешнего дня. Рядом ученых изучены некоторые физиологические особенности адаптации и устойчивости хлопчатника к засухе [4; 7]. Эти ученые отмечают, что в результате водного дефицита изменяются физиологические и биохимические процессы в растениях, что, в свою очередь, отрицательно влияет на их продуктивность. Поэтому изучение физиологических показателей разных образцов в условиях водного дефицита является одной из актуальных задач адаптивной селекции хлопчатника. М. Ludlow, R. Muchow [3] также подчеркивают, что изучение физиологических показателей при отборе засухоустойчивых образцов даёт большой эффект в селекционной работе.

Объекты и методы исследований. В наших исследованиях в качестве объекта служили образцы хлопчатника вида *G. hirsutum* L., различающиеся по форме листа сорта Омад и Ишонч, имеющие обычные для возделываемых сортов пальчато-дольчатые листья, линии Л-490 (рассеченные листья), Детерминант-2 (цельнокрайние-округлые листья), Детерминант-3 (цельнокрайние-ланцетовидные листья) и Л-501 (цельнокрайние-округлые листья). Опыт проведен в условиях лизиметра с созданием разных фонов водоснабжения в вегетационный период растений. На фоне оптимального водоснабжения (контрольный вариант) оросительная норма со-

ставила 3820 м³/га, а на фоне недостаточного водоснабжения (опытный вариант) – 2280 м³/га. Объем использованной для полива воды был измерен водомером марки Zenner ЕТК 14006707 (2017). Моделируемая засуха была создана в период массового цветения – плодообразования, т.е. в самый критический для роста и развития растений хлопчатника период.

В исследовании использованы общепринятые методы определения физиологических параметров водообмена растений: оводненность листьев по Н. Третьяков [8], водоудерживающая способность листьев по М. Кушниренко [6], интенсивность транспирации листьев по А. Иванов [5].

Помимо водного режима остальные агротехнические мероприятия были одинаковыми для обоих фонов. Коэффициент адаптивности, отражающий степень чувствительности генотипа по определенному признаку к абиотическому стрессу, был определен по формуле S.A. Ebarhart, W.A. Russel [1].

Результаты и их обсуждение. В наших исследованиях на фоне оптимального водоснабжения образцы хлопчатника с разной формой листа различались по показателям оводненности листьев. Сравнительно высокие значения данного признака отмечены у линий Л-501 и Детерминант-2, имеющих цельнокрайние листья (соответственно 75,7±1,1 %; 74,1±0,2 %), наименьшее количество воды содержали листья растений сортов Омад и Ишонч с обычными пальчатодольчатыми листьями, соответственно 71,7±0,9 % и 71,5±0,2 % (табл. 1). В условиях водного дефицита у всех изученных генотипов отмечено уменьшение оводненности листьев по сравнению с оптимальным водоснабжением, но в разной степени. При этом сравнительно высокий показатель признака имела линия Детерминант-2 (72,4±1,8 %), а у сорта Ишонч отмечено самое низкое содержание воды в листьях – 68,8±1,3 % (табл. 1). Определение коэффициента адаптивности указало на наиболее сильную чувствительность цельнолистной линии Л-501 по данному признаку на недостаток

влаги в почве (Кад. $=-5,3$ %), тогда как рассеченнолистная линия Л-490 слабо реагировала на фоны водоснабжения по данному признаку(Кад. $=-1,1$ %).

Показатель водоудерживающей способности листьев указывает на процент воды, испарившейся в течение двух часов и вычисляется в процентах от первоначального содержания воды. В условиях оптимального водоснабжения, т.е. в контрольном варианте линия Детерминант-2 с округлыми листьями и рассеченнолистная линия Л-490 имели наиболее высокие показатели водоудерживающей способности листьев (соответственно $28,2 \pm 1,2$ % и $27,9 \pm 1,8$ %), а растения линии Детерминант-3, имеющие цельнокрайные ланцетовидные листья, больше всех генотипов испаряли воду ($44,4 \pm 2,9$ %). У сортов Омад и Ишонч с пальчатодольчатыми листьями и линии Л-501 с округлыми листьями значение данного признака соответственно составило $38,1 \pm 1,2$ %; $36,4 \pm 1,3$ % и $36,3 \pm 3,2$ %.

В условиях водного дефицита у изученных в наших исследованиях растений сортов и линий хлопчатника в разной степени увеличивалась водоудерживающая способность листьев по сравнению с вариантом оптимального водоснабжения. При этом у линии Л-490 с рассеченными листьями существенно увеличилась водоудерживающая способность листьев и на испарение в течение двух часов ушло всего $12,0 \pm 1,1$ % воды от ее первоначального содержания, а растения линии Детерминант-3 с ланцетовидными листьями по сравнению с другими генотипами больше расходовали воду на испарение ($29,4 \pm 1,1$ %). При водном дефиците сорта Омад и Ишонч различались по значению признака, которое составило соответственно $22,2 \pm 1,1$ и $18,7 \pm 1,0$ %, тогда как линии Детерминант-2 и Л-501 существенно не различались по водоудерживающей способности листьев и их показатели составили соответственно $21,4 \pm 0,5$ %; $21,9 \pm 2,6$ %. По коэффициенту адаптивности, на водный дефицит по данному признаку наиболее сильно реагировала рассеченнолистная линия

Л-490 (Кад. = -56,6 %), тогда как линия Детерминант-2 проявила наиболее слабую чувствительность (Кад. = -24,1 %). Этот показатель у сортов Омад и Ишонч, линий Детерминант-3 и Л-501 составил соответственно -41,6 %, -48,3 %, -33,8 %, -39,5 %.

В условиях оптимального водоснабжения у растений сорта Ишонч с пальчато-дольчатыми листьями отмечена наиболее высокая транспирация листьев (250,0±18,8 мг/г. ч), а у линии Детерминант-2 с округлыми листьями интенсивность транспирации была наиболее низкой (164,2±28,5 мг/г.ч) по сравнению с другими образцами (табл. 1).

Таблица 1

Сорта и линии	Оводненность листьев, %			Водоудерживающая способность листьев, %			Интенсивность транспирации, мг H ₂ O/1г сырого листа x 1 час		
	ОВ χ±Se	НВ χ±Se	Кад., %	ОВ χ±Se	НВ χ±Se	Кад., %	ОВ χ±Se	НВ χ±Se	Кад., %
Омад	71,7±0,9	69,4±1,3	-3,1	38,1±1,2	22,2±1,1	-41,6	177,3±20,0	165,4±10,74	-6,6
Ишонч	71,5±0,2	68,8±1,3	-3,7	36,4±1,3	18,7±1,0	-48,3	250,0±18,8	118,3±14,06	-52,6
Л-490	72,2±2,0	71,3±0,5	-1,1	27,9±1,8	12,0±1,1	-56,6	211,9±27,9	54,4±1,88	-74,3
Детерминант-2	74,1±0,2	72,4±1,8	-2,3	28,2±1,2	21,4±0,5	-24,1	164,2±28,5	135,6±35,93	-17,4
Детерминант-3	72,9±0,4	70,1±0,9	-3,8	44,4±2,9	29,4±1,1	-33,8	219,5±26,1	172,4±24,2	-21,4
Л-501	75,7±1,1	71,6±1,4	-5,3	36,3±3,2	21,9±2,6	-39,5	227,0±10,9	107,7±13,18	-52,5

Примечание: ОВ – оптимальное водоснабжение; НВ – недостаточное водоснабжение; Кад. – коэффициент адаптивности

По сравнению с оптимальным водным режимом в условиях почвенной засухи у всех изученных образцов хлопчатника наблюдалось снижение интенсивности транспирации, т.е. недостаток влаги в почве сильно влиял на этот физиологический показатель водного обмена растений. Образцы хлопчатника с разной формой листа в условиях водного дефицита показали разную реакцию по интенсивности транспирации листьев. При этом линия Детерминант-3 с ланцето-

видными листьями и сорт Омад с пальчато-дольчатыми листьями испаряли больше воды (соответственно $172,4 \pm 24,2$ мг/г·ч и $165,4 \pm 10,7$ мг/г·ч), чем другие генотипы. При недостатке почвенной влаги у растений линии Л-490 резко упала интенсивность транспирации листьев и она составила $54,4 \pm 1,8$ мг/г·ч. По коэффициенту адаптивности наиболее сильная чувствительность на изменение условий водоснабжения по данному признаку проявила именно линия Л-490 (Кад. = $-74,3$ %), тогда как сорт Омад имел сравнительно слабую реакцию (Кад. = $-6,6$ %).

Заключение. Изменение особенностей водообмена растений в условиях почвенной засухи является важным фактором адаптации хлопчатника к этому абиотическому стресс-фактору. У всех изученных образцов хлопчатника независимо от формы листа в условиях водного дефицита наблюдается общая тенденция, проявляющаяся в виде снижения оводненности и интенсивности транспирации листьев и увеличения водоудерживающей способности листьев, но в разной степени. При недостатке влаги в почве образец с рассеченными листьями имеет более высокую водоудерживающую способность листьев, чем образец с цельными листьями, что указывает на возможность использования линии Л-490 с рассеченными листьями как физиологически устойчивой линии в качестве одной из исходных родительских форм при генетико-селекционных работах по выведению новых засухоустойчивых сортов хлопчатника.

Библиографический список

1. Ebarhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing parameters // Crop. Sci. 1966. V. 6. P. 36-40.
2. Kohel R.J., Yu J.Z., Park Y.-H., Lazo G. «Molecular mapping and characterization of traits controlling fiber quality in cotton» // Euphytica. 2001. 121. P. 163-172.

3. Ludlow M.M., Muchow R.C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments // *Advances in Agronomy*. 1990. 43. P. 107-153.

4. Saranga Y., Jiang C.X., Wright R.J., Yakir D., Paterson A.H. Genetic dissection of cotton physiological responses to arid conditions and their inter-relationships with productivity // *Plant., Cell. and Environmental*. 2004. 27. P. 263-277.

5. Иванов А.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // *Ботанический журнал*. 1950. Т. 35. № 2. С. 171-185.

6. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Бондарь Е.М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев, 1970. 79 с.

7. Самиев Х.С. Водный режим и продуктивность хлопчатника. Ташкент: Изд. «Фан», 1979. С. 15.

8. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В, Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

DOI: 10.22363/09358-2019-344-347

УДК 636.085.3

СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОДУЦЕНТОВ ЦЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ†

Шкурина Н.А., Мальцев Е.И., Куликовский М.С.

*Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,
Москва, Россия, shkurrr@yandex.ru*

Shkurina N.A., Maltsev Y.I., Kulikovskiy M.S.

Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia

Проведен первичный скрининг коллекции культур диатомовых водорослей лаборатории молекулярной систематики водных растений ИФР РАН для выявления новых продуцентов ценных жирных кислот.

† Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-74-00095).

Проанализирован детальный состав девяти штаммов диатомовых водорослей.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, жирные кислоты, биотехнология.

A primary screening of a diatom collection of cultures was carried out at the Laboratory of Molecular Systematics of Aquatic Plants at the Institute of Plant Physics RAS to identify new producers of valuable fatty acids. Analyzed the detailed composition of fatty acids from the nine diatom strains.

Keywords: diatoms, fatty acid, biotechnology.

Введение. Жирные кислоты (ЖК) – важный компонент обмена веществ у всех живых организмов. В природе встречается более двухсот разных форм жирных кислот, различающихся по длине углеродной цепи, числу и положению двойных связей и разных химических заместителей. Для нормального развития всем животным, включая человека, важны полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), которые можно получить только с пищей, т.е. данная группа ЖК является незаменимыми. Одним из наиболее важных первичных продуцентов ПНЖК являются диатомовые водоросли. Синтезированные ими ПНЖК по трофической (пищевой) цепи передаются к водным беспозвоночным, от них – к рыбам и далее – к человеку и другим животным. Для создания полезных и недорогих подкормок в животноводстве или аквакультуре необходимо провести поиск высокоэффективных продуцентов ценных ЖК.

Объекты и методы исследований. Для поиска новых продуцентов ценных ЖК нами были проанализированы девять штаммов диатомовых водорослей из коллекции культур водорослей лаборатории молекулярной систематики водных растений ИФР РАН: *Navicula salinicola* Hustedt штаммы BTD 1 и BTD 5, *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald штамм BTD 2, *Halamphora* sp. 1 штамм BTD 3, *Karayevia triconfusa* (Van Landingham) Kulikovskiy comb. nov. штамм BTD 4, *Amphora* cf. *makarovae* Gusliakov

штаммы ВТД 6 и ВТД 8, *Nitzschia pusilla* Grunow штамм ВТД 7, *Fistulifera* sp.1 штамм ВТД 9.

Состав жирных кислот штаммов водорослей осуществляли методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Культуры водорослей анализировали во время стационарной стадии роста.

Результаты и их обсуждение. Содержание суммарных липидов в пересчете на этерифицированные жирные кислоты составило: *Navicula salinicola* штаммы ВТД 1 и ВТД 5 – 65,4 мг/г и 57,3 мг/г сухой массы клеток соответственно; *Amphora copulata* ВТД 2 – 33,1; *Halamphora* sp.1 ВТД 3 – 39,7; *Karayevia triconfusa* ВТД 4 – 206,7; *Amphora* cf. *makarovae* штаммы ВТД 6 и ВТД 8 – 231,2 и 282,0; *Nitzschia pusilla* ВТД 7 – 28,0; *Fistulifera* sp.1 ВТД 9 – 187,8.

Индекс ненасыщенности ЖК составил: *Navicula salinicola* штаммы ВТД 1 и ВТД 5 – 0,854 отн. ед. и 0,830 отн. ед. соответственно; *Amphora copulata* ВТД 2 – 0,951; *Halamphora* sp.1 ВТД 3 – 0,612; *Karayevia triconfusa* ВТД 4 – 0,910; *Amphora* cf. *makarovae* штаммы ВТД 6 и ВТД 8 – 0,732 и 0,819; *Nitzschia pusilla* ВТД 7 – 1,399; *Fistulifera* sp.1 ВТД 9 – 1,343.

Содержание ω -3-ЖК и ω -6-ЖК от суммы ЖК составил: *Navicula salinicola* штамм ВТД 1 – 8,8 и 1,3 % и штамм ВТД 5 – 8,3 и 1,2 % соответственно; *Amphora copulata* ВТД 2 – 4,3 и 10,6 %; *Halamphora* sp.1 ВТД 3 – 3,4 % и 6,4 %; *Karayevia triconfusa* ВТД 4 – 6,2 и 8,0 %; *Amphora* cf. *makarovae* штамм ВТД 6 – 4,1 и 5,0 % и штамм ВТД 8 – 4,6 и 5,4 %; *Nitzschia pusilla* ВТД 7 – 11,7 и 7,9 %; *Fistulifera* sp. 1 ВТД 9 – 9,4 и 6,5 %.

Заключение. Проанализировав детальный состав ЖК данных штаммов диатомовых водорослей, можно сделать вывод, что исследуемые микроводоросли являются перспективными для биотехнологического использования и могут найти применение как альтернативный быстро возобновляе-

мый источник получения различных ЖК при создании под-
кормок в животноводстве или аквакультуре.

DOI: 10.22363/09358-2019-347-350

УДК 634.6:557.042

**ФОТОХИМИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ОТРАЖЕНИЯ (PRI)
КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА
У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ[‡]**

***Юдина Л.М., Сухова Е.М., Громова Е.Н., Неруш В.Н.,
Воденев В.А., Сухов В.С.***

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия, lyubovsurova@mail.ru*

***Yudina L.M., Sukhova E.M., Gromova E.N., Nerush V.N.,
Vodeneev V.A., Sukhov V.S.***

*N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
Nizhny Novgorod, Russia*

Целью исследования был анализ возможности использования метода регистрации фотохимического индекса отражения (PRI) для определения стресса растений. Исследования проводились в лабораторных условиях на таких сельскохозяйственных культурах, как горох, пшеница и тыква. Кроме того, был проведен метаанализ литературных данных. Наши результаты показали, что фотохимический индекс отражения может быть использован для раннего выявления стресса растений. Однако использование этого метода имеет ряд ограничений, которые можно минимизировать, освещая растения более 2-3 мин и анализируя величину изменения PRI.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, спектральные индексы, фотохимический индекс отражения, PRI, фотосинтез, стресс растений.

The aim of the study was to analyze the possibility of using the photochemical reflectance index (PRI) registration method for determining plant

[‡] Работа была выполнена при поддержке Российского научного фонда (Проект №17-76-20032).

stress. Studies were carried out in laboratory conditions on such crops as pea, wheat and pumpkin. In addition, a meta-analysis of the literature data was carried out. Our results showed that the photochemical reflectance index can be used for the early detection of plant stress. However, the use of this method has several limitations that can be minimized by lighting the plants for more than 2–3 minutes and analyzing the magnitude of the changes in PRI.

Keywords: remote sensing, spectral indices, photochemical reflectance index, PRI, photosynthesis, plant stress.

Введение. В настоящее время становится необходимой разработка методов дистанционного мониторинга сельскохозяйственных растений и их адаптация под особенности выращиваемых культур. Широкое применение в качестве одного из методов дистанционного мониторинга получили спектральные индексы, в частности фотохимический индекс отражения (PRI). PRI показывает окислительно-восстановительные изменения в ксантофилловом цикле, участвующем в формировании нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (NPQ). Благодаря этому индексу возможно выявление краткосрочного и длительного стресса растений. Тем не менее, PRI чувствителен к условиям регистрации, в частности освещению, масштабу измерения и т.д. В связи с этим возникает необходимость разработки методов регистрации и обработки данных, позволяющих минимизировать влияние условий окружающей среды.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовались традиционные сельскохозяйственные культуры, а именно: горох, пшеница, тыква. В экспериментах проводилась одновременная регистрация отражения листьев с помощью спектрометра и измерение фотосинтетических показателей посредством Dual-PAM-100 и Imaging-PAM MINI version. Кроме того, был проведен метаанализ литературных данных.

Результаты и их обсуждение. В ходе экспериментов нами была показана отрицательная связь PRI с нефотохимическим тушением флуоресценции хлорофилла и положи-

тельная связь с квантовым выходом фотосистемы II (PSII) и фотосистемы I (PSI). Благодаря этому фотохимический индекс отражения может использоваться в качестве показателя стресса и продуктивности растений. Однако при этом был выявлен ряд ограничений для использования этого метода, связанных с условиями его регистрации. В частности, было выявлено, что при длительности освещения растений более 2-3 мин корреляция между PRI и фотосинтетическими показателями достаточно высокая, однако на коротких интервалах времени такая корреляция была значительно ниже. Это, вероятно, связано с постепенным закислением люмена хлоропластов и активацией ксантофиллового цикла. Наши исследования также показали, что корреляция между фотохимическим индексом отражения и фотосинтетическими показателями возрастала при использовании Δ PRI по сравнению с корреляцией, рассчитанной с использованием абсолютных значений PRI.

Кроме того, нами был проведен метаанализ литературных данных, который показал, что корреляция между PRI и фотосинтетическими показателями была выше при искусственном освещении по сравнению с солнечным, а также при регистрации на уровне навеса по сравнению с уровнем листа. Следует также отметить, что существенное влияние может оказывать физиологическое состояние растений в выборке. Так, метаанализ показал, что минимальный уровень стресса растений в выборке, а также разница между минимальным и максимальным уровнем стресса могут существенно модифицировать связь между PRI и фотосинтетическими показателями

Одними из ранних физиологических ответов, вызванных стрессорами, являются электрические сигналы. Наши дополнительные исследования показали, что при прохождении электрических сигналов связь между Δ PRI и изменениями фотосинтетических показателей возрастала по сравнению с абсолютным значением до генерации сигнала. Это также

говорит в пользу возможности использования фотохимического индекса отражения как показателя стресса растений.

Заключение. Наши исследования показали, что фотохимический индекс отражения является хорошим показателем стресса у растений. Благодаря этому PRI может рассматриваться как перспективный метод дистанционного мониторинга сельскохозяйственных растений. Однако этот метод имеет ряд ограничений, которые возможно минимизировать, модифицируя методику регистрации PRI, а именно: освещать растения более 2-3 мин и при анализе данных использовать Δ PRI.

DOI: 10.22363/09358-2019-350-353

УДК 58.087

РАЗЛИЧИЯ ТОПОЛОГИИ ЖИЛКОВАНИЯ ЛИСТЬЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ

Стрельников И.И.¹, Глухов А.З.¹, Мудрецова К.В.²

¹ГУ Донецкий ботанический сад

²ГУВО Донецкий национальный университет

Проведена оценка различий в особенностях организации сети жилкования теневых и световых листьев *Ficus benjamina* L. Установлено, что теневые листья формируют такое же количество пространственных кластеров жилок, как и световые листья, но с меньшими размерами. Такая тенденция может быть объяснена реализацией у теневых листьев консервативной (защитной) стратегии инвестирования веществ и энергии.

The differences in venation system organization features of *Ficus benjamina* L. sun and shade leaves were investigated. It was determined that shade leaves form an equal number of spatial clusters of veins in comparison with sun leaves, still, clusters are smaller. Such a trend could be explained by the realization of a conservative (protective) strategy of matter and energy investments in shade leaves.

Введение. Изучение стратегий функциональной специализации листового аппарата имеет важное значение для разработки теории приспособительной изменчивости и прогноза реакций растительности на изменения климата. При этом актуальной задачей является вовлечение в анализ максимального количества функциональных признаков, что позволит детализировать наше понимание стратегий адаптации и их физиологических основ.

В связи с этим целью работы стало: проанализировать топологические особенности сети жилкования световых и теневых листьев *Ficus benjamina* L. Основная задача – оценить величину модульности (тенденцию проводящих элементов формировать обособленные кластеры) и размеры выделяемых модулей.

Материалы и методы. Анализ сети жилкования проводили на основе просветленного материала листовых пластин. Для этого собрали по 10 листьев с растения, достигшего генеративной фазы развития, с теневой и освещенной стороны кроны, на высоте 1,5 м. Собранный материал просветляли в смеси молочной кислоты и хлоральгидрата и окрашивали сафранином О. Микрофотографии препаратов на просвет получили с помощью микроскопа. Запечатленная область составила 11,45 мм². Обработка изображений проводилась с применением пакета FIJI. Извлечение графа жилок из бинаризованного изображения проводили с помощью библиотеки NetworkX для языка программирования Python 3.5. Узлами графа считали точки ветвления (пересечения) или свободные окончания жилок. Ребрам назначались веса, соответствующие длине жилки между соответствующими узлами. Для сетевого анализа графов использовали библиотеку Igraph языка программирования R 3.5.3.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе установили общее количество узлов и ребер графа проводящей сети, а также среднюю и суммарную длину ребер в запечатленной на изображении области листа (площадь 11,45 мм²).

С помощью теста Уэлча определили, что все названные параметры значимо отличаются между выборками теневых и световых листьев. Так, суммарная длина, количество узлов и ребер сети были статистически значимо больше у световых листьев при уровне значимости 0,05. В то же время средняя длина ребер была выше у теневых листьев. Данные наблюдения подтверждают характерную для мезофитов тенденцию к увеличению плотности сети жилок у световых листьев.

Далее провели анализ тенденции сети жилкования к формированию обособленных кластеров. В частности, определили модульность графов по методу *edge betweenness*. Данная метрика определяет для каждого ребра графа суммарную длину кратчайших путей между всеми узлами графа, которые проходят через это ребро. Концепция кластеров в этом случае основывается на предположении, что ребра с наибольшим показателем *edge betweenness* отделяют обособленные участки графа. Модульность же является количественной оценкой того, насколько эти кластеры обособлены, и принимает значения от -0,5 до 1. Для сравнения модульности между выборками теневых и световых листьев также провели тест Велча. Результат не подтвердил присутствие значимых различий: модульность для световых листьев (среднее $M = 0,88$, стандартное отклонение $SD = 0,018$), для теневых ($M = 0,90$, $SD = 0,016$), t -значение = 1,89, p -значение = 0,076. Таким образом, модульность не отличается, хотя суммарная длина жилок теневых листьев существенно ниже. Помимо модульности между группами листьев отсутствовали значимые различия по количеству кластеров на единицу площади. Из чего следует, что теневые листья формируют больше обособленных структур на единицу длины жилок. Этот вывод подтверждается тем, что размеры кластеров теневых листьев ($M = 21,04$ ребра, $SD = 8,11$) значимо $t = -3,29$, $p = 0,005$ меньше кластеров световых листьев ($M = 35,68$ ребер, $SD = 11,52$).

С позиции экологической интерпретации, рост количества функциональных кластеров жилок является механизмом, повышающим устойчивость системы. При наличии большого количества обособленных модулей сети выход из строя одного из них в результате механического повреждения или эмболизации не приводит к критическим последствиям. Можно предположить, что теневые листья реализуют стратегию, направленную на повышение устойчивости и защищенности – консервативную стратегию. Этот вывод находится в соответствии с данными о том, что теневые листья *F. benjamina* имеют большую продолжительность жизни по сравнению со световыми и относительно более низкую долю столбчатых тканей, что также свидетельствует о сдвиге в сторону консервативной стратегии.

В итоге можно утверждать, что показатели модульности архитектуры жилкования листьев, установленные методами сетевого анализа, могут служить информативными характеристиками экологических особенностей строения листового аппарата.

УСТОЙЧИВОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА К СВЕТУ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ФИТОХРОМОВ А И В И КРИПТОХРОМА 1

Строкина В.В., аспирант, м.н.с.,

Балахнина Т.И., к.б.н., ст.н.с.,

Креславский В.Д., д.б.н., в.н.с.

*Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр
биологических исследований РАН» Институт фундаментальных
проблем биологии РАН, strokina.93@mail.ru*

Strokina V.V., Balachnina T.I., Kreslavski V.D.

*Federal Research Center "Pushchino Scientific Center
for Biological Research of the Russian Academy of Sciences"
Institute of Basic Biological Problems of the RAS*

При исследовании влияния света высокой интенсивности (СВИ) (800 мкмоль квантов/м² с) на устойчивость фотосинтетического аппарата (ФА) и антиоксидантный потенциал томатов дикого типа (2706), мутанта, дефицитного по фитохрому В2 (*ФхВ2*) и мутанта, дефицитного по фитохрому А, фитохрому В1 и криптохрому 1 (*ФхА*, *ФхВ1*, *Кр1*). Было показано, что мутант *ФхВ2* примерно так же устойчив к 2 ч облучению СВИ, как и дикий тип (ДТ). При этом интенсивность перекисных процессов в листьях этого мутанта, как в контрольном, так и освещенном варианте была ниже благодаря активному функционированию антиоксидантных ферментов.

The investigation of the effects of the high intensity light (HIL) (800 μmol quanta/m²s) on the tolerance of the photosynthetic apparatus (PA) and the antioxidant potential of wild-type tomatoes (2706), a mutant deficient in phytochrome B2 (PhyB2) and a mutant deficient in phytochrome A, phytochrome B1 and cryptochrome 1 (*phy A*, *phyB*, *cry1*). It was shown that the mutant PhyB2 is approximately as resistant to 2 hours of exposure to HIL as the wild type (WT). At the same time, the intensity of peroxidation processes in the leaves of this mutant, like in the control and the illuminated version was lower due to the active functioning antioxidant enzymes.

Введение. Свет высокой интенсивности (СВИ) является одним из основных стрессовых факторов, которые влияют на работу фотосинтетического аппарата (ФА). При этом фотосистема 2 (ФС2) является самым чувствительным компонентом ФА к действию стрессовых факторов. В световой регуляции активности ФА важную роль играет система фоторецепторов: фитохромов (Фх), криптохромов и др. Основными типами Фх являются ФхА и ФхВ. У томата их 5: ФхА, ФхВ1, ФхВ2, ФхЕ и ФхF [3]. Также существует два основных типа криптохромов: криптохром 1 и криптохром 2. Однако механизм участия этих фоторецепторов в процессах адаптации ФА к действию различных стрессовых факторов мало изучен.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования были использованы 7-недельные растения томатов дикого типа (ДТ) (LA2706), растения мутанта, дефицитного по фитохрому В2 (ФхВ2 (LA4358)), и мутанта, дефицитного по фитохрому А, фитохрому В1 и криптохрому 1 (ФхА, ФхВ1, Кр1 (LA4367)). Опытные образцы перед анализом подвергались 2-часовому облучению СВИ (800 мкмоль квантов/м² с). В качестве контроля использовали растения без облучения. Для определения максимального (F_v/F_m) и эффективного (F_v'/F_m') квантовых выходов и скорости электронного транспорта (ETR) использовали РАМ-флуориметрию. Некоторые флуоресцентные параметры определяли с помощью ЛР-теста. Антиоксидантный потенциал (АП) оценивали по интенсивности процессов ПОЛ, тестируемых по содержанию продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБКРп), а также по активности антиоксидантных ферментов: аскорбатпероксидазы (АсП), глутатионредуктазы (ГР) и гваяколпероксидазы (ГПХ) в листьях контрольных и опытных растений [1].

Результаты и их обсуждение. Показано, что наиболее чувствительными к СВИ по всем показателям, отражающим фотосинтетическую активность, является тройной мутант,

ФхА, ФхВ1, Кр1. Снижение его максимального квантового выхода при действии СВИ было 36 %, тогда как у ДТ и тройного мутанта – 4-6 %. Содержание каротиноидов у тройного мутанта было ниже на 20%, чем у *ФхВ2*, и на 30 % ниже, чем у ДТ.

Разница в чувствительности ФА к СВИ может быть объяснена также уровнем антиоксидантного потенциала у ДТ и мутантов. Было показано, что в листьях мутанта *ФхВ2* содержания ТБКРп составляла 365 нмоль/г сырой массы, что на 18 и 41 % ниже, чем у ДТ и тройного мутанта соответственно. При этом активность АсП и ГР у мутанта *ФхВ2* была на 44 и 297% выше, чем у дикого типа соответственно. У мутанта *ФхА, ФхВ1, Кр1* на фоне повышенного содержания ТБКРп активность АсП, ГР и ГПХ была ниже, чем у мутанта *ФхВ2* на 30, 79 и 45 % соответственно. В опытных образцах, через 2 ч освещения СВИ-уровень ПОЛ удерживался примерно на прежнем уровне. В листьях мутанта *ФхВ2* содержание ТБКРп было на 20 % ниже, а активность ГР и ГПХ достоверно превышала активность этих ферментов у ДТ и у мутанта *ФхА, ФхВ1, Кр1*.

Заключение. Полученный результат позволяет сделать заключение, что мутант, дефицитный по *ФхВ2*, обладает практически одинаковым адаптационным и фотосинтетическим потенциалом по сравнению с ДТ, но более высоким потенциалом, чем тройной мутант благодаря большей активности ферментов антиоксидантной природы и высокому содержанию каротиноидов.

Библиографический список

1. Балахнина Т.И., Надёжкина Е.С. Влияние селена на рост и антиоксидантный потенциал пшеницы *Triticum aestivum* L. при развитии окислительного стресса, индуцированного свинцом // Физиология растений. Москва. 2017. Т 64. № 2. С 151-159.

2. Креславский В.Д. и др. Молекулярные механизмы устойчивости фотосинтетического аппарата к стрессу // Биологические мембраны. 2007. Т. 24. № 3. С. 195–217.

3. Gavassi.M. A. et al. Phytochromes are key regulators of abiotic stress responses in tomato // Scientia Horticulturae. 2017. 222. P. 126–135.

DOI: 10.22363/09358-2019-357-361

УДК 633.51

ПОТРЕБЛЕНИЕ АРТИШОКОМ КОЛЮЧИМ (*CYNARA SCOLYMUS* L.) И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Пирахунова Ф.Н., Абзалова Н.А., Абзалов А.А.

*Ташкентский фармацевтический институт,
900010, Узбекистан г. Ташкент, ул. Айбек, 45, akmal.38@yandex.ru*

Pirakhunova F.N., Abzalova N.A., Abzalov A.A.

*Tashkent Pharmaceutical Institute,
900010, Uzbekistan, Tashkent, Street Aybek, 45*

По мнению авторов, по балансу и превращению азота удобрений в системе почва-растение можно утверждать, что на типичном сероземе с высоким содержанием органических веществ и широким соотношением углерода к азоту (C : N) в начальный период развития растения более требовательны к внесению азота, чем на светлом сероземе. На основании проведенных исследований и анализа литературных источников авторы отмечают, что в связи с иммобилизацией азота содержание доступных для растений неорганических соединений азота в ранние стадии развития и бутонизации растений снижается, особенно в условиях светлого серозема. Авторами установлено, что растения артишока колючего, выращенные на светлом сероземе с внесением удобрений, особенно с навозом, способствуют большему образованию семян и биомассы, при этом величина биомассы больше на типичном сероземе, чем на светлом сероземе.

As the authors note by balance and transformation of fertilizer nitrogen in the soil-plant can be argued that on a typical gray soils with a high content

of organic substance and a wide ratio of carbon to nitrogen (C: N), more demanding of nitrogen application during the initial period of plant development than on light gray soils. Based on the study and analysis of the literature, the authors note that due to the immobilization of nitrogen available to plants of inorganic nitrogen compounds in the early stages of development and the budding of plants is reduced, especially in light gray soils. The authors found that artichoke plant key grown on light gray soils with the introduction of a complete fertilizer, particularly manure is promoter big formation of seeds and biomass, while the value of biomass more on a typical gray soil than on a light gray soils.

Введение. Известно, что среди минеральных удобрений наиболее существенное влияние на урожайность растений оказывают азотные удобрения. С применением стабильного изотопа азота ^{15}N установлено, что на типичном сероземе хлопчатник использует азот удобрений не на 60-70 %, как считалось ранее, а 40-42 % [3; 4]. Основная причина неполностью использование растениями азота удобрений, газообразные и другие виды потерь, возникающих в результате денитрификации и выщелачивания нитратов в грунтовые воды, такие потери достигает 40-50 и более процентов. Разработка методов эффективного использования азотных удобрений при выращивании растений, в том числе и артишока колючего, имеет не только научное, но и практическое значение, так как обеспечивает на изучаемых растениях высокие урожаи повышенного качества, а также снижение уровня загрязнения окружающей среды. Трансформация азота удобрений в орошаемом, как типичном, так и светлом сероземе, а также использование его растениями в зависимости от режима азотного питания изучено недостаточно [1; 5].

Методы исследований. В связи с этим нами в 2011-2016 гг. проводились как вегетационные, так и полевые опыты на светлых и типичных серозёмных почвах Самаркандской и Ташкентской областей Республики Узбекистана. Площадь каждой делянки 480 м^2 . Схема расположения растений $60 \times 40 \times 2$ с густотой 45100 кустов на 1 га. Повторность

вегетационных опытов 10-, а полевых – 4-кратная. Набивку сосудов проводили осенью почвой, взятой из полевого опыта (горизонт 0-50 см) с учетом её генетических горизонтов. Влажность почвы в сосудах поддерживали на уровне 75% капиллярной влагоёмкости.

Результаты исследования. С внесением навоза еще больше снижается содержание неорганического азота удобрений, неиспользованного растениями азота удобрений (в конце его вегетации) на светлом сероземе, особенно при внесении навоза больше, чем на типичном серозёме.

На основании результатов наших исследований по балансу и превращению азота удобрений в системе почва-растение можно утверждать, что на типичном серозёме с высоким содержанием органических веществ и широким соотношением C : N в начальный период развития растения более требовательны к внесению азота, чем на светлом сероземе.

Как показали исследования, с наступлением фазы цветения и созревания обеспеченность растений азотом на типичном сероземе более высокая, чем на светлом сероземе, что объясняется высвобождением ранее поглощенного азота почвенными микроорганизмами. Результатами исследований в вегетационных опытах установлено, что содержание соединений азота удобрений зависит от почвенных разностей (табл. 1).

Таблица 1

Изменение содержания органического и неорганического азота удобрений на типичном серозёме и светлом серозёме (мг / сосуд)

Годовая норма г/сосуд				Фазы развития					
				2-3 настоящих листьев			Бутонизация		
N	P	K	Навоз	Валовый	Органический	Неорганический	Валовый	Органический	Неорганический
Светлый серозем									
6	5	2	-	1390	736	654	2848	1208	1640
6	5	2	400	1620	900	720	3004	1500	1504
Типичный серозем									
6	5	2	-	1694	1064	630	3136	1556	1580
6	5	2	400	1690	1250	440	3252	1640	1612

В первой половине вегетации (до массовой бутонизации) величина иммобилизации азота из вносимых удобрений на типичном серозёме (или переход неорганического азота в органическую форму в теле микроорганизмов) происходит более интенсивно, чем в светлом сероземе. Внесение навоза усиливает этот процесс на типичном серозёме, что связано с различным содержанием в этих почвах массы органических остатков, а также соотношением С : N. В связи с иммобилизацией азота содержание доступных для растений неорганических соединений его в ранние фазы развития и бутонизации растений снижается, особенно в условиях светлого серозема (табл. 2).

Это делает необходимым изучение эффективности сроков внесения азотных удобрений с учетом биологических особенностей трансформации азота и почвенных условий.

Таблица 2

**Содержание соединений азота удобрений
в различных почвенных условиях (мг/сосуд)**

Годовая норма г/сосуд				Фазы развития					
				2-3 настоящих листьев			Бутонизация		
N	P	K	навоз	Валовый	Органический	Неорганический	Валовый	Органический	Неорганический
Светлый серозем									
6	5	2	-	1842	960	882	1362	1290	72
6	5	2	400	1992	960	1032	1722	1380	342
Типичный серозем									
6	5	2	-	2400	1260	1140	1770	1560	210
6	5	2	400	2460	1380	1080	1872	1442	432

Исследованиями установлено, что *Cynara scolymus* L. выращенные на светлом сероземе с внесением полного удобрений, особенно с навозом, способствует большему образованию семян и формированию большей биомассы. Величина биомассы при этом больше на типичном сероземе, чем на светлом сероземе.

Выводы. По отношению к светлому серозему более высокий урожай биомассы обеспечивается при внесении полного удобрений, особенно с навозом на типичном сероземе.

Библиографический список

1. Абзалов А.А. Применение серы как важный фактор получения экологически чистого продукта лекарственных растений // Вестник аграрной науки Узбекистана. 2009. № 1-2. С. 54-60.

2. Ким Л.М. Превращение в почве азота КФУ и его использование хлопчатником // Труды Таш СХИ: Интенсивная технология возделывания хлопчатника в УзССР. 1988. С. 100-107.

3. Рыжов С.Н., Пирахунов Т.П., Ташкузиев М.М., Алиев А.Т. Баланс азота удобрений на типичном сероземе при выращивании хлопчатника (по данным лизиметрических опытов) // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию: сб. Тбилиси: 4-е Всесоюзное координационное научно-методическое совещание 1979. С. 128-130.

4. Ходжиев Т., Баиров А. Азот удобрений и ингибитор нитрификации в хлопководстве. Ташкент. Фан, 1992. С. 118.

5. Пирахунов Т.П., Маннанова Р.Н., Закирова Д. Влияние различных сочетаний минеральных удобрений и навоза на поглощение и потребление хлопчатником азота и урожай хлопксырца // Интенсивная технология возделывания хлопчатника в УзССР. Ташкент, 1988. С. 84-86.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

Стресс и адаптация у растений, физиолого-биохимические защитные реакции организмов на воздействие абиотических и биотических факторов

<i>Allahverdiyev Tofiq Idris.</i> Effect of Drought Stress on Some Physiological Traits of Durum (<i>Triticum durum</i> Desf.) and Bread (<i>Triticum aestivum</i> L.) Wheat Genotypes.....	7
<i>Абдулбагиева С.А.</i> Изучение физиологических показателей сортов мягкой и твердой пшеницы в условиях Азербайджана.....	10
<i>Алекберова Шахла, Керимова Расмия, Газиев Ариф.</i> Зависимость продуктивности культуры шафрана от взаимодействия факторов окружающей среды.....	14
<i>Анапияев Б.Б., Искакова К.М., Бейсенбек Е.Б., Ахметова А.Б.</i> Изучение устойчивости дигамплоидных линий <i>Triticum aestivum</i> L. к ржавчинным болезням.....	17
<i>Ахмедова Ф.А., Мирзоева Г.В., Ибрагимова И.Г.</i> Первичные результаты исследований интродуцированных образцов пшеницы из международных центров (CIMMYT, ICARDA).....	23
<i>Баранова Е.Н., Куренина Л.В., Ралдугина Г.Н., Гулевич А.А.</i> Ультроструктурные аспекты формирования клеточных компартментов корня томата и табака при индукции АФК и увеличении осмотического давления.....	27
<i>Белоус О.Г., Платонова Н.Б.</i> Физиологические механизмы устойчивости растений чая к стрессорам зимнего периода.....	30
<i>Будаговская Н.В.</i> Снижение водонагнетающей активности корней кукурузы в условиях засоления и блокирования кальциевых каналов.....	34

Высоцкая О.Н. Криоустойчивость растительного материала и криосохранение плодовых и ягодных культур в криобанке ИФР РАН.....	40
Гарипова С.Р. Роль эндофитных бактерий для поддержания адаптивности бобовых растений.....	43
Державина Н.М. Адаптационные системы папоротников хазмофитов на примере <i>Woodsia glabella</i> R. Br. (<i>Woodsiaceae</i>).....	47
Димитриев А.В., Васильева А.А., Матюков Р.Н. Опыт оценки и выбора адаптированных к климатическим условиям сортов винограда на севере Приволжской возвышенности.....	50
Евграшкина Т.Н., Иванищев В.В. Окислительный стресс в проростках тритикале при карбонатном засолении	53
Зенкина К.В., Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Адаптивный потенциал зерновых колосовых культур в агроэкологических условиях Среднего Приамурья.....	56
Иванищев В.В. Окислительный стресс в побегах тритикале при NaCl-засолении	59
Кравченко А.Н., Клименко О.А. Адаптивность линий и гибридов кукурузы к стрессовым абиотическим факторам.....	62
Кумахова Т.Х., Пикуленко М.М. Маркеры структурно-функциональных приспособлений плодов <i>Malus</i> Mill. (<i>Rosaceae</i>) в горных биоагроценозах	65
Лисник С.С., Корецкая Ю.Л. Содержание пролина и активность пероксидазы в листьях сахарной свёклы (<i>Beta vulgaris</i> L.) при избытке цинка в среде.....	68
Мамедова С.А., Бабаева М.А. Оценка генотипов синтетической пшеницы по устойчивости к старению.....	72
Малюченко Е.А., Брагина О.А. Проблема устойчивости растений риса к засолению.....	75

Матниязова Х.Х., Набиев С.М. Физиологические показатели водного обмена у простых и сложных гибридов хлопчатника вида <i>G. hirsutum</i> L. в разных условиях водообеспеченности.....	78
Менишутина Т.В., Иваненко Е.Н., Костенко М.Г. Адаптивный и продуктивный потенциал интродуцированных сортов яблони в аридных условиях...	81
Набиев С.М., Хамдуллаев Ш.А., Матниязова Х.Х., Усманов Р.М. Морфофизиологические защитные реакции хлопчатника к водному стрессу.....	85
Папулова Э.Ю., Лоточникова Т.Н., Карамов А.С. Амилографические характеристики сортов риса, выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края в 2017 и 2018 гг.	90
Сабарайкина С.М. Физиологические адаптации видов рода <i>Rosa</i> L. к условиям Центральной Якутии.....	94
Удалова Ж.В., Займль-Бухингер В.В., Матвеева Е.М., Зиновьева С.В. Участие ингибиторов протеиназы во взаимоотношениях растений с паразитическими нематодами (на примере системы томаты–галловая нематода <i>Meloidogyne incognita</i>)	99
Чернявских В.И., Думачева Е.В., Бородаева Ж.А. Особенности адаптации экотипов <i>Medicago varia</i> M. к различным условиям экотопа.....	104
Загоскина Н.В. Полифенолы и их роль в адаптации растений.....	107
Плотникова Л.Я., Пожерукова В.Е., Новикова Е.С. Динамика защитных реакций пшеницы Тимофеева при поражении бурой ржавчиной.....	109
Лось Д.А. Универсальные триггеры стрессовых ответов...	113
Мамедова А.Д., Алиев Р.Т., Гаджиев Э.С. Адаптивная реакция зерновых культур на действие биологически активного вещества.....	115

Салтанович Т.И. Изучение устойчивости генотипов томата по функциональным признакам мужского гаметофита.....	118
Кабачевская Е.М., Суховеева С.В., Мисюкевич А.Ю., Волотовский И.Д. Дифференциальная экспрессия генов в сортах томата с различной устойчивостью к фитофторозу.....	122
Гончарова Э.А. Эволюция репродуктивных функций плодовых растений и их селекционная значимость.....	126

Секция 2

Биологически активные и ценные пищевые вещества сельскохозяйственных растений

Grygorieva O., Klymenko S., Ilyinska A., Vergun O., Brindza J., Ivanišová E. Biochemical Characteristics of Peel and Pulp of Fruits of <i>Pseudocycdonia sinensis</i> Schneid.....	135
Horčínová Sedláčková V., Šimková J., Brindza J., Grygorieva O., Vergun O. Honey Influence on the Physicochemical Characteristics of Water and Teas	138
Гинс М.С., Гинс В.К., Мотылева С.М., Куликов И.М., Тодорова Д.А., Сергеев И.Г. Состав органических кислот в разновозрастных листьях <i>Amaranthus tricolor</i> L. сорта Валентина.....	142
Гладей Д.М., Елисовецкая Д.С., Бриндза Ян. Биологически активные вещества растений в качестве стимуляторов роста.....	147
Жбанова Е.В., Кружков А.В. Пищевая ценность перспективных сортов и форм вишни.....	150
Куликовский М.С. Мальцев Е.И., Гусев Е.С., Кузнецова И.В., Шкурина Н.А., Кезля Е.М. Микроводоросли: биологически активные и ценные пищевые вещества.....	153

Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Анализ сортов земляники по показателям химического состава плодов.....	157
Мусихин С.А., Ардашева О.А. Особенности содержания аскорбиновой кислоты и активности пероксидазы в растениях <i>Momordica charantia</i> L., <i>Trichosanthes cucurbitaria</i> L. в защищенном грунте Удмуртской Республики.....	161
Трузина Л.А. Динамика содержания протеина и клетчатки в зеленой массе козлятника восточного.....	164
Трузина Л.А., Коровина В.Л. Сравнительная оценка козлятника восточного и козлятника лекарственного по питательной ценности.....	169
Тошев А.Д., Хамраева Г.Б., Журавлева Н.Д., Данченко К. Тыквенные овощи в производстве продуктов питания.....	173
Журавлева Н.Д., Тошев А.Д., Ярыгина Е.С. Использование рапсового жмыха как биологически активной добавки для спортивного питания.....	181
Упадышева Г.Ю., Мотылева С.М. Изменение биохимического состава листьев алычи гибридной под влиянием подвоя.....	185
Шелепина Н.В. Функциональные ингредиенты в составе зерна гороха.....	189
Салина Е.С., Левгерова Н.С., Макаркина М.А. Характеристика колонновидных сортов яблони по сохраняемости Р-активных веществ в продуктах переработки.....	192
Останчук И.Н., Фролова Л.В. Биохимические показатели в свежих плодах малины различной окраски в условиях Беларуси.....	200

Бохан А.И., Юдаева В.Е., Козак В.И. Характеристика новых сортов овощных культур селекции ФГБНУ ВСТИСП по биохимическим показателям.....	208
Махмудов С.Д., Рузметов Д.Р., Турабоев Ш.М., Абрекова Н.Н., Сагдуллаев Б.Т. Влагосорбционное свойство субстанции биологически активной добавки к пище «Равонол» на основе плодов <i>Prunus domestica</i> L.	214
Туманьян Н.Г., Кумейко Т.Б. Ранжирование сортов риса по признакам качества зерна, выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края.....	216
Белевцова В.И. Интродукция, селекция и биохимический состав ягод земляники в условиях Центральной Якутии....	220
Усманов Р.М., Бозоров Т.А., Набиев С.М. Накопление вторичных метаболитов в листьях и синтез белков генеративной сферы различающихся по устойчивости сортов хлопчатника в условиях дефицита влаги.....	227
Абдуразакова З.Л., Юнусханов Ш., Абзалов М.Ф., Курбанбаев И.Д. Содержание хлорофиллов в листьях растений сои на различных фазах их развития.....	234
Гинс М.С., Гинс В.К., Куликов И.М., Пивоваров В.Ф., Мотылева С.М., Медведев С.М. Модуляция углеводных метаболитов в разновозрастных листьях <i>Amaranthus tricolor</i> L. сорта Валентина.....	237
Гинс М.С., Куликов И.М., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Мотылева С.М., Медведев С.М. Накопление производных моносахаридов в листьях <i>Amaranthus tricolor</i> L. сорта Валентина	242
Шеримбетов А.Г., Шеримбетов С.Г., Абдирахимова С.Ш., Шаджанова Г.А. Изучение биоморфологических и химических показателей растения <i>Lycium ruthenicum</i> Murr.	247

Секция 3

Антиоксиданты сельскохозяйственных растений – медико-биологические и технологические аспекты применения антиоксидантов в сельском хозяйстве, медицине, космецевтике, фармации, функциональном питании

<i>Волков В.А., Сажина Н.Н., Храмева Н.П., Кузичкина Т.И., Евтеева Н.М., Попов И.Н., Мисин В.М.</i> Выбор метода анализа количества и активности антиоксидантов в винодельческой продукции.....	253
<i>Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М.</i> Антиоксиданты чернозерных и краснозерных сортов риса.....	256
<i>Гончаровская И.В., Левон В.Ф.</i> Антиоксидантные свойства цветков и плодов сорта яблони Выдубецкая плакучая.....	259
<i>Ершова И.В.</i> Сибирские плоды и ягоды как источники природных антиоксидантов.....	266
<i>Иванищев В.В.</i> Антиоксидантная система проростков вики в присутствии хлорида никеля в среде	270
<i>Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Сачивко Т.В., Босак В.Н.</i> Антиоксидантные свойства различных сортов <i>Hyssopus officinalis</i> L.	273
<i>Казанцева В.В., Нечаева Т.Л., Николаева Т.Н., Цыпурская Е.В., Лапшин П.В., Гончарук Е.А., Зубова М.Ю., Катанская В.М., Загоскина Н.В.</i> Влияние антиоксиданта фенольной природы эпикатехина на устойчивость проростков гречихи (<i>Fagopirum esculentum</i> L.) к низкотемпературному стрессу.....	275
<i>Сажина Н.Н., Мотылева С.М., Лапшин П.В., Загоскина Н.В.</i> Антиоксидантные и другие биологические свойства <i>Алое</i>	278

Мусаев Ф.Б. Семена сельскохозяйственных растений как средство размножения растений, пища и лекарство.....	285
Гребенникова О.А., Браилко В.А. Биохимические аспекты адаптации некоторых видов инжира к отрицательным температурам.....	289

Секция 4

Фотосинтез, фотоника, дыхание, минеральное питание и водный обмен растений, сигнальные системы клеток высших растений

Антипина О.В., Попов В.Н., Дерябин А.Н., Рахманкулова З.Ф. Изменение активности фотосинтетического аппарата у растений, различающихся по устойчивости к низким температурам.....	295
Браилко В.А. Регуляция водного режима представителей семейства <i>Caprifoliaceae</i> Juss. в условиях засухи на южном берегу Крыма.....	299
Викс Т.Н., Кабашикова Л.Ф., Савченко Г.Е. Анализ устойчивости аппарата фотосинтеза в онтогенезе проростков ячменя (<i>Hordeum sativum</i> L.) при инфицировании грибом <i>Bipolaris sorokiniana</i> Sacc. Schoem.	303
Зеленков В.Н., Иванова М.И., Латушкин В.В., Марков М.В., Карпачев В.В., Верник П.А., Гаврилов С.В., Новиков В.Б. Влияние облучения в импульсном режиме на показатели динамики прорастания семян горчицы салатной и амаранта в закрытой системе синерготрона ИСП-1.1.....	307

Зеленков В.Н., Свистунова Н.Ю., Латушкин В.В., Верник П.А., Гаврилов С.В., Новиков В.Б., Поверина Н.В. Влияние облучения в импульсном режиме на показатели динамики прорастания семян лекарственных и эфиромасличных культур в закрытой системе синерготрона ИСП-1.1.....	310
Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Лапин А.А., Марков М.В., Карпачев В.В., Верник П.А., Гаврилов С.В., Новиков В.Б. Влияние облучения в импульсном режиме на всхожесть и содержание антиоксидантов при проращивании семян нуга абиссинского в закрытой системе синерготрона ИСП-1.1..	314
Иваненко Е.Н., Дроник А.А., Александрова Т.И. Влияние некорневого питания на ростовые процессы и урожайность груши.....	317
Кабашникова Л.Ф., Савченко Г.Е., Абрамчик Л.М., Доманская И.Н., Макаров В.Н. Индукция синтеза полифенольных соединений в культуре тканей бобовых растений.....	320
Кибальник О.П., Каменева О.Б. Накопление хлорофилла в листьях гибридов сорго на основе источников стерильности А1, А2, А3, А4, А5, А6.....	324
Шмарев А.Н., Креславский В.Д. Влияние содержания фитохромов на стресс-устойчивость растений <i>Arabidopsis thaliana</i>	328
Мальцев Е.И., Мальцева С.Ю., Куликовский М.С. Использование водорослей-продуцентов жирных кислот для повышения эффективности сельскохозяйственных кормов.....	331

Осман Али Джамиль, Зеленков В.Н., Елисеева Л.Г., Латушкин В.В., Барышок В.П. Влияние 1-этоксисилатрана на характеристики салата листового при выращивании в условиях системы фитотрона ИСП-0.1.....	335
Хамдуллаев Ш.А., Набиев С.М., Абзалов М.Ф. Физиологические параметры водного обмена у растений хлопчатника с разной формой листа	338
Шкурина Н.А., Мальцев Е.И., Куликовский М.С. Скрининг коллекции диатомовых водорослей с целью выявления продуцентов ценных жирных кислот.....	344
Юдина Л.М., Сухова Е.М., Громова Е.Н., Неруш В.Н., Воденев В.А., Сухов В.С. Фотохимический индекс отражения (PRI) как инструмент мониторинга фотосинтетического стресса у сельскохозяйственных растений.....	347
Стрельников И.И., Глухов А.З., Мудрецова К.В. Различия топологии жилкования листьев в зависимости от условий освещения	350
Строкина В.В., Балахнина Т.И., Креславский В.Д. Устойчивость фотосинтетического аппарата к свету высокой интенсивности при дефиците фитохромов <i>a</i> и <i>b</i> и криптохрома 1.....	354
Пирахунова Ф.Н., Абзалова Н.А., Абзалов А.А. Потребление артишоком колючим (<i>Cynara scolymus</i> L.) и повышение эффективности азотных удобрений при различных почвенных условиях.....	357

Научное издание

РОЛЬ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ В ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

В двух томах

ТОМ I

Редактор *И.Л. Панкратова*
Технический редактор *Н.А. Ясько*
Компьютерная верстка *Н.А. Ясько*
Дизайн обложки *Ю.Н. Ефремова*

Подписано в печать 08.04.2019 г. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 21,62. Тираж 500 экз. Заказ 691.

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41