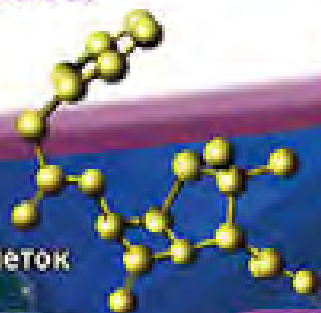


**Биохимические реактивы,  
оборудование  
и расходные материалы  
Life Sciences**



- для культур клеток
- биохимии
- молекулярной биологии
- молекулярной генетики
- микробиологии
- сыворотки животных
- антитела
- рекомбинантные белки



[www.chimmed.ru](http://www.chimmed.ru)



**Мы можем предоставить демоверсии приборов в вашу лабораторию!**

Москва, 125420, Каширское шоссе, д. 9, корп. 3. Тел.: +7 (495) 728 4192, e-mail: [bio@chimmed.ru](mailto:bio@chimmed.ru)  
 Санкт-Петербург, 194208, пр. Энергетиков, д. 40, оф. 304. Тел.: +7 (812) 505 0061, e-mail: [srb@chimmed.ru](mailto:srb@chimmed.ru)  
 Казань, 420048, ул. Седова, д. 22. Тел.: +7 (843) 473 6261, 473 4288, e-mail: [kazan@chimmed.ru](mailto:kazan@chimmed.ru)  
 Новосибирск, 630090, просп. Акад. Лаврентьева, 6/1. Тел.: +7 (383) 335 6408, e-mail: [sibir@chimmed.ru](mailto:sibir@chimmed.ru)

РОЛЬ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ В ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

# РОЛЬ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ В ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

В двух томах  
**ТОМ I**

Сборник материалов  
V Международной научно-методологической  
конференции

Москва, 15-19 апреля 2019 г.



Москва

Российский университет дружбы народов  
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И РЕДКИХ РАСТЕНИЙ  
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА»  
ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»  
ФГБНУ «ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА РАН»  
ФГБНУ «ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ БИОЛОГИИ РАН»  
ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»  
ФГБНУ «ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. АКАДЕМИКОВ М.М. ШЕМЯКИНА  
И Ю.А. ОВЧИННИКОВА РАН»  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД ИМЕНИ Н.Н. ГРИШКО  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ  
INSTITUTUL DE GENETICĂ FIZIOLOGIE ȘI PROTECȚIA A PLANTELOR,  
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA  
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»  
SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE KATEDRA GENETIKY  
A ŠEACHTENIA RASTLÍN  
FAKULTA AGROBIOLOGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV INŠTITÚT OCHRANY  
BIODIVERZITY A BIOLOGICKEJ BEZPEČNOSTI

---

# **РОЛЬ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ В ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**



**Сборник материалов  
V Международной  
научно-методологической  
конференции**

*В двух томах*

**ТОМ I**

*Москва, 15–19 апреля 2019 г.*

**Москва  
Российский университет дружбы народов  
2019**

УДК 631:577.1(063)

ББК 4+28.072

Р68

*Издание подготовлено при финансовой поддержке Российского фонда  
фундаментальных исследований, проект № 19-016-20005*

Редакционная коллегия:  
*М.С. Гинс, С.М. Мотылева, А.И. Бохан*

**Р68 Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений** : сборник материалов V Международной научно-методологической конференции : в 2 т. Москва, 15–19 апреля 2019 г. / отв. ред. М. С. Гинс. – Москва : РУДН, 2019.

ISBN 978-5-209-09357-2

Т. I. – 371 с. : ил.

ISBN 978-5-209-09358-9 (т. I)

В сборник включены материалы, которые были представлены и обсуждены на V Международной научно-методологической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений» (Москва, 15–19 апреля 2019 г.). Отражены достижения в области актуальных современных проблем селекции сельскохозяйственных растений: стресса и адаптации, физиолого-биохимических защитных реакций на воздействие абиотических и биотических факторов; вопросов фотосинтеза, дыхания, минерального питания и водного обмена растений; сигнальных систем клеток высших растений; использования физиолого-биохимических показателей в интродукции и селекции на качество и устойчивость сельскохозяйственных растений; роста, развития и продуктивности, влияния техногенного загрязнения на физиологические и биохимические процессы сельскохозяйственных растений.

Рассмотрены вопросы новых направлений, отражающих современные тенденции в развитии методов физиологии и биохимии растений: медико-биологические и технологические аспекты применения антиоксидантов в сельском хозяйстве, медицине, косметологии, фармации, функциональном и персонализированном питании; фотонное управление продукционным процессом сельскохозяйственных растений; диагностика состояния растений дистанционными методами.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов в области селекции сельскохозяйственных растений, физиологии и биохимии, агроэкологии, а также преподавателей, аспирантов и бакалавров сельскохозяйственных, биологических и близких к ним специальностей.

ISBN 978-5-209-09358-9 (т. I)

ISBN 978-5-209-09357-2

© Коллектив авторов, 2019

© Российский университет дружбы народов, 2019

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

*Председатель: Кононков Петр Федорович*, д.с.-х.н., профессор, Россия

*Сопредседатели:*

*Куликов Иван Михайлович*, д.э.н., профессор, академик РАН, Россия

*Пивоваров Виктор Федорович*, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, Россия

*Заместитель председателя: Гинс Валентина Карловна*, д.б.н., профессор, Россия

*Багиров Вугар Алиевич*, д.б.н., профессор, член-кор. РАН, Россия

*Донник Ирина Михайловна*, д.б.н., профессор, академик РАН, вице-президент РАН, Россия

*Алабушев Андрей Васильевич*, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, Россия

*Измайлов Андрей Юрьевич*, д.т.н., академик РАН, Россия

*Косолапов Владимир Михайлович*, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, Россия

*Лачуга Юрий Федорович*, д.т.н., профессор, академик РАН, Россия

*Рындин Алексей Владимирович*, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, Россия

*Савченко Иван Васильевич*, д.б.н., профессор, академик РАН, Россия

*Шувалов Владимир Анатольевич*, д.б.н., профессор, академик РАН, Россия

*Гинс Мурат Сабирович*, д.б.н., профессор, член-кор. РАН, Россия

*Миронов Владимир Федорович*, д.х.н., профессор, член-кор. РАН, Россия

*Попов Владимир Олегович*, д.х.н., профессор, член-кор. РАН, Россия

*Плугатарь Юрий Владимирович*, д.с.-х.н., член-кор. РАН, Россия

*Сидельников Николай Иванович*, д.с.-х.н., член-кор. РАН, Россия

*Журавлева Екатерина Васильевна*, д.с.-х.н., профессор РАН, Россия

*Лось Дмитрий Анатольевич*, д.б.н., профессор, Россия

*Солдатенко Алексей Васильевич*, д.с.-х.н., профессор РАН, Россия

*Скорина Владимир Владимирович*, д.с.-х.н., Беларусь

*Андроник Лариса Исааковна*, к.б.н., Молдова

*Жевора Сергей Валентинович*, к.с.-х.н., Россия

*Сергиев Искрен*, Associate Professor PhD, Болгария

*Ян Бриндза*, Doc. Ing. CSc, Словакия

# О Р Г А Н И З А Ц И О Н Н Ы Й К О М И Т Е Т

*Председатель: Гинс Мурат Сабирович*, д.б.н., профессор, член-кор. РАН, Россия

*Сопредседатель: Кособрюхов Анатолий Александрович*, д.б.н., профессор, Россия

*Заместитель председателя: Мотылева Светлана Михайловна*, к.с.-х.н., доц., Россия

*Жиров Владимир Константинович*, д.б.н., проф., чл.-кор. РАН, Россия

*Креславский Владимир Данилович*, д.б.н., профессор, Россия

*Загоскина Наталья Викторовна*, д.б.н., профессор, Россия

*Старовойтов Виктор Иванович*, д.т.н., профессор, Россия

*Бохан Александр Иванович*, д.с.-х.н., Россия

*Гончарова Эльза Андреевна*, д.б.н., Россия

*Дерканосова Наталья Митрофановна*, д.т.н., профессор, Россия

*Гловацкая Ирина Феоктисовна*, д.б.н., профессор, Россия

*Федоров Александр Владимирович*, д.с.-х.н., профессор, Россия

*Коновалов Сергей Николаевич*, к.б.н., Россия

*Тумаева Татьяна Александровна*, к.с.-х.н., Россия

*Карпун Наталья Николаевна*, д.б.н., Россия

*Кумахова Тамара Хабаловна*, к.б.н., Россия

*Григорьева Ольга Владимировна*, к.б.н., Украина

*Бречко Елена Владимировна*, к.б.н., Беларусь

*Иванова Раиса Алексеевна*, к.т.н., Молдова

*Елисовецкая Дина Степановна*, к.б.н., Молдова

*Иманбаева Акжунис Алтаевна*, к.б.н., Казахстан

*Усманов Рустам Махмудович*, д.б.н., Узбекистан

## **Секция 1**

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



# **EFFECT OF DROUGHT STRESS ON SOME PHYSIOLOGICAL TRAITS OF DURUM (*TRITICUM DURUM* DESF.) AND BREAD (*TRITICUM AESTIVUM* L.) WHEAT GENOTYPES**

*Allahverdiyev Tofig Idris, Dr. Sci,*

*Head of the Plant Physiology and Biotechnology Department*

*Research Institute of Crop Husbandry Ministry of Agriculture  
of Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan, tofig\_1968@mail.ru,*

*Научно-исследовательский институт земледелия*

*Министерства сельского хозяйства*

*Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан*

Drought is a major limiting factor affecting wheat production in the world. We aimed to study the effect of soil water deficit on some physiological parameters of 8 durum and 14 bread wheat genotypes grown under irrigated and non-irrigated field conditions. Water stress led a decrease in the stomatal conductance, rates of photosynthesis and transpiration, chlorophyll a, b and carotenoids content, relative water content of leaves of wheat genotypes. Drought caused acceleration of dry matter remobilization from vegetative parts to grains.

Засуха является основным ограничивающим фактором, влияющим на производство пшеницы в мире. Целью нашего исследования было изучение влияния дефицита воды в почве на некоторые физиологические параметры генотипов 8 твердой и 14 мягкой пшеницы, выращенных в условиях полива и засухи. Засуха приводила к уменьшению устьичной проводимости, скорости фотосинтеза и транспирации, содержания хлорофилла a, b и каротиноидов, относительного содержания воды листьев генотипов пшеницы. Засуха вызвала ускорение транслокации сухого вещества от вегетативных частей к зерну.

**Introduction.** Wheat is an important cereal crop in global food supply. Drought is a main constraint in productivity of wheat across the rainfed regions of the world, including Azerbaijan. Different physiological traits have been proposed as key traits associated with yield potential as well as performance under water stress. A high photosynthesis rate, higher assimilating area and dry



mass accumulation, maintenance of flag leaf relative water content at a high level, delay of leaf senescence, remobilization of stem reserves are considered as favourable traits under drought conditions. We aimed to study the impact of soil water deficit on gas exchange parameters, relative water content and pigments content of flag leaf, assimilation area and dry matter dynamics of leaves per stem, stem and spike from booting to grain milky ripe, pre-anthesis dry matter remobilization from vegetative parts into grain and grain yield of durum and bread wheat genotypes.

**Materials and methods.** Plant materials consisted of 8 durum wheat (Garagylchyg 2, Vugar, Shiraslan 23, Barakatli 95, Alinja 84, Tartar, Sharg, Gyrmzy bugda) and 14 bread wheat (Nurlu 99, Gobustan, Akinchi 84, Giymatli 2\17, Gyrmzy gul 1, Azamatli 95, Tale 38, Ruzi 84, Pirshahin 1, 12<sup>nd</sup>FAWWONN<sub>97</sub>, 4<sup>th</sup>FEFWSN<sub>50</sub>, Gunashli, Dagdash, Saratovskaya 29) genotypes grown in irrigated and non-irrigated field conditions. Gas exchange parameters were measured using LI-COR 6400 XT Portable Photosynthesis System at the heading stage. Pigments extraction and quantification was carried out according to Lichtenthaler (1987). Dry matter remobilization was calculated as the difference between total aboveground dry mass at heading and vegetative parts (leaves, stem plus sheaths and vegetative parts of spike) at maturity.

**Results and discussion.** Water deficiency caused reduction of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration rates, an increase of intercellular CO<sub>2</sub> concentration. The genotypic differences in the relative water content of flag leaf was revealed at kernels milky ripe. High relative water content in the flag leaf under drought stress was detected in genotypes Vugar, Sharg, Gyrmzy bugda, Dagdash, which indicates the drought resistance of these genotypes. Drought led reduction of Chl a, b, Car(x+c) contents, Chl(a+b)/Car(x+c) ratio. An increase of aboveground dry mass continued to grain milky ripe. Drought stress accelerated pre-anthesis dry matter remobilization (DMR) from vegetative plant parts into grain. DMR was higher in durum wheat genotypes Barakatli

95, Tartar, in bread wheat genotypes Akinchi 84, Giymatli 2/17, Pirshahin 1 and Gunashli. Dry mass remobilization efficiency was lowest in tall height genotypes Sharg, Gyrmzy bugda and Dagdash under both irrigated and rain-fed conditions. The minimum yield loss from drought was revealed in durum wheat genotype Gyrmzy bugda and in early heading bread wheat genotypes Nurlu 99, Gobustan and Gunashli. We conclude that an advantages of some genotypes – early heading allows more dry matter remobilization into grain and also drought escape.

**Conclusion.** Drought intensifies senescence of leaves, decreases gas exchange, water rejime parameters, pigments content, that negatively affect grain yield of wheat genotypes.

### References

1. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.*, 29, 185–212.
2. Flexas J., Medrano H. (2002). Drought-inhibition of Photosynthesis in C<sub>3</sub> Plants: Stomatal and Non-stomatal Limitations Revisited. – *Annals of Botany* 89: 183–189.
3. Lichtenthaler H. (1987): Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic bio membranes. – *Methods in Enzymology* 148: 350--382.
4. Lawlor D., Cornic G. (2002): Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. – *Plant, Cell & Environment* 25: 275–294.

## **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОРТОВ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

*Абдулбагиева С.А.,*

*доктор философии по биологии, ведущий научный сотрудник*

*Научно исследовательский институт земледелия МСХ  
Азербайджанской Республики (НИИ Земледелия) Аз1098,  
г. Баку, пос. Пуршаги, совхоз 2, sevda\_30@mail.ru*

В статье с целью повышения продуктивности растений пшеницы с различными разновидностями проанализированы параметры газообмена, содержание хлорофилла у листьев, структурные элементы и продуктивность.

Глобальной проблемой человечества является нехватка продовольствия и, по прогнозам ООН, к 2050 г. население планеты достигнет 9,8 млрд человек, а мировое потребление продовольствия увеличится в 2 раза [3]. Происходящие на Земле глобальные изменения климата также создали серьезные осложнения в обеспечении продовольственной безопасности. Воздействие экстремальных климатических факторов приводит к значительному снижению роста и развития сельскохозяйственных культур [4], и для обеспечения продовольственной безопасности в республике требуется расширение посевов под культурой, повышение урожайности, создание и внедрение новых сортов.

Целью настоящей работы явились отбор твердых и мягких генотипов пшеницы, образовавших высокий и стабильный урожай, и использование их в селекции в качестве исходного материала.

**Методы и объекты исследования.** Полевые опыты проводились на опытном участке НИИ Земледелия. Фенологические наблюдения проведены по методу Купермана [1]. Измерения параметров газообмена проведены портативной системой фотосинтеза (LI-COR Biosciences, США), количество хлорофилла у листьев измерено прибором ССМ 200 plus (*Opti Sciencen, Inc.Hudson, США*). Урожайность вычисляли по снопам в расчете на единицу площади. Объектом исследования выбрано: 19 мягких (относящихся к разновидностям *Lutessens, Qrekum u Erytrospermum*) и 12 твердых (относящихся к разновидностям *Herdeiforma, Leukurum и Provensiale*) сортов пшеницы.

**Результаты и их обсуждение.** Исследуемые нами генотипы пшеницы различаются по архитектонике листьев и определенным физиологическим показателям: количеству хлорофилла у листьев, интенсивности фотосинтеза, устьичной проводимости, концентрации  $\text{CO}_2$  межклеточных пространствах и интенсивности транспирации. Выявлено, что интенсивность фотосинтеза у сортов мягкой пшеницы Мархал, Аран, Махмуд 80 и Гюнашли, у сортов твердой пшеницы Тартар 2, Тартар, Ширван 5 более высокая. Максимальный и равный показатель оказался у мягкой пшеницы Мархал и твердой пшеницы Тартар 2- $22,5 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . У сортов мягкой пшеницы с высокой интенсивностью фотосинтеза (Мархал, Махмуд 80 и Гюнашли), устьичная проводимость составила соответственно 0,165; 0,115 и 0,364  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ , что у других сортов изменился в интервале 0,089-0,250  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ . У сортов твердой пшеницы с высокой интенсивностью фотосинтеза Тартар 2, Тартар и Ширван 5 устьичная проводимость была соответственно 0,146; 0,262 и 0,255  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ , а максимальный показатель был у сорта Татар. Уменьшение устьичной проводимости приводит к уменьшению концентрации  $\text{CO}_2$  в межклеточных пространствах и интенсивности транспирации. Оба показателя (интенсивность фотосинтеза и устьичная проводимость) были высоки у сортов мягкой пшеницы Гюнашли

и твердой пшеницы Татар и Ширван 5. Концентрация  $\text{CO}_2$  в межклеточных пространствах у сортов мягкой пшеницы Гобустан и Махмуд 80 Гырмызы гюль 1 и у сортов твердой пшеницы Карабах и Кахраба более высокая.

Мягкие сорта Гюнашли и Аран, твердые сорта Татар и Ширван 5 отличаются более высокой интенсивностью транспирации. Мягкий сорт пшеницы Гюнашли, твердые сорта Ширван 5 и Татар отличаются более высокой интенсивностью фотосинтеза, устьичной проводимости и скоростью транспирации.

Увеличение и длительное сохранение интенсивности фотосинтеза в листьях в период налива зерна на более высоком уровне обеспечивает лучшее формирование зерен в колосе и высокий урожай. Многие исследователи объясняют повышенную интенсивность фотосинтеза в этот период у высокопродуктивных сортов пшеницы именно увеличением запроса на ассимилянты со стороны большого колоса, который содержит большее количество зерен по сравнению сортами с меньшим колосом [2]. Исследования показали, что у сортов мягкой пшеницы с высокой интенсивностью фотосинтеза Маршал, Махмуд 80 и Гюнашли длина колоса составила соответственно 11,8; 13,2 и 11,7 см.

Интенсивность фотосинтеза после цветения и накопление растением массы сухого вещества увеличилась вместе с увеличением количества зерен в колосе, и у исследуемых сортов Махмуд 80, Аран и Зирва 85 они были высокими.

Изучена динамика количества хлорофилла у флаговых листьев с фазы колошения до восковой спелости. У некоторых сортов максимальная оценка количества хлорофилла совпала с фазой налива зерна, а у других – началом фазы молочной спелости. Этот показатель у сортов твердых пшениц по сравнению с мягкими более высокий, что связано со сравнительно поздним колошением твердой пшеницы, ранним старением флаговых листьев мягкой пшеницы. Исследуемые показатели

были отражены и в продуктивности, так как продуктивность у 40 % сортов была выше 600 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, у сортов, относящихся к разновидностям *Herdeiforma*, *Leukurum* и *Provensiale*, изученные показатели были относительно высокими. Максимальная оценка интенсивности фотосинтеза наблюдалась относительно у поздно колосящихся сортов, и это связано с коротким периодом от колошения до восковой спелости и накоплением максимальной биомассы.

### **Библиографический список**

1. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений: учеб. пособие для студентов биол. спец. ун-тов, 4-е изд., перевып. и доп. М.: Высш. шк., 1984, 204 с.

2. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate and cooler canopies // Crop Sci. 1998. 38. P. 1467-1475.

3. URL: <https://tass.ru/obshchestvo/> ООН: население Земли к 2050 г. превысит 9,8 млрд. человек. 22 июня 2017 г.

4. Long S.P., Ort D.R. More than taking the heat: crops and global change // Curr. Opin. Plant Biol. 2010. 13. N 3. P. 241-248.

## **ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУРЫ ШАФРАНА ОТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Алекберова Шахла, Керимова Расмия, Газиев Ариф*

*Азербайджанский государственный аграрный университет (АГАУ),  
arif\_qaziyeu@mail.ru*

Работа представляет научно-практическую информацию о возделывании культуры крокуса (шафран) в оптимальных условиях с целью изучения воздействия факторов окружающей среды, с одновременным внесением в почвенно-питательную среду кальция карбоната ( $\text{CaCO}_3$ ) в виде порошка, полученного из яичной скорлупы. Полученные данные дают возможность заключить, что внесение данного вещества даст положительные результаты как по обогащению, так и улучшению структуры питательной среды.

The work presents scientific and practical information on the cultivation of crocus (saffron) culture under optimal conditions in order to study the effects of environmental factors, while simultaneously adding calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) to the soil nutrient medium in the form of an egg shell powder. The data obtained make it possible to suppose that with the introduction of this substance of dates, positive results, both in enrichment and the structure of the nutrient medium.

**Введение.** Окружающая нас живая природа характеризуется своей уникальностью основой, которой является растительный мир. Больше половины всех существующих растений относятся к цветковым или покрытосеменным.

Эти растения представляют собой высшую форму растительной жизни, отличающейся редким разнообразием и широкой распространённостью. Одними из ярких представителей этой группы являются луковичные и клубневые растения.

Среди луковичных крокус, или ещё так называемый шафран, представляет особый интерес не только как декоратив-

ное растение, но и широко используемое в кулинарной, пищевой, фармацевтической, косметологической промышленности, также может применяться с целью оздоровления организма человека. Крокус (шафран) многолетнее луковичное растение. Цветение крокуса наступает осенью или весной, в зависимости от видовых особенностей.

Родина посевного крокуса – Индия. Это растение встречается в Средней и Восточной Европе, Северной Африке, на Кавказе, в Азии. В Азербайджане данное растение широко возделывается на Апшеронском полуострове. Выращенный на этой территории посевной материал обладает высокой продуктивностью и отличным качеством.

**Материалы и методы.** Исследуемый в данной работе крокус посевной (*C. sativus*) характеризуется следующими морфологическими показателями: высота определяется в зависимости от условий возделывания и варьирует в пределах от 10 до 30 см. Листья крокуса посевного узколинейные, прямостоячие, с загнутыми краями. Цветки растений белые, желтые или светло-фиолетовые; запах напоминает аромат фиалки. Каждый цветок имеет три длинных оранжево-красных рыльца.

Учитывая особенности при выращивании шафрана посевного с целью получения стабильного урожая, который находится в прямой зависимости, как от погодных условий, так и от взаимодействия факторов окружающей среды, исследования проводились в закрытом помещении, в лабораторных условиях с целью создания оптимальных условий возделывания. Луковицы для посева отбирались с условием соблюдения требований стандартных технологий. Каждая луковица помещалась в почвенно-питательную среду с учётом внесения как макро-, так и микроэлементов, а также с дополнительным внесением порошка карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), полученного из яичной скорлупы.

Сравнительный анализ основывался на изучении характера роста культур в выращенных сравнительных условиях,



как в питательной среде, так и в зависимости от температурного и водного режима.

В этом плане особенности роста в зависимости от факторов взаимодействия представляли особый интерес. Данная культура характеризовалась определённой особенностью по отзывчивости на структуру почвенно-питательной среды.

Питательная среда с содержанием кальция карбоната соотношением 200 г на 4 кг почвенной среды с оптимальным уровнем минерального питания была более продуктивной как по ростовым показателям, так и по устойчивости к отрицательным воздействиям факторов окружающей среды.

**Результаты и их обсуждение.** На основании полученных данных было установлено, что зависимость характера роста и устойчивости данной культуры во многом обусловлена как генотипическими факторами, так и факторами, определяющими взаимосвязь культуры с внешней средой.

Одновременно с целью оценки воздействия порошка кальция карбоната ( $\text{CaCO}_3$ ) нами проводились исследования, как надземной, так и подземной части данной культуры.

Микробиологическое исследования и оценки показали, что применение этого вещества оказывало положительное действие на устойчивость и продуктивность данной культуры.

### **Библиографический список**

1. Карагезов Т.Г., Мамедова М.Г., Азизов И.В., Асадова С.Ш. Особенности каллусообразования и регенерация растений шафрана // Известия НАН Азербайджана. 2005. № 3.
2. Рукшан Я. Х. Крокусы // Цветоводство: журнал. 1979. № 4–5.
3. Чуб В.В., Власова Т.А., Бутенко Р.Г. Каллусогенез и морфогенез в культуре генеративных органов весеннецветущих видов рода *Crocus L.* // Физиология растений. 1994. Т. 41. № 6.
4. Шафран – ценная и редкая культура – Елм-ве хаят (Наука и жизнь). 1980.

## ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДИГАПЛОИДНЫХ ЛИНИЙ *TRITICUM AESTIVUM* L. К РЖАВЧИНЫМ БОЛЕЗНЯМ

*Анапияев Б.Б.*<sup>1</sup>, д.б.н., профессор,  
*Искакова К.М.*<sup>2</sup>, к.б.н., ассоциированный профессор,  
*Бейсенбек Е.Б.*<sup>2</sup>, магистрант,  
*Ахметова А.Б.*<sup>2</sup>, PhD докторант

<sup>1</sup> *Сатбаев Университет (СУ), bak\_anapiyayev@mail.ru*

<sup>2</sup> *Казахский национальный аграрный университет (КазНАУ), Алматы, Казахстан, 050013, konirsha\_b@mail.ru*

<sup>1</sup> *Satbayev University (SU)*

<sup>2</sup> *Kazakh National Agrarian University (KazNAU)*

Были изучены устойчивость дигаплоидных линий мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. к ржавчинным болезням в условиях Юго-Востока Казахстана. В результате проведенных исследований удалось выделить несколько номеров дигаплоидных линий пшеницы, которые показали высокую устойчивость к ржавчинным болезням: WABB-3, WABB-6 и WABB-12.

The resistance of doubled haploid lines of spring wheat *Triticum aestivum* L. to rust diseases in the conditions of the South-East of Kazakhstan was studied. As a result of the research, it was identify several numbers of doubled haploid lines of wheat, which showed high resistance to rust diseases: WABB-3, WABB-6 and WABB-12.

**Введение.** В настоящее время разработаны несколько методических подходов по созданию дигаплоидов, среди которых более перспективным является культура изолированных пыльников и микроспор *in vitro*. С использованием гаплоидной биотехнологии создано множество ценных форм и сортов зерновых культур, в том числе пшеницы. Однако, несмотря на некоторые методические успехи, гаплоидная био-

технология нуждается в совершенствовании, особенно в звеньях отбора ценных изогенных линий на ранних этапах селекционного процесса [1-3].

В связи с этим целью данного исследования стало использование метода гаплоидной биотехнологии на основе культуры изолированных микроспор *in vitro* для создания дигаплоидных линий, устойчивых к ржавчинным болезням.

### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследования служили андроклинные дигаплоидные линии мягкой пшеницы *Triticum aestivum L.*: WABB-1, WABB-2, WABB-3, WABB-4, WABB-5, WABB-6, WABB-7, WABB-8, WABB-9, WABB-10, WABB-11 и WABB-12.

В качестве контроля использовали стандартный сорт Казахстанская раннеспелая. Изолирование пыльников и их культивирование осуществляли на стадии вакуолизированной микроспоры по ранее описанному методу [4]. Для культивирования пыльников использовали модифицированную питательную среду Блейдза, содержащую 0,5 мг/л 2,4-Д; 100 мг/л мезоинозита; 110 г/л сахарозы; 6 г/л агара [5]. Для культуры изолированных микроспор применяли модифицированную жидкую питательную среду на основе N<sub>6</sub> с 1 мг/л 2,4-Д; 100 мг/л мезоинозита; 90 г/л сахарозы [6-8].

Для исследования устойчивости АДГ линии к ржавчинным болезням их выращивали на инфекционном питомнике Казахского института земледелия (Алматинская обл.). В качестве инициатора использовали расы *Puccinia graminis*, *Puccinia stiiiformis*, *Puccinia recondita* и *Septoria nodorum* *Septoria tritici*. Опыты и статистический анализ полученных результатов проводили по общепринятой методике.

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время, в связи с глобальным загрязнением окружающей среды, требуется ограничить применение химической защиты сельскохозяйственных растений. Поэтому одной из актуальных задач

современной селекции является создание сортов и форм растений, устойчивых к болезням и вредителям [9-12]. В Казахстане распространенными заболеваниями, встречающимися почти во всех регионах, возделывающих пшеницу, являются бурая, желтая, стеблевая ржавчина и септориоз, которые вызывают снижение урожая в годы эпифитотии до 30 % и более. Из-за изменчивости патогена появляются новые расы, приводящие к активизации других генов вирулентности, поэтому перспективные сорта через некоторое время теряют свою устойчивость.

В настоящее время для создания новых сортов и линий пшеницы в среднем требуется 10-12 лет. Для сокращения селекционного процесса и увеличения эффективности селекции в последнее время активно применяются биотехнологические методы, среди которых особое место занимает гаплоидная технология. Гаплоиды позволяют всего за 1-2 года создать из перспективных гибридов стабильные гомозиготные линии. Поэтому гаплоиды нашли широкое применение в практической селекции пшеницы. Нами, в результате проведения фундаментальных исследований процессов морфогенеза и регенерации растений в культуре изолированных микроспор пшеницы *in vitro*, была создана воспроизводимая модельная система. В результате применения разработанной нами гаплоидной биотехнологии в практической селекции пшеницы были созданы ценные андроклинные дигаплоидные линии (АДГ) из перспективных гибридов пшеницы Казахстанской селекции.

В настоящей работе приведены результаты исследования принципиальной возможности создания устойчивых линий и форм к биотическим стрессам с использованием разработанной нами гаплоидной биотехнологии, а также селекции АДГ линий и контрольных сортов на устойчивость к наиболее распространенным заболеваниям – ржавчине (табл. 1).

**Иммунологическая характеристика яровых форм дигаплоидных  
линий пшеницы *Triticum aestivum* L.**

| №  | Генотип  | <i>Yr</i>  | <i>Lr</i> | <i>Sr</i> |
|----|----------|------------|-----------|-----------|
| 1  | WABB-1   | 20MS       | 80MS      | 80S       |
| 2  | WABB-2   | <b>0R</b>  | <b>5R</b> | <b>0R</b> |
| 3  | WABB-3   | <b>0R</b>  | <b>0R</b> | <b>0R</b> |
| 4  | WABB-4   | 10MS       | 70S       | 50S       |
| 5  | WABB-5   | 20S        | 90S       | 60S       |
| 6  | WABB-6   | <b>0R</b>  | <b>0R</b> | <b>0R</b> |
| 7  | WABB-7   | 10MS       | 70S       | 50MS      |
| 8  | WABB-8   | 20S        | 90S       | 60S       |
| 9  | WABB-9   | 10S        | 70S       | 80S       |
| 10 | WABB-10  | <b>0R</b>  | 60S       | 80S       |
| 11 | WABB-11  | 20S        | 100S      | 40S       |
| 12 | WABB-12  | <b>0R</b>  | <b>0R</b> | <b>0R</b> |
| 13 | WABB-13  | <b>0R</b>  | 10MS      | 80S       |
| 14 | WABB-14  | 10MS       | 70S       | 60S       |
| 15 | WABB-15  | <b>5MR</b> | 60S       | 60S       |
| 16 | WABB-16  | <b>0R</b>  | 80S       | 70S       |
| 17 | стандарт | 20S        | 100S      | 80S       |

**Примечание:** *Yr* (yellow rust) – желтая ржавчина; *Lr* (Leaf rust) – листовая ржавчина; *Sr* (stem rust) – стеблевая ржавчина пшеницы; *R* – устойчивый, *MR* – умеренно устойчивый, *MS* – умеренно восприимчивый, *S* – восприимчивый

В первой серии экспериментальных работ была изучена устойчивость созданных на основе гаплоидной биотехнологии дигаплоидных линий к ржавчинным болезням в условиях инфекционного питомника. В качестве инфицирующего агента использовали расы *Puccinia graminis*, *Puccinia stiiiformis*, *Puccinia recondita* и *Septoria nodorum* *Septoria tritici*. Изученные нами дигаплоидные линии пшеницы WABB-1, WABB-2, WABB-3, WABB-4, WABB-5, WABB-6, WABB-7, WABB-8, WABB-9, WABB-10, WABB-11 и WABB-12 пока-

зали различный уровень устойчивости к вышеуказанным вирулентным штаммам возбудителей ржавчинных болезней в условиях богары юго-востока Казахстана.

В результате проведенных исследований были отобраны дигаплоидные линии яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., которые показали высокую устойчивость к ржавчинным болезням.

Дигаплоидные линии пшеницы WABB-3, WABB-6 и WABB-12 отличались высокой устойчивостью к исследованным трем видам ржавчинных болезней и не поражались инфицирующими агентами расы *Puccinia graminis*, *Puccinia striiformis*, *Puccinia recondita* и *Septoria nodorum* *Septoria tritici*. Дигаплоидная линия мягкой яровой пшеницы WABB-2 была устойчивой к желтой и стеблевой ржавчине. Дигаплоидные линий WABB-10, WABB-13 и WABB-16 показали высокую устойчивость к желтой ржавчине.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами были отобраны перспективные номера дигаплоидных линий мягкой яровой пшеницы WABB-10, WABB-13 и WABB-16, которые могут быть использованы как исходный материал для создания нового сорта пшеницы, несущего гены устойчивости к ржавчинным болезням для условий юго-востока Казахстана.

### Библиографический список

1. Snape J.W. Golden calves or white elephants? Biotechnologies for wheat improvement // In: Wheat: Prospects for Global Improvement, H.J. Braun et al., eds. Kluwer Acad. Press. Netherlands. 1998. P. 273-283.
2. Ayed S.O., De Buyser J., Picard E. et al. Effect of pre-treatment on isolated microspores culture ability in durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum* Desf) // J. of Plant Breeding and Crop Science, 2010. 2(2). P. 030-038.
3. Анапийаев В.В., Искакова К.М., Beisenbek E.B. Ways of development of wheat microspores in vitro and processes of spontaneous

formation of doubled haploid regenerant-plants // Proc.V Inter. Confer. Embryology, Genetics and Biotechnology, Saint Petersburg. 2016. P. 57.

4. Anapiyayev B.B., Iskakova K.M., Beisenbek E.B., Sarbayev A.T., Dweikat I.M., Baenziger P.S. Molecular markers and haploid biotechnology in rapid selection to rust diseases resistance of *Triticum aestivum* L. // Proc. Intern. Confer / PlantGen. 2017.

5. Blaydes D.F. Interaction of kinetin and various inhibitory in the growth of soebean issue // *Physiol. Plant.* 1966. 19. P. 748-753.

6. Chu C.C. The N6 medium and it's application to anther culture of cereal crops // Proc. Symp. Plant tissue culture. Beijing: Science press. 1978. P. 43-50.

7. Zheng M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum* L.) – doubled haploid production via induced embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 2003. 73: 213–230.

8. Grauda D., Lepse N., Strazdina V. et al. Obtaining of doubled haploid lines by anther culture method for the Latvian wheat breeding // *Agronomy Research.* 2010. 8. P. 545-552.

9. Койшбаев М. Болезни зерновых культур. Алматы: Бастау, 2002. 367 с.

10. Сарбаев А.Т., Кыдыров А. Основные направления иммунологических исследований на современном этапе // Биологические основы селекции генофонда растений. Алматы, 2005. С. 215-218.

11. Синих Р.П., Уэрта-эспино Дж., Виллям М. Генетика и селекция пшеницы на продолжительную устойчивость к бурой и желтой ржавчине // 1-я Центрально-Азиатская конф. по пшенице. Алматы, 2003. С. 133-139.

12. Яхьяуи А., Осман. А., Мусса М. Идентификация эффективной и длительной устойчивости к желтой ржавчине у яровой и факультативной озимой пшеницы // *Агромеридиан.* 2006. № 3. С. 5-9.

## **ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ ИЗ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦЕНТРОВ (CIMMYT, ICARDA)**

*Ахмедова Ф.А., доктор философии по биологии,  
ведущий научный сотрудник,*

*Мирзоева Г.В., научный сотрудник*

*Ибрагимова И.Г., доктор философии по биологии,  
научный сотрудник*

*Научно-исследовательский институт земледелия,*

*МСХ Азербайджанской Республики (НИИ земледелия)*

*Аз1098, г. Баку, пос. Пиршаги, совхоз 2, flora.ahmad@inbox.ru*

Статья посвящена результатам исследований интродуцированных генотипов пшеницы. Исследованные образцы были оценены по образу жизни, морфологическим признакам, периоду колошения, высоте, устойчивости к болезням и урожайности. Изучены 927 генотипов мягкой и твердой пшеницы и были отобраны перспективные образцы, рекомендуемые для использования в селекции как исходный материал.

Сегодня на фоне аномальных климатических изменений на Земном шаре, которые приведут к таким природно-климатическим явлениям, как засуха, наводнение, деградация и опустынивание земель, все труднее становится выращивание сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы. Неблагоприятные факторы внешней среды отрицательно влияют на качество и урожайность пшеницы. Одной из главнейших мер предосторожности в таких условиях является создание высокопродуктивных качественных сортов пшеницы, адаптированных к местным условиям. С этой точки зрения в селекционной работе, наравне с местными коллекциями, носят большое практическое значение также и интродуцированные из международных центров генетические материалы яровой и



твердой пшеницы [1; 3]. Начиная с 1996 года НИИ земледелия совместно с CIMMYT (Международный Центр по улучшению пшеницы и кукурузы) и ICARDA (Международный Центр сельскохозяйственных исследований в засушливых районах) реализуют интродукцию и обмен генетических материалов в области селекции пшеницы [1; 3]. Главной целью является отбор перспективных линий для конкретных агроэкологических зон и привлечение их к селекционным работам.

**Материалы и методы.** Полевые опыты проводились на Апшеронском опытном участке НИИ земледелия. Фенологические наблюдения проводились по Куперману [2]. Болезни были оценены по методикам международных центров [5], ржавчинные болезни по шкале Гоббса, мучнистая роса по 0-9 шкале. Полевые опыты проводились по схемам, указанным в инструкциях ICARDA [4].

**Результаты и их обсуждение.** Исследованные сортообразцы по образу жизни относятся в основном к озимым, факультативным и яровым пшеницам. Озимая пшеница для входа в фазу колошения должна пройти стадию яровизации в холодные зимние месяцы от 30 до 60 дней при температуре от 0–5 °С. Факультативная пшеница проходит более короткий период яровизации (15-20 дней) в интервале от 3 до 15 °С.

Образцы из питомников наблюдения и сортоиспытания озимой и факультативной мягкой пшеницы для зон орошения и полузасушливых (20<sup>th</sup> IWWYT-SA, 25<sup>th</sup> FAWWON-SA, 21<sup>st</sup> IWWYT-IR, 25<sup>th</sup> FAWWON-IR) оказались в основном в группах среднепозднего колошения (110-127 дней), среднего роста (85-115 см), средней и выше средней урожайности. Показатели урожайности изменились в интервале 300-1027 г/м<sup>2</sup>. Они отличались по устойчивости к полеганию и ржавчинным болезням, оказались чувствительными к мучнистой росе в интервале 2-8.

Образцы из питомников наблюдения и сортоиспытания яровой мягкой пшеницы для зон орошения и засушливых

(18<sup>th</sup> DSBWON, 18<sup>th</sup> DSBWYT, 18<sup>th</sup> SBWYT, 18<sup>th</sup> ESBWYT-HT, 18<sup>th</sup> SBWON-HT) отличались по относительно раннему колошению (100-115 дней), относительно низкому росту (75-105 см), чувствительности к желтой ржавчине (5-30S) и мучнистой росе [2-8]. Показатели урожайности в интервале 250-1100 с/м<sup>2</sup>. Быстрое течение фаз фенологического развития и относительно раннее колошение у этих яровых приводит к их относительно ранней спелости в начале июня.

В образцах из питомников наблюдения и сортоиспытания твердой пшеницы (41<sup>st</sup> IDYT, 41<sup>st</sup> IDON) наблюдалось более раннее колошение (104-112 дней). Они относительно низкорослые (75-100 см) и устойчивы к ржавчинным болезням и чувствительны к мучнистой росе [3-5]. Урожайность в интервале 300-900 г/м<sup>2</sup>.

После анализа всех данных в конце вегетации из исследованного интродуцированного материала были отобраны высокоурожайные перспективные линии с оптимальным периодом колошения и роста, устойчивые к болезням и полеганию.

Таким образом, в результате первичного исследования интродукционного материала из международных центров были отобраны 81 сортообразца озимой и факультативной, 44 – яровой мягкой и 21 – твердой пшеницы. Отобранные образцы будут более глубоко исследованы по физиологическим и агрономическим параметрам с целью привлечения их к дальнейшим селекционным работам.

### **Библиографический список**

1. Алиев Дж.А., Талаи Дж.М. и др. Итоги изучения и использования интродуцированных международных питомников зерновых и зернобобовых культур в Азербайджане // Сбор. науч. трудов Азербайджанского НИИ Земледелия. Т. XXIX. Баку, 2013. С. 16-27.
2. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных

форм покрытосеменных растений: учеб. пособие для студентов биол. спец. ун-тов, 4-е изд., перевып. и доп. М.: Высш. шк., 1984, 204 с.

3. Талаи Дж.М. Роль международных питомников в улучшении озимой пшеницы в Азербайджане // Сбор. науч. трудов Азербайджанского НИИ Земледелия. Т. XXI. Баку, 2005. С. 254-257.

4. Instructions for the Management and Reporting the results for the FAWWON Prepared and distributed by national wheat improvement program of Turkey, CIMMIT, ICARDA, Oregon State University, 1986. P. 1-7.

5. Rust scoring guide. Produced thorough a grand from the government of the Research Institute for plant protection, Mexiko, CIMMYT, 1986, p 1-11. November, 2013, Antalya, Turkey. P. 365.

# **УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КЛЕТОЧНЫХ КОМПАРТМЕНТОВ КОРНЯ ТОМАТА И ТАБАКА ПРИ ИНДУКЦИИ АФК И УВЕЛИЧЕНИИ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ\***

***Баранова Е.Н.<sup>1</sup>, Куренина Л.В.<sup>1</sup>, Ралдугина Г.Н.<sup>1,2</sup>,  
Гулевич А.А.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Тимирязевская 42,  
127550, Москва, Россия, greenpro2007@rambler.ru*

<sup>2</sup> *Институт физиологии растений РАН, Ботаническая 35,  
127256, Москва, Россия*

## **ULTRASTRUCTURAL ASPECTS OF CELLULAR COMPARTMENTS FORMATION OF THE ROOT OF TOMATO AND TOBACCO DURING THE INDUCTION OF ROS AND AN INCREASE IN OSMOTIC PRESSURE**

***Baranova E.N.<sup>1</sup>, Kurenina L.V.<sup>1</sup>, Raldugina G.N.<sup>2</sup>,  
Gulevich A.A.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup> *All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology,  
Timiriazevskaya 42, 127550, Moscow, Russia, greenpro2007@rambler.ru*

<sup>2</sup> *Institute of Plant Physiology of the Russian Academy of Sciences,  
Botanicheskaya 35, 127256, Moscow, Russia*

Методами световой и трансмиссионной электронной микроскопии установлена функциональная зависимость преобразования сахаров и крахмала в пластидах трансгенных по генам *FeSOD* и *codA* растений при индукции стрессовыми факторами.

The functional dependence of the distribution of sugars and starch in plastids of transgenic plants by the genes *FeSOD* and *codA* in the induction of

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания АААА-А18-118051890089-0 и при частичной поддержке гранта РФФИ 19-016-00207.

stress factors by methods of light and transmission electron microscopy is established.

**Введение.** Модификация метаболизма клеток и отдельных клеточных компартментов позволяет изучать механизмы эффективности формирования клеточных ответов на действие стрессовых факторов. В нашей работе мы поставили задачу модификации одного из основных клеточных компартментов – пластид – для выявления эффектов накопления АФК ( $H_2O_2$ ) и осмотика (глицин-бетаина).

**Материалы и методы.** Объектом исследования служили растения табака (сорта Samsun) и томата (сорта Белый налив). Для осуществления этих модификаций была использована легко воспроизводимая система агробактериальной трансформации. Для модификации использовали ген цитоплазматической супероксид-дисмутазы FeSOD1 из арабидопсиса и ген холиноксидазы codA из бактерии *Arthrobacter globiformis*. Оба гена обладали специфическими сигнальными последовательностями, обеспечивающими адресный таргетинг продукта в пластиду, и находились под контролем конститутивного 35S CaMV промотора и NOS терминатора. Трансгенные растения анализировали при помощи световой и электронной микроскопии.

**Результаты и их обсуждение.** Изученные линии растений демонстрировали устойчивость к повреждению клеток надземных органов абиотическими стрессами (высокая солёность, пониженная температура). Известно, что абиотические стрессы, в частности засоление, могут значительно ингибировать рост и дифференцировку тканей корня, в ряде случаев при этом нарушается гравитропическая реакция за счет изменения структурной организации пластид (Varanova et al., 2019). У ряда трансгенных линий, изученных в настоящей работе, рост корневой системы был слабее, чем в исходных растениях, и также наблюдалось нарушение гравитропической реакции. Однако при попадании в условия стресса растения

имели преимущество перед немодифицированными растениями.

Таким образом, за счёт «искусственно индуцированного стресса», как и ожидалось, у растений была повышена чувствительность и как следствие повышена устойчивость к умеренному стрессу (400 кПа NaCl). Однако важно было понять, с чем связано частичное нарушение гравитропической реакции у ряда корней (изгибы, изменение структуры чехлика). Мы предположили, что данный эффект может быть связан с изменениями в транспорте и формированием крахмальных зёрен, что связывают с особой ролью амилопластов в клетках колумеллы и эпидермиса, часто ассоциированных с изменением транспорта ауксинов (Band L.R. et al., 2012). Действительно, при исследовании клеток чехлика мы установили явное уменьшение отложений крахмала как в статолитах чехлика, так и в амило- и лейкопластах эпидермиса. Кроме того, количество крахмала в клетках центрального цилиндра и коровой паренхимы было увеличено. Оба эти эффекта подтверждают предположение о том, что значительный вклад в формирование извилистых корней может вносить скорее нарушение транспорта сахаров в корневом апексе, чем нарушение транспорта из надземной части.

Мы подтверждаем важную роль АФК и осмотического давления в регуляции транспорта сахаров и формировании крахмальных зёрен в пластидах корня.

### **Библиографический список**

1. Baranova E.N., Chaban I.A., Kononenko N.V., Gulevich A.A., Kurenina L.V., Smirnova E.A. Ultrastructural Changes of Organelles in Root Cap Cells of Tobacco Under Salinity // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. Sciendo. 2019. Vol. 73. No. 1. P. 47-55.

2. Band L.R., Wellsa D.M., Larrieua A., Suna J., Middletonb A.M., Frencha A.P., Brunoudc G., Satoa E.M., Wilsona M.H., B. Péreta, Olivac M., Swarupa R., Sairanene I., Parryf G., Ljunge K.,

Beeckmang T., Garibaldia J.M., Estelleh M., Owena M.R., Vissenbergd K., Hodgmana T.C., Pridmorea T.P., Kinga J.R., Vernoux T., Bennett M.J. Root gravitropism is regulated by a transient lateral auxin gradient controlled by a tipping-point mechanism // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. T. 109. № 12. P. 4668-4673.

DOI: 10.22363/09358-2019-30-33

УДК 581.1

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЧАЯ К СТРЕССОРАМ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА**

*Белоус О.Г., Платонова Н.Б.*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства  
и субтропических культур», oksana191962@mail.ru*

## **PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF TEA PLANTS RESISTANCE TO WINTER STRESSORS**

*Belous O.G., Platonova N.B.*

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute  
of Floriculture and Subtropical Cultures"*

Содержание связанной воды, степень оводненности тканей, активность каталазы в листьях чая коррелирует с их устойчивостью к низким температурам, что представляет практический интерес при отборе перспективных доноров в селекции сортов и подборе качественного посадочного материала при реконструкции и закладке чайных плантаций в предгорных районах Черноморской зоны Краснодарского края.

**Ключевые слова:** чай, морозоустойчивость, связанная вода, каталаза, флуоресценция, жизнеспособность.

The content of bound water, the degree of tissue hydration, the activity of catalase in tea leaves correlates with their resistance to low temperatures, which are of practical interest in the selection of promising donors in the breed-

ing of varieties and the selection of quality planting material for the reconstruction and laying of tea plantations in the foothills of the black sea zone of the Krasnodar region.

**Keywords:** tea, frost resistance, bound water, catalase, fluorescence, viability.

**Введение.** Продвижение культуры чая в более северные районы определяется ее биологическими особенностями и возможностью переносить неспецифичные для этой культуры условия, которые даже на территории юга России связаны с большими колебаниями температур [2]. Не случайно, длительное время единственным местом размещения масштабных чайных плантаций оставалось Черноморское побережье Краснодарского края – так называемая зона влажных субтропиков России. На данный момент самый северный чай выращивается на территории предгорной зоны республики Адыгея, что требует подбора более морозоустойчивых сортов, отличающихся экологической пластичностью, высокими качественными показателями и стабильной урожайностью.

Основными ограничивающими факторами получения устойчивых высоких урожаев чайного листа в более северных регионах Краснодарского края являются стрессоры зимнего периода: низкие температуры и продолжительные периоды с глубоким снежным покровом [2, 3].

**Объекты и методы.** Опытные сорта и гибриды чая размещены в предгорном районе Краснодарского края, агротехника общепринятая для данной культуры. Исследования проводили на сорте-популяции чая Кимынь (контроль), сортах Грузинский-15, Краснодарский-1, Краснодарский-2, Краснодарский-3 и гибридах Грузинский-7 х М и Грузинский-8 х М. Год посадки всех растений – 1960–1962 гг. Определение основных физиолого-биохимических показателей осуществлено в лаборатории физиологии и биохимии растений ВНИИЦиСК: соотношение форм воды методом Окунцова–Маринчик; оводненность растительных тканей; активность



каталазы в листьях газометрическим методом; уровень жизнеспособности – по параметрам флуоресценции хлорофилла с использованием стационарного флуориметра [1]. Статистическая обработка проведена с использованием программы STATGRAPHICS Centurion XV и пакета программ Excel 2007.

**Результаты исследований.** Исследуемые сорта характеризовались выровненными показателями оводненности (64–66 %) и уровня жизнеспособности. Существенно меньшая ферментативная активность отмечена у растений сорта Краснодарский-1 ( $HCP (P \leq 0,05) = 56,7$ ). Данные коррелируют с устойчивостью растений к низким температурам (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициенты парной корреляции между физиологическими и гидротермическими параметрами**

| Параметры                                 | Температура, °С | Количество осадков, мм | Относительная влажность, % |
|---|-----------------|------------------------|----------------------------|
| Сухое вещество, г                         | 0,80            | -0,67                  | -0,36                      |
| Оводненность, %                           | -0,86           | 0,74                   | 0,44                       |
| Связанная вода, %                         | 0,91            | -0,80                  | -0,91                      |
| Активность каталазы, мг O <sub>2</sub> /г | -0,97           | 0,89                   | 0,67                       |
| Kf_T, единицы                             | -0,99           | 0,95                   | 0,78                       |
| Fm/F_T, единицы                           | -0,97           | 0,90                   | 0,69                       |

Исследуемые сорта характеризуются большей фотосинтетической активностью, сопровождаемой увеличением количества сухого вещества по сравнению с контролем (Кимынь). По мере наступления осеннего периода отмечено повышение количества связанной воды. Существенное увеличение этой фракции наблюдается в листьях сорта Грузинский-8 х М, что характеризует его как более подготовленный к периоду, сопровождаемому низкими отрицательными температурами.

**Выводы.** Определена возможность использования количества связанной воды, оводненности тканей и активности каталазы для оценки устойчивости сортов чая к низким отрицательным температурам. Анализ флуоресценции хлорофилла дополняет характеристику диагностируемого функционального состояния растений в период подготовки к зимнему покою.

### **Библиографический список**

1. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика функционального состояния растений // Научные основы эффективного садоводства: труды ВНИИС им. И.В. Мичурина. Воронеж: Кварта, 2006. С. 101-110.
2. Евстафьева В.А. О зимостойкости чайного растения // Агробиология. 1956. № 4. С. 56-61.
3. Рындин А.В., Белоус О.Г. Физиологические особенности растений чая в различных почвенно-климатических условиях // Вестник РАСХН. 2008. № 3. С. 49–51.

## **СНИЖЕНИЕ ВОДОАГНЕТАЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ КОРНЕЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ И БЛОКИРОВАНИЯ КАЛЬЦИЕВЫХ КАНАЛОВ**

*Будаговская Н.В., старший научный сотрудник*

*Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова, Москва, postnabu@mail.ru*

## **DECREASE IN WATER-FORCING ACTIVITY OF MAIZE ROOTS UNDER SALINIZATION AND BLOCKAGE OF CALCIUM CHANNELS**

*Budagovskaya N., Senior Researcher*

*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Исследовалось влияние засоления и блокатора кальциевых каналов верапамила на процессы роста и транспорт воды у растений кукурузы. Показано, что засоление вызывает снижение водонагнетающей активности корней и угнетение роста и развития растений. При блокировании кальциевых каналов происходят нарушения транспорта воды в корнях, снижение ростовой активности растений.

The effect of salinization and calcium channel blocker verapamil on growth and water transport in maize plants was studied. It is shown that salinization causes a decrease in water-forcing activity of roots and inhibition of plant growth and development. Under blocking of calcium channels disturbances of water transport in the roots, reduction of growth activity of plants took place.

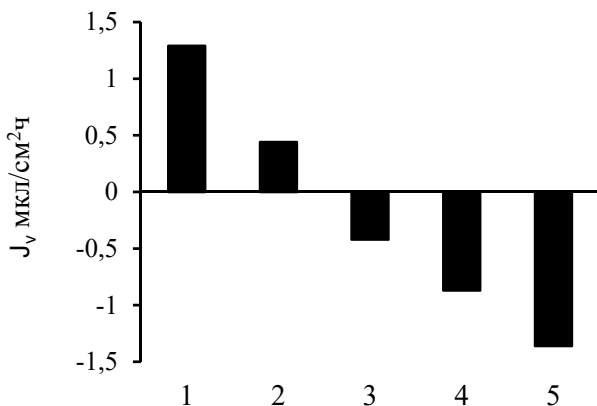
**Введение.** Большинство сельскохозяйственных растений относится к гликофитам, имеющим низкую солеустойчивость, и выращивание растений на засоленных почвах приводит к снижению их продуктивности по сравнению с продуктивностью растений на незасоленных почвах [Pitman, Lauchli, 2002]. В проведенных ранее экспериментах было показано, что засоление вызывало снижение скорости роста надземной

части (листьев, стеблей) растений овса, ячменя, пшеницы, риса, гречихи [Budagovskaya, 2007, 2010]. В данной работе исследовалось влияние хлористого натрия в разных концентрациях на процессы транспорта воды в корнях кукурузы. В связи с тем что засоление снижает поглощение кальция корнями и его транспорт [Lynch, Lauchli, 1985], были проведены модельные эксперименты с использованием блокатора кальциевых каналов, приводящие к аналогичному эффекту, как было показано ранее в наших экспериментах [Budagovskaya, 2010]. Оценивалась активность систем транспорта воды в корнях кукурузы при блокировании кальциевых каналов. Регистрировались ростовые характеристики растений при выращивании в условиях засоления и блокирования кальциевых каналов.

**Объекты и методы исследования.** В экспериментах использовали растения кукурузы гибрида Пионер. Интенсивность экссудации корней определяли по методу Anderson и House (1967) с некоторыми модификациями. Эксперименты проводили с изолированными корнями в течение нескольких часов при концентрации NaCl 25 мМ, 50 мМ, 100 мМ, 200 мМ, верапамила 0,5 мМ, 1,0 мМ и 6,0 мМ. Для исследования влияния NaCl и верапамила на состояние растений в более длительных экспериментах использовали водную культуру для выращивания. NaCl или верапамил вносили в корневую зону растений.

**Результаты и их обсуждение.** Интенсивность экссудации характеризует водонагнетающую активность корней. На рис. 1 представлены результаты опытов по исследованию влияния NaCl (25 мМ, 50 мМ, 100 мМ, 200 мМ) на экссудацию корней. Можно видеть, что интенсивность экссудации корней при засолении в 25 мМ NaCl значительно ниже, чем в контрольном варианте. При более высоком уровне засоления (50 мМ NaCl) экссудация не регистрировалась, а наблюдался обратный транспорт воды (отрицательные значения на графике). Обратный транспорт воды в корнях (отток воды из корней в наружное пространство) вызван высоким осмотическим

давлением раствора NaCl во внешней среде. Интенсивность обратного транспорта воды увеличивалась пропорционально увеличению концентрации NaCl во внешней среде (50 мМ, 100 мМ, 200 мМ NaCl). Вызванный засолением отток воды из растений, приводящий к сжатию тканей надземных органов (листьев, стеблей), был зарегистрирован нами ранее [Budagovskaya, 2007, 2010].

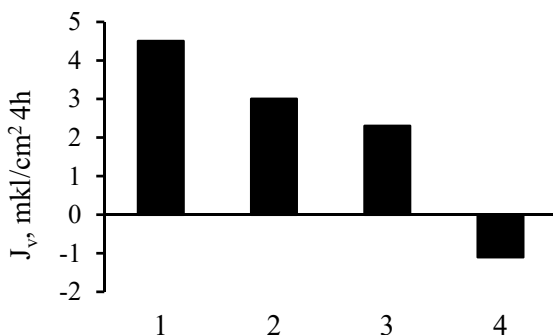


**Рис. 1. Влияние NaCl на интенсивность экссудации корней кукурузы за 1 ч: 1 – контроль, 2 – 25 мМ NaCl, 3 – 50 мМ NaCl, 4 – 100 мМ NaCl, 5 – 200 мМ NaCl**

Нарушение транспорта воды в растениях, обусловленное засолением, является важным фактором, сдерживающим их рост и развитие. В условиях засоления размеры побегов и корней у растений кукурузы были меньше, чем у контрольных растений. Растения опытных вариантов отставали в развитии от контрольных: количество образовавшихся листьев у них было меньше, корневая система была развита хуже.

Влияние нарушения поглощения и транспорта кальция, сопутствующего NaCl-засолению, на водонагнетающую активность корней и рост растений исследовалось в модельных экспериментах с участием блокатора кальциевых каналов верапамила.

Диаграмма на рис. 2 демонстрирует изменение водонагнетающей активности корней кукурузы при добавлении верапамила в разных концентрациях. В присутствии верапамила в корневой зоне в концентрации 0,5 мМ интенсивность экссудации ниже контрольных значений (вариант без верапамила). При более высокой концентрации верапамила (1,0 мМ) интенсивность экссудации снижалась еще больше по сравнению с контролем, при концентрации верапамила 6,0 мМ экссудация прекращалась и наблюдалось обращение транспорта воды в корнях (отрицательные значения на графике). Как было показано ранее в наших экспериментах, верапамил вызывал дефицит кальция у растений [Budagovskaya, 2010]. При дефиците кальция увеличивается проницаемость клеточных мембран, происходит разрушение клеток растений [Simon, 1978]. Прекращение экссудации корней и отток воды из корней в наружную среду при повышении концентрации верапамила могли быть вызваны деструктивными процессами в корнях, обусловленными дефицитом кальция.



**Рис. 2.** Влияние верапамила на интенсивность экссудации корней кукурузы за 4 ч: 1 – контроль, 2 – вариант с верапамилем (0,5 мМ), 3 – вариант с верапамилем (1,0 мМ), 4 – вариант с верапамилем (6,0 мМ)

При выращивании растений в присутствии верапамила было отмечено угнетение роста и развития побегов и корней. Растения опытного варианта имели меньшее число листьев и

плохо развитые корни в отличие от контрольных растений (рис. 3). С увеличением времени выращивания растений в присутствии верапамила различия между контрольными и опытными растениями увеличивались. В то время как у растений контрольного варианта развивалась характерная для кукурузы мочковатая корневая система, у опытных растений корни были слаборазвиты, а у побегов наблюдалось снижение тургора.



**Рис. 3.** Влияние верапамила на рост побега и корня кукурузы: *слева* – контроль, *справа* – вариант с верапамилем (1,0 мМ)

Снижение ростовой активности побегов и корней в вариантах с верапамилем, в отличие от контрольных растений, может быть вызвано, помимо снижения водонагнетающей активности корней, также нарушением транспорта гормона аук-

сина, участвующего в процессах роста растений. Передвижение ионов кальция в акропетальном направлении сопряжено с транспортом ауксина в базипетальном направлении [Медведев, 1989]. Верапамил вызывает нарушение транспорта кальция и, соответственно, транспорта ауксина, что приводит к угнетению роста растений.

**Заключение.** Существенными причинами подавления роста растений при засолении является снижение водонагнетающей активности корней, обусловленное высокой концентрацией NaCl в наружной среде, деструктивными процессами в корнях в результате дефицита кальция в их тканях, нарушением транспорта кальция и сопряженного транспорта гормона ауксина в системе целого растения.

### Библиографический список

Медведев С.С., Маркова И.В., Шишова М.Ф., Сопова Т.М. О полярном транспорте кальция в растительных тканях // Вестник ЛГУ. 1989. Сер. 3. Вып. 1. N 3. С. 79-83.

Anderson W. P., House C.R. A correlation between structure and function in the root *Zea mays* L. // J. Exp. Bot. 1967. Vol. 18. P. 544-555.

Budagovskaya N.V., Interaction of plant shoots and roots: dynamics and stability // Biophotonics and Coherent Systems, Belousov L.V., Voeikov V.L., Martinuk V. (eds.). Springer. New-York, 2007. P. 213-223.

Budagovskaya N.V. Rapid response reactions of buckwheat plant shoots on changes in sodium chloride concentration at the root zone and blockage of calcium channels // The European Journal of Plant Science and Biotechnology. 2010. 4. P. 128-130.

Lynch J., Lauchli A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of burley (*Hordeum vulgare* L.) // New Physiology. 1985. 87. P. 351-356.

Pitman M.G., Lauchli A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems // Lauchli A, Lutttge V (eds.) Salinity: Environment-Plants Molecules, Kluwer Academic Publishers // The Netherlands. 2002. P. 3-20.

Simon E.W. The symptoms of calcium deficiency in plants // New Phytol. 1978. Vol. 80. P. 1-15.



## **КРИОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И КРИОСОХРАНЕНИЕ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В КРИОБАНКЕ ИФР РАН**

***Высоцкая О.Н., к.б.н., ст.н.с.***

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева  
Российской академии наук (ИФР РАН),  
cryo\_ippras@mail.ru, cryo@ippras.ru*

## **PLANT MATERIAL CRYORESISTANCE AND CRYOPRESERVATION OF FRUIT AND BERRY CROPS IN IPPRAS CRYOBANK**

***Vysotskaya O.N.***

*K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Science  
(IPPRAS), Botanicheskaya str. 35, 127276, Moscow, Russian Federation*

С целью разработки эффективных методов криосохранения ягодных и плодовых культур апикальные меристемы *in vitro* растений замораживали и сохраняли длительное время в криобанке Института физиологии растений Российской академии наук. Эффективность разработанных в ИФР РАН методов *in vitro* тестировали в разное время с использованием клонированного растительного материала. В результате было обнаружено, что метод воздушной дегидратации апексов, разработанный для криосохранения меристем земляники, является наиболее простым и эффективным из испытанных в данном исследовании протоколов замораживания. Показано, что использование этого патентованного метода для криосохранения меристем ягодных и плодовых культур позволяет эффективно восстанавливать образцы растительного материала после длительного хранения в криобанке ИФР РАН.

In order to development an effective technique of cryopreservation for berries and fruit crops, apical meristems of different *in vitro* plants were frozen and storage in cryobank of K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Science for a long time. Different cryopreservation protocols were tested *in vitro* by using cloned plant material at different times. As a result,

it was found that air dehydration method developed for strawberry meristem cryopreservation is more simple and effective than rest tested in this study freezing protocols. It was shown that the application of this patented method for cryopreservation of different fruit and berries crops allows effectively recovered *in vitro* specimens of plant material after long-term storage in IPPRAS cryobank.

**Введение.** Известно, что криоустойчивые клетки, ткани и органы растений способны выживать в жидком азоте ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и длительное время сохранять свою жизнеспособность в стабильных условиях криосохранения. Именно эти свойства меристематических тканей позволяют в условиях криобанка накапливать обширные коллекции клонов вегетативно размножаемых растений, в том числе сортов различных плодовых и ягодных культур. В настоящее время криобанки клонированного растительного материала организованы и активно работают в США, Китае, Индии, Перу, Германии, Франции, Японии, Чехии, Канаде, Великобритании, Израиле, Финляндии, Италии и других странах. В Российской Федерации при ультранизких температурах сохраняют разнообразный растительный материал во Всероссийском институте растениеводства, Институте биологии клетки РАН, Федеральном научном центре биоразнообразия Дальневосточного отделения РАН и в Институте физиологии растений РАН.

**Материалы и методы.** Криобанк растений ИФР РАН работает в России уже более трёх десятилетий и поэтому является старейшим в Российской Федерации. Он был основан в 1977 г. Александром Сергеевичем Поповым по инициативе Раисы Георгиевны Бутенко. В настоящее время все образцы шести специализированных коллекций растительного материала сотрудники ИФР РАН сохраняют в стабильных условиях при температуре жидкого азота ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Криоколлекция апикальных меристем ИФР РАН состоит из 58 клонов ягодных и плодовых растений (198 образцов). Каждый образец из данной коллекции охарактеризован по устойчивости к замораживанию и кратковременному хранению в жидком азоте.

Вся имеющаяся у нас информация о сохраняемом растительном материале (характеристики сортов, клонов, результаты оценок криоустойчивости коллекционных образцов и схемы их размещения в биологическом хранилище криобанка) зарегистрированы с использованием программ Microsoft WORD и EXCEL. В электронных учетных документах криобанка отражены также результаты мониторинга жизнеспособности некоторых сохраняемых образцов в ходе длительного криосохранения.

**Результаты и их обсуждение.** В Институте физиологии растений РАН были разработаны и запатентованы оригинальные методы криосохранения апексов земляники и малины, изолированных из культивируемых *in vitro* растений. Было показано, что апексы земляники (*Fragaria L.*), замороженные с помощью метода воздушной дегидратации [1], восстанавливали свой рост быстрее, чем апексы, замороженные методом медленного охлаждения [2]. Усовершенствованный метод криосохранения [1] был использованный для формирования базовой коллекции из 50 сортов земляники садовой. Затем этот метод был адаптирован для замораживания в жидком азоте верхушек побегов клонированных *in vitro* растений других видов плодовых и ягодных растений: рябины, малины красной и ежевики.

**Заключение.** Наш опыт экспериментальной работы с растительным материалом различного качества и происхождения показал, что на базе УНУ КРИОБАНК ИФР РАН можно успешно разрабатывать эффективные технологии длительного криосохранения, сохранять коллекции клонов плодовых и ягодных культур, а также обучать сотрудников для работы в других криобанках.

## Библиографический список

1. Способ криосохранения *in vitro* меристем, изолированных из растений земляники садовой (*Fragaria L.*) пат. 2302107 Рос. Федерация N 2006103654/13; заяв. 08.02.06; опубл. 10.07.07. Бюл. № 19. Т. I. С. 166.
2. Способ криосохранения меристем, изолированных из растений земляники садовой (*Fragaria L.*) *in vitro*. пат. 2220563 Рос. Федерация N 2002113550/13; заяв. 24.05.02; опубл. 10.01.04. Бюл. № 1. Ч. III. С. 574.

DOI: 10.22363/09358-2019-43-46

УДК 579.64

## РОЛЬ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ АДАПТИВНОСТИ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

*Гарипова С.Р., к.б.н., доцент, с.н.с.*

*Башкирский государственный университет (Bashkir State University),  
garipovasvetlana@gmail.com*

*Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН (Bashkir Scientific Research Institute  
of Agriculture, Russian Academy of Sciences)*

Рассмотрены экологические ниши эндофитных бактерий (ЭБ), их биоразнообразие, пути проникновения в растительный организм и распространение их в эндосфере растений, участие в фитогормональной регуляции роста растений, вклад в повышение устойчивости к биотическому и абиотическому стрессу.

Ассоциированные с растениями микроорганизмы представляют собой совокупный генетический ресурс, позволяющий существенно расширить адаптивные возможности растений в преодолении стрессов. Эндофитные бактерии (ЭБ) способны к стимуляции роста, подавлению развития фитопатогенов, индукции системного ответа на стрессовые воздействия

окружающей среды, азотфиксации и другим полезным эффектам. Биоразнообразие ЭБ насчитывает более 200 видов, входящих в *Proteobacteria*, *Actinomycetes*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Archaea*. ЭБ населяют все органы растения, включая цветки и семена, все ткани растения: покровные, ксилема, флоэма, межклетники и пространства лизированных клеток. Колонизация эндофитами внутренней среды растения может происходить как из ризосферы (часто зона формирования боковых корней) и филлосферы (через устьица), так и через семена. Вызывает дискуссии возможность использования эндофитными бактериями бобовых растений проложенного ризобиями высокоспецифичного пути в растительные ткани через инфекционную нить, формирующуюся в корневых волосках.

Среди ЭБ следует выделять истинных эндофитов и так называемых эндофитных пассажиров. Последние обходят «таможенные» барьеры растений благодаря другим микроорганизмам, обладающим специфичными сигналами узнавания, или попадают в эндосферу растения через повреждения. «Беспроблемное» существование в межклетниках таких «пассивных» эндофитов возможно благодаря латентному к иммунной системе состоянию. Истинные эндофиты активно проявляют высокую метаболическую активность внутри растений и способны менять экспрессию определенных генов, востребованных в меняющихся условиях среды. Характерные черты ЭБ: наличие жгутиков, активность ферментов, разрушающих клеточные стенки, системы секреции белков, продукция сидерофоров, гены, отвечающие за так называемое чувство кворума (quorum sensing) бактерий, гены ферментов детоксикации активных форм кислорода, а также ферментов полного азотного цикла [1].

ЭБ способны синтезировать и катаболизировать все растительные гормоны. Это позволяет им оказывать непосредственный рострегулирующий эффект на растение, а также опосредованно за счет гормон-опосредованного сигналинга

влиять на фитоиммунитет. Эти процессы особенно значимы на ранних стадиях онтогенеза растения, так как создают определенное эпигенетическое окружение, определяющее вектор развития растительного организма. В связи с этим предпосевная обработка семян эндофитными бактериями с определенными свойствами позволяет управлять этими процессами.

При поиске ЭБ для инокуляции бобовых растений важно учесть, чтобы штаммы с фунгицидными свойствами, подавляющие развитие грибных фитопатогенов, не были антагонистичны ризобиям. Предполагалось, что такие дружественные ризобиям ЭБ можно найти в клубеньках бобовых растений. Были изучены более 100 изолятов из клубеньков гороха и фасоли. Среди них встречаемость фунгистатических и ростстимулирующих свойств составила около 30-40 % исследованных бактерий. В отдельных ассоциациях естественных консорциумов клубеньков между эндофитными бактериями и ризобиями были менее антагонистичные взаимоотношения по сравнению с биотическим воздействием к посторонним штаммам ризобий [2]. При инокуляции ЭБ, выделенными из клубеньков, как в ассоциациях, так и отдельных обработках, в полевых условиях были обнаружены штаммы, стимулирующие продуктивность растений до 67 % к контролю. Это наблюдение позволяет использовать микробиом клубеньков как перспективный источник выделения ЭБ с хозяйственно ценными свойствами [3].

При изучении оптимальных норм внесения бактерий был выявлен доза-зависимый эффект влияния разных концентраций ЭБ на рост проростков пшеницы, рапса, гороха, фасоли *in vitro* и по результатам продуктивности растений в полевых условиях. Причины этого были связаны уровнем продукции бактериальной ИУК, который мог инициировать механизмы иммунитета, тормозящие рост корней [4].

Определена способность ЭБ гороха утилизировать гербицид 2,4-Д и обеспечивать рост проростков в присутствии гербицида [5]. Рассмотрены показатели содержания пролина,

малонового диальдегида и аскорбиновой кислоты в проростках гороха и фасоли в ответ на засоление, и выявленные отличия этих показателей сопоставлены с «совместимостью» сорт-штаммовых комбинаций.

ЭБ – перспективный объект агробиотехнологии. Существенный вклад в повышение продуктивности и устойчивости бобовых растений вносят прецизионно подобранные для каждого сорта бобовых растений ассоциации и штаммы ЭБ в строго индивидуальных для каждой культуры и сорта вносимых дозах. Основная проблема – поиск экспресс-маркеров мутуалистических взаимоотношений пар микро- и макросимбионтов.

### **Библиографический список**

1. Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2015. V. 79. № 3. P. 293–320.

2. Гарипова С.Р., Маркова О.В., Гарифуллина Д.В., Иванчина Н.В., Хайруллин Р.М. Региональная коллекция эндофитов клубеньков бобовых растений как основа создания биопрепаратов для биотехнологии // *Изв. УНЦ РАН.* 2017. № 3-1. С. 56-58.

3. Гарипова С.Р., Иргалина Р.Ш., Дмитриева Д.Ф., Кутуева А.Г. Оценка новых штаммов бацилл и ризобий при инокуляции фасоли сорта Уфимская в условиях Предуралья // *Доклады БашГУ.* 2016. Т. 1. № 4. С. 705-710.

4. Иванчина Н.В., Гарипова С.Р., Хайруллин Р.М. Влияние дозы клеток эндофитных штаммов *Bacillus subtilis*, продуцирующих индолил-3-уксусную кислоту, на рост и продуктивность гороха // *Агрехимия.* 2018. № 4. С. 39-44.

5. Гарипова С.Р., Федорова А.А. Влияние инокуляции гороха эндофитными бактериями, утилизирующими 2,4-Д, на рост растений // *Агрехимия.* 2014. № 1. С. 62-70.

**АДАПТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПАПОРОТНИКОВ  
ХАЗМОФИТОВ НА ПРИМЕРЕ  
*WOODSIA GLABELLA* R. BR. (*WOODSIACEAE*)**

*Державина Н.М., д.б.н., проф.*

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
(ОГУ им. И.С. Тургенева), d-nm@mail.ru*

**ADAPTATION SYSTEM OF THE FERNS  
CHASMOPHYTES ON THE EXAMPLE  
*WOODSIA GLABELLA* R. BR. (*WOODSIACEAE*)**

*Derzhavina N.M., Doctor of Biological Sciences, Professor*

*Orel State University named after I.S. Turgenev (OSU named after I.S. Turgenev)*

Выявлены адаптации папоротника *Woodsia glabella* к обитанию на скалах. Применен анализ его биоморфологии, феноритмотипа, специфики местообитания и фотосинтетического аппарата на уровне вай, клеток мезофилла и пластидного аппарата. Предположительно растение оценено как факультативный сциофит, гигромезофит, мезотроф, кальцифит, базифил, бриофил, микротерм.

The adaptation of fern *Woodsia glabella* to inhabitation on the rocks is identified. Analysis of its biomorphology, phenorhythmotype, the specifics of the habitat and the photosynthetic apparatus at the level of the fronds, of mesophyll cells and plastid apparatus is applied. Presumably the plant is assessed as facultative sciophyte, hygromesophyte, mesotrophic, calcicolous, basophilic, bryophilic, microthermal.

*Woodsia glabella* голарктический (арктический горный) вид. Встречается в высокогорном, реже – лесном поясе на высотах до 1500-3000 м (Шмаков, Киселев, 1995).

В основу исследования положена предложенная А.Т. Мокроносовым (1978) методика анализа фотосинтетического аппарата растений. Она включает комплексный анализ фотосинтетического аппарата растений на разных уровнях его



организации: а) вайи, б) клеток мезофилла, в) пластидного аппарата. Из средней части 10–20 вай средневозрастных спорофитов делали высечки и помещали в 70<sup>0</sup> этанол. Этот материал использовали для получения почти всех (кроме площади вайи) расчетных и мерных характеристик. При анализе жизненной формы папоротника использованы подходы Н.И. Шориной (1994).

Материалом для исследования послужили сборы в Коми Республике, в национальном парке «Югыд-ва» в раселинах скал (хазмофит). Почти всегда папоротник обнаружен в моховых синузиях, т.е. является бриофилом (Мазуренко, Хохряков, 1989). Предпочтение этим видом карбонатных и богатых известью пород дает повод считать его кальцифилом, базифилом.

*Woodsia glabella* является миниатюрным папоротником, высотой около 10–12 см. Вайи перистые, тонкие, толщиной в среднем 147,8 мкм, с тенденцией к «листопадности», благодаря формированию в черешке отделительного слоя. Площадь пластинок вай в среднем составляет – 3,9 см<sup>2</sup>. УППВ (удельная поверхностная плотность вай) невелика – 150,7 мг/дм<sup>2</sup>. Среднее число хлоропластов – 109. Эти значения лежат в пределах, характерных для папоротников гигромезофитов.

По жизненной форме он – короткочерешковый, вертикальнорозеточный, радиальносимметричный, дерновиннообразующий, летнезеленый, травянистый, неяснополицентрический многолетник, вегетативно мало подвижный гемикриптофит.

У *W. glabella*, как и у других папоротников облигатных эпилитов (хазмофитов), на первый план выходят адаптации к обитанию на скалах. Это – своеобразная дерновинная жизненная форма; нанизм спорофитов; перистость вай, увеличивающая общую фотосинтетическую поверхность в условиях вегетации в течение лишь нескольких месяцев. В связи с тем что этот папоротник далее других заходит в высокие широты (ни-

вальный и субнивный пояс), у него выражен летнезеленый феноритмотип, тенденция к листопадности и способность переходить к спороношению на ранних фазах онтогенеза. Немалую роль в экстремальных условиях существования (прежде всего при низких температурах) играет одновременное созревание спорангиев. На клеточно-тканевом уровне наиболее четко проявляются сцио-гигроморфные черты вай: тонкие пластинки их перьев; крупноклеточные, содержащие хлоропласты, клетки эпидермы с извилистыми стенками; гипостоматичность вай; гомогенный рыхлый мезофилл; низкие значения УППВ; небольшое число относительно крупных устьиц на единице площади вайи. По отношению к ведущим факторам среды этот папоротник предположительно можно оценить как факультативный сциофит, гигромезофит, мезотроф, кальцифит, базифил, бриофил, микроترم.

### **Библиографический список**

*Мазуренко М.Т., Хохряков А.П.* Бриофилы – своеобразная экологическая группа растений // Бюл. МОИП. 1989. Отд. биол. Т. 94. Вып. 4. С. 64-73.

*Мокроносков А.Т., Борзенкова Р.А.* Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции ВНИИ растениеводства. Ленинград. 1978. Т. 61. С. 119-133.

*Шмаков А.И., Киселев А.Я.* Обзор видов семейства Woodsiaceae Евразии. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 1995. 89 с.

*Шорина Н.И.* Экологическая морфология и популяционная биология представителей подкласса Polypodiidae: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1994. 34 с.

## **ОПЫТ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА АДАПТИРОВАННЫХ К КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ СОРТОВ ВИНОГРАДА НА СЕВЕРЕ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

*Димитриев А.В.<sup>1</sup>, кандидат биологических наук,  
директор Чебоксарского филиала ГБС РАН,  
Васильева А.А.<sup>2</sup>, агроном, Матюков Р.Н.<sup>3</sup>, агроном*

*Чебоксарский филиал ФГБУ науки Главного ботанического сада  
Российской академии наук (Чебоксарский филиал ГБС РАН),  
<sup>1</sup> cheboksandr@mail.ru, <sup>2</sup> Vasileva\_antonina\_59@mail.ru,  
<sup>3</sup> romamatyukov@gmail.com*

Нами успешно опробована авторская методика оценки и выбора адаптированных к неблагоприятным климатическим условиям 2017 г. сортов винограда на севере Приволжской возвышенности. По итогам исследований в 11 различных географических пунктах Чувашии выделено 49 сортов из более 600, которые в неблагоприятных условиях 2017 г. дали хороший урожай. Из 49 сортов по авторской методике выделены самые перспективные сорта винограда, среди которых оказались 26 сортов, которые рекомендуются для выращивания.

Мы проанализировали данные 2017 г. у 13 винограда-рей-любителей Чувашской Республики, которые выращивают более 600 сортов винограда в 11 географических пунктах республики. В 2017 г. для винограда сложились плохие погодные условия: май, июнь и даже начало июля были дождливыми и прохладными, в течение почти всего лета было недостаточно солнечного освещения.

При анализе мы использовали авторскую методику оценки винограда.

Для балльной оценки сортов винограда и выделения среди них сортов, успешно произрастающих и плодоносящих

в наших условиях, нами придуман новый методический подход со шкалой оценки, в котором учитываются зрелость ягод винограда и качество развития побегов, зрелость почек для возобновления в следующем году.

Для этого в конце вегетации сорта винограда надо оценить зрелость ягод и зрелость лозы, учитывать в однолетнем приросте, сколько имеется созревших почек.

Балльная оценка сортов винограда при созревших ягодах по 5-балльной шкале выглядит следующим образом:

5 – ягоды созрели, лоза созрела;

4 – ягоды созрели, однолетний прирост созрел на 6-8 почек;

3 – ягоды созрели, однолетний прирост созрел на 3-5 почек;

2 – ягоды созрели, однолетний прирост созрел на 1-2 почки;

1 – ягоды созрели, а однолетнего прироста нет.

По результатам оценки более 600 сортов винограда нами составлен «Общий список перспективных сортов винограда, нормально созревших в 2017 году в условиях Чувашской Республики»: 1-5-88, Азалия, Алешенькин, Амурский прорыв, Аркадия, Аюта, Венус сидлис, Виктория, Восторг, Жемчуг белый, Звезда Потапенко, Зефир, Зилга, Зима, Изабелла ранняя, Йодупе, Камилла, Кауйбышевский ранний, Кишмиш 342, Кишмиш Потапенко, Кишмиш черный Потапенко, Коринка русская, Кристалл, Московский устойчивый, Мукузани, Муромец, Мускат черный, Мясистый розовый, Нежность, Новый русский, Олеся, Оренбургский черный, Оренбургский красный, Паланга, Памяти Негруля, Память Домковского, Русский ранний, Сеянец альфы, Сиреневый, Супага, Таежный, Томайский, Триумф, Тур Хейердал, Фиолетовый ранний, Шедевр-2, Юлиан, Юлиан (еН-8), Юрдик (местный сорт).

Данный список создан на основании наблюдений за многочисленными сортами винограда (около 600 сортов), произрастающих в Чувашии в 11 различных географических точках республики, расположенных в северных и централь-

ных районах Чувашии. По ботанико-географическому зонированию Чувашской Республики (Папченков, Дмитриев, 1993) эти географические точки относятся к Предволжью и Центру. Они не охватывают южные и присурские районы республики, более подходящие для винограда по погодно-климатическим и почвенным условиям (больше солнца, тепла, черноземные почвы и т.д.). В связи с вышесказанным полученные нами результаты являются более ценными: эти сорта были испытаны в более сложных климатических условиях, более северных районах Чувашии.

При нормальных погодных условиях все 49 сортов, указанные в общем списке перспективных сортов винограда в условиях Чувашии, могут хорошо плодоносить, приносить богатый и полноценный урожай, при этом сама виноградная лоза может нормально подготовиться к зимовке, образовав зрелые почки на однолетних приростах. Из 49 сортов мы далее выделили самые перспективные (26 сортов, получивших 4 и 5 баллов по шкале биологической оценки сортов винограда): *Амурский прорыв, Венус сидлис, Жемчуг белый, Зефир, Зилга, Зима, Изабелла ранняя, Камилла, Кишмиш Потапенко, Кишмиш черный Потапенко, Коринка русская, Кристалл, Мукузани, Муромец, Олеся, Оренбургский красный, Оренбургский черный, Памяти Негруля, Русский ранний, Сеянец альфы, Сиреневый, Таежный, Триумф, Фиолетовый ранний, Шедевр-2, Юрдик*. Эти сорта рекомендуются нами для выращивания в условиях Чувашии и Среднего Поволжья.

### **Библиографический список**

Папченков В.Г., Дмитриев А.В. О природном районировании Чувашской Республики // Экологический вестник Чувашии. Чебоксары, 1993. Вып. 2. С. 75-82.

## **ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС В ПРОРОСТКАХ ТРИТИКАЛЕ ПРИ КАРБОНАТНОМ ЗАСОЛЕНИИ**

*Евграшкина Т.Н., аспирант кафедры биологии  
и технологий живых систем,*

*Иванищев В.В., доктор биологических наук, профессор,  
заведующий кафедрой биологии и технологий живых систем*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тульский государственный педагогический  
университет им. Л.Н. Толстого (ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»),  
avdey\_VV@mail.ru*

*Evgrashkina T.N., Postgraduate Student of the Department  
of Biology and Technologies of Living Systems,*

*Ivanishchev V.V., Doctor of Biology, Professor, Head  
of the Department of Biology and Technologies of Living Systems*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University»  
(Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University)*

Изучены показатели кратковременного стресса, вызванного карбонатным засолением. Оценка результатов методами главных компонент (РСА) и кластерного анализа позволила выявить разную картину взаимосвязей между изученными физиолого-биохимическими характеристиками побегов и корней. Обнаружена специфика взаимосвязей между показателями в сравнении с засолением, вызванным присутствием в среде NaCl.

The indicators of short-term stress caused by carbonate salinity were studied. Evaluation of the results by the methods of principal components (PCA) and cluster analysis revealed a different picture of the relationship between the studied physiological and biochemical characteristics of the shoots and roots. The specificity of the relationship between the indicators in comparison with salinity caused by the presence in the environment of NaCl was found.

**Введение.** Многочисленные исследования по влиянию различных стрессов, в том числе засоления, на растения показали активацию работы антиоксидантной системы в условиях

эксперимента [1]. При этом специфика разных видов засоления в этом аспекте до сих пор чётко не определена. Имеющиеся данные о возможности обработки показателей физиолого-биохимических характеристик растений статистическими методами (методом главных компонент и кластерного анализа) позволяют говорить о специфических взаимосвязях изученных показателей [2, 3]. Поэтому цель работы состояла в оценке специфики карбонатного засоления с помощью указанных методов.

**Материалы и методы.** Проростки тритикале (*xTriticosecale*) в фазе кущения пересаживали на среду, содержащую 120 мМ карбоната натрия. Пробы отбирали через 12, 24, 48, 72 и 96 ч эксперимента [4]. Полученные результаты исследования показателей окислительного стресса и антиоксидантной системы обрабатывали методами главных компонент (РСА) и кластерного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Применение метода главных компонент для обработки результатов исследования для побегов показало сложность картины, в результате чего полученные данные могут быть объединены в 4-5 групп. Наиболее многочисленную группу представляют: пероксид водорода, малоновый диальдегид (МДА), глутатион и активность аскорбат-пероксидазы. Анализ данных для корневой системы дал аналогичную картину, но на первую главную компоненту наибольшее влияние оказали активность гваяколовой пероксидазы, содержание МДА и пероксида водорода.

Использование метода кластерного анализа позволило получить различающиеся дендрограммы для показателей побегов и корней. При этом, если для побегов кластеры первого порядка были образованы пероксидом водорода и глутатионом, МДА и аскорбатпероксидазой, каталазой и гваяколпероксидазой, то для корневой системы отмечено только два первичных кластера, образованных пероксидом водорода и МДА, глутатионом и активностью каталазы.

На основании результатов эксперимента сделан вывод о специфике действия кратковременного карбонатного засоления для побегов в сравнении с NaCl-стрессом [3,5], которая обнаруживается в появлении иных взаимосвязей между физиолого-биохимическими показателями. При этом также показаны различия взаимоотношений между такими характеристиками побегов и корней в условиях кратковременного карбонатного стресса.

### **Библиографический список**

1. Жуков Н.Н., Иванищев В.В., Бойкова О.И. Физиолого-биохимические механизмы адаптации проростков тритикале при кратковременном NaCl-засолении. Тбилиси: МП Полиграф, 2016. 125 с.
2. Иванищев В.В. Об использовании статистических методов при изучении стресса растений и их селекции // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2018. Вип. 3 (45). С. 111-118.
3. Иванищев В.В., Жуков Н.Н. Проявления окислительного стресса в проростках тритикале при кратковременном действии хлорида натрия // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 11. С. 123-130.
4. Евграшкина Т.Н., Иванищев В.В., Бойкова О.И., Жуков Н.Н. Влияние карбонатного засоления на некоторые показатели водного обмена тритикале озимого сорта «Трибун» // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 55. № 7. С. 114-119.
5. Иванищев В.В. Исследование влияния кратковременного солевого стресса методом кластерного анализа // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 4. С. 134-139.



## **АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ**

*Зенкина К.В., аспирант лаборатории селекции зерновых колосовых культур,*

*Асеева Т.А., доктор сельскохозяйственных наук;*

*Трифунтова И.Б., научный сотрудник лаборатории селекции зерновых колосовых культур*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (ФГБНУ «ДВ НИИСХ»), 680521, Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное, ул. Клубная, д. 13, polosataya-zebra@mail.ru*

*Far Eastern Agricultural Research Institute, 680521, Khabarovsk territory, Khabarovsk district, Vostochnoye village, Klubnaya street, 13*

Проведена оценка адаптивного потенциала зерновых колосовых культур по величине реализации урожайности в агроценозах Среднего Приамурья.

An assessment of the adaptive potential of cereal crops by the value of yield realization in the agrocenoses of the Middle Amur Region is carried out.

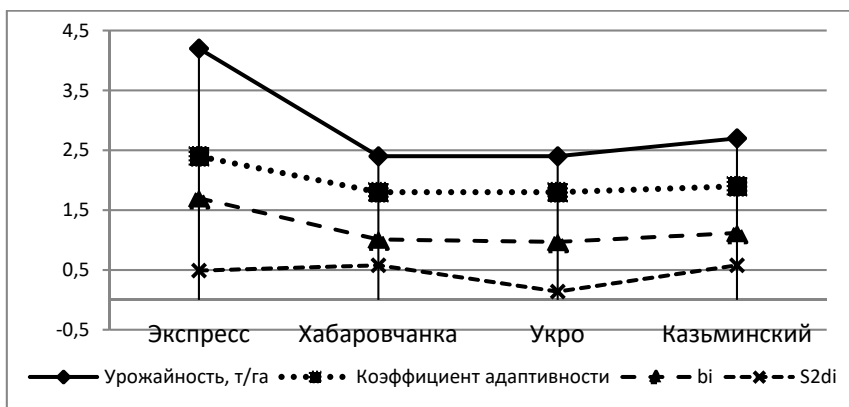
Основное направление современной селекции – совершенствование адаптации агросистем и агроландшафтов к варьирующим во времени и пространстве факторам внешней среды [3]. В связи с этим цель исследований – изучить адаптивный потенциал зерновых колосовых культур в агроэкологических условиях Среднего Приамурья.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования в 2014-2018 гг. использовали районированные сорта яровых зерновых колосовых культур: овса – Экспресс, пшеницы – Хабаровчанка, ячменя Казьминский и рекомендованный к возделыванию в Дальневосточном регионе сорт тритикале

Укро. Адаптивность определяли по методике Л.А. Животкова [1]. Индекс условий среды ( $L_j$ ) и адаптивные свойства оценивали по методу, предложенному S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина [2], основанному на расчете коэффициента линейной регрессии ( $b_i$ ), и дисперсии ( $S^2_{di}$ ).

**Результаты и их обсуждение.** Агроэкологические условия в период исследований носили разнообразный характер: наиболее благоприятными характеризовались 2014, 2015 и 2017 гг., где индекс условий среды принимал положительное значение ( $L_i=+4$ ,  $L_i=+1$ ,  $L_i=+2$  соответственно). Экстремальные условия для роста и развития зерновых культур сложились в 2016 и 2018 гг. ( $L_i=-3$ ,  $L_i=-2$  соответственно) вследствие избыточного количества выпавших осадков и чрезмерного переувлажнения почвы в течение всей вегетации, что отрицательно сказалось на формировании урожая как отдельных сортов в эти годы, так и средней урожайности.

Продуктивность яровых зерновых культур зависела как от сортовых особенностей растений, так и климатических факторов внешней среды. При этом зерновые колосовые культуры в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья проявили разный адаптивный потенциал (рис. 1).



**Рис. 1. Адаптивный потенциал зерновых культур в агроэкологических условиях Среднего Приамурья**

При анализе адаптивного потенциала зерновых колосовых культур отмечена идентичная закономерность – чем продуктивнее сорт, тем выше коэффициент адаптивности. Наиболее адаптированной культурой к почвенно-климатическим условиям Среднего Приамурья является овес ( $KA=2,4$ ). Сорт ярового овса Экспресс обладает высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания, однако в неблагоприятные по погодным условиям годы этот сорт снижает урожайность ( $b_i > 1, S^2_{di} > 0$ ).

В условиях интенсивного земледелия сорт яровой пшеницы Хабаровчанка не может достигать высоких результатов, при этом в лимитированных условиях окружающей среды у этого сорта меньше наблюдается депрессия продуктивности в сравнении с культурами интенсивного типа ( $b_i = 1, S^2_{di} > 0$ ). Сорт ярового ячменя Казьминский также обладает слабой отзывчивостью на факторы интенсификации и аспекты производственного процесса, но у него не так значительно ухудшаются компоненты продуктивности в лимитированных условиях окружающей среды. Согласно минимальному значению дисперсии, сорт ярового тритикале Укро относится к интенсивным формам с повышенной фенотипической стабильностью.

Таким образом, при оценке адаптивного потенциала в агроэкологических условиях Среднего Приамурья установлено, что все районированные сорта зерновых колосовых культур адаптированы к условиям возделывания в данной экологической зоне.

### **Библиографический список**

1. Животков Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» / Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. М.: Колос, 1994. № 2. С. 3-7.

2. Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности сортов // Генетический анализ количественных признаков с помощью

математико-статистических методов. М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. С. 40-44.

3. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. М., 2016. № 5. Т. 51. С. 617-626.

DOI: 10.22363/09358-2019-59-61

УДК 577.1:581.1

## **ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС В ПОБЕГАХ ТРИТИКАЛЕ ПРИ NaCl-ЗАСОЛЕНИИ**

***Иванищев В.В.**, доктор биологических наук, профессор,  
заведующий кафедрой биологии и технологий живых систем*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тульский государственный педагогический  
университет им. Л.Н. Толстого (ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»),  
avdey\_VV@mail.ru*

***Ivanishchev V.V.**, Doctor of Biology, Professor, Head  
of the Department of Biology and Technologies of Living Systems*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University”  
(Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University)*

Изучена возможность применения метода кластерного анализа к интерпретации физиолого-биохимических показателей проростков тритикале (*xTriticosecale*) в условиях кратковременного NaCl-стресса в среде (120 мМ). Показано, что выводы в основном не противоречат известным данным о связи физиологических и биохимических характеристик растений в условиях данного стресса. В то же время обнаружены новые взаимосвязи между отдельными показателями.

The possibility of applying the cluster analysis method to interpreting the physiological and biochemical parameters of triticale seedlings (*xTriticosecale*) under conditions of short-term NaCl stress in the medium (120 mM) was studied. It has been shown that the conclusions do not generally contradict the well-known data on the relationship between the physiological and biochemical characteristics of plants under this stress. At the same time, new interrelations were found between the individual indicators.

**Введение.** Исследование физиолого-биохимических характеристик и их динамики в биологических экспериментах часто проводят с целью дать объяснение некоторому феномену [1]. Среди таких явлений можно отметить, например, устойчивость к стрессу, протекание особенностей онтогенеза, динамику процесса и т.п. При этом структура взаимосвязей между изученными параметрами часто остаётся не вполне ясной. Она лишь базируется на хорошо известных биологических закономерностях протекания процессов, которые во многом одинаковы для всех живых объектов. Поэтому цель работы состояла в попытке применить известные статистические подходы к анализу ряда физиологических и биохимических характеристик проростков тритикале для обнаружения новых взаимосвязей между ними.

**Материалы и методы.** Выращивание проростков тритикале проводили в условиях кратковременного солевого стресса (120 мМ NaCl). Полученные данные о физиолого-биохимических характеристиках побегов [2-4] обрабатывали методом кластерного анализа, который позволяет выстроить систему отношений между отдельными показателями.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование показателей окислительного стресса (содержания пероксида водорода, супероксидрадикала, величины перекисного окисления липидов – ПОЛ) методом кластерного анализа показало образование первичного кластера между указанными активными формами кислорода, после чего в систему включался показатель ПОЛ [5, 6]. Это соответствует общим представлениям о взаимопревращении активных форм кислорода и их влиянии на величину ПОЛ.

Оценка характеристик работы антиоксидантной системы в условиях эксперимента методом кластерного анализа показала образование первичного кластера между содержанием глутатиона и активностью глутатионредуктазы с дальнейшим образованием кластеров более высокого порядка пу-

тем последовательного включения в систему активности аскорбатпероксидазы, каталазы, гваяколпероксидазы. Включение аскорбиновой кислоты в общую систему в самую последнюю очередь показывает отсутствие специфичности (значимости) этого метаболита для устойчивости побегов тритикале к кратковременному NaCl-стрессу.

На основании полученных результатов сделаны выводы о том, что ответные реакции в побегах тритикале не связаны напрямую с проникновением ионов натрия и хлора в них. При этом механизм противостояния кратковременному солевому (NaCl) стрессу в первую очередь связан с системой глутатион – глутатионредуктаза.

### **Библиографический список**

1. Иванищев В.В. Об использовании статистических методов при изучении стресса растений и их селекции // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2018. Вип. 3 (45). С. 111-118.

2. Жуков Н.Н., Гарифзянов А.Р., Иванищев В.В. Динамика активности антиоксидантных ферментов в органах хTriticosecale на фоне NaCl-засоления // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2012. Вип. 2. С. 285-291.

3. Гарифзянов А.Р., Жуков Н.Н., Иванищев В.В., Кособрюхов А.А. Регуляция водного обмена у тритикале озимого в условиях NaCl-засоления // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2013. Т. 1. Вип. 28. С. 34-43.

4. Гарифзянов А.Р., Жуков Н.Н., Кособрюхов А.А., Иванищев В.В. Функциональное состояние фотосинтетического аппарата проростков тритикале при хлоридном засолении // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2014. Вип. 1. С. 280-290.

5. Иванищев В.В., Жуков Н.Н. Проявления окислительного стресса в проростках тритикале при кратковременном действии хлорида натрия // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 11. С. 123-130.

6. Иванищев В.В. Исследование влияния кратковременного солевого стресса методом кластерного анализа // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 4. С. 134-139.

## АДАПТИВНОСТЬ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ К СТРЕССОВЫМ АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ

*Кравченко А.Н., Клименко О.А.*

*Институт генетики, физиологии и защиты растений,  
Кишинев, Республика Молдова, climenco\_2010@mail.ru*

*Cravcenco A.N., Climenco O.A.*

*Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Chisinau,  
Republic of Moldova*

Изучена вариабельность индексов адаптивности пыльцы инбредных линий кукурузы и ее зависимость от генотипа и условий года (наличие повышенных температур и засухи в течение вегетационного периода). Выявлены генотипы, сохраняющие уровень адаптивности при разных условиях года, а также линии с высокими показателями данного индекса.

**Ключевые слова:** кукуруза, адаптивность, мужской гаметофит.

The variability of the indices of adaptivity of pollen of inbred maize lines and its dependence on the genotype and conditions of the year (high temperatures and drought during the period of vegetation) were studied. Genotypes with the same the level of adaptivity under different conditions of the year, as well as lines with high values of this index were revealed.

**Keywords:** maize, adaptivity, male gametophyte.

**Введение.** Изучение генетических механизмов адаптивности генотипов кукурузы к стрессовым абиотическим факторам является важной и актуальной задачей. Наши исследования проводились на уровне мужского гаметофита, а рост, формирование, размер пыльцевого зерна в большей степени зависят от генотипа, тогда как на показатель стерильности значительно влияют условия среды (стрессовые абиотические факторы, в том числе высокие температуры и засуха во время вегетационного периода). Поэтому размер пыльцы и её стерильность образуют своеобразный «модуль» адаптивности того

или иного генотипа. Деление показателя стерильности на диаметр пыльцевого зерна и умноженное на сто процентов образует индекс адаптивности. Он показывает, сколько процентов стерильной пыльцы приходится на единицу диаметра пыльцевого зерна. Чем ниже значения индекса, тем адаптивнее генотип, так как у него образуется меньше стерильной пыльцы и, соответственно, больше фертильной. Используя этот подход, можно фактически в условиях одного года изучать адаптивность разных генотипов.

**Объекты и методы исследований.** В качестве исходного материала использовали 22 инбредные линии кукурузы (Л1362, Л1866, P523, F2, Мо17, В73, А285, P346wx1wx1, М11, P502, P343, 092, N6, W47, 4nW23, P346, Л276, Rf7, W23, Л459, А239, МК390) и 16 простых гибридов F<sub>1</sub> (родительские линии: Л459, А239, Со125, МК159, МК01, P502, МК390). Пыльцу собирали из цветущих метелок в период опыления. Диаметр и стерильность пыльцевых зерен оценивали с использованием микроскопа и окуляр микрометра. Полученные данные обрабатывали по схемам одно- и двухфакторного дисперсионного анализа с использованием программы Statgraphics 2.1. В данной работе приведены результаты 3 последовательных лет (2013, 2014 и 2015 гг.) и 2018 г. (был очень засушливый и жаркий вегетационный период).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты двухфакторного дисперсионного анализа трехлетних данных показали, что изменчивость индекса адаптивности у изученных генотипов достоверно ( $p \leq 0,001$ ) зависела от факторов «генотип», «условия года» и их взаимодействия. Установлено, что фактор «генотип» вносит 40,4 % в изменчивость данного показателя, условия года – 44,1 %, а взаимодействие факторов обуславливает только 15,3 % изменчивости. Анализ среднего уровня индекса адаптивности за три года показал, что все 22 генотипа распределились на четыре группы. В первую группу с показателем до 18 % вошли такие линии, как P101, Мо17, МК390 и W47. У семи линий показатель адаптивности оказался на



уровне 18-30 % – это линии Л1866, Л459, Р346wx1wx1, ХЛ12, Л276, Р165, 4nW23. Уровень адаптивности у таких линий, как F2, Л1362, Р502, 092, Р346, А239, А285, Rf7, N6 находится от 30 до 55 % и только у двух линий (Со125 и Р343) адаптивность выше 60 %. Следует отметить, что у таких линий, как Со125, Р343, Л459, Мо17 индекс адаптивности сохранялся на одинаковом уровне в условиях трех лет. Данные генотипы можно использовать в схемах селекции на гетерозис. Достоверное ( $p \leq 0,001$ ) влияние фактора «генотип» на индекс адаптивности инбредных линий было выявлено и в 2018 году. Лучшие показатели индекса были отмечены у линий Р502 ( $7,7 \pm 1,51$ ), Л276 ( $7,5 \pm 1,28$ ), М11 ( $8,0 \pm 1,63$ ), Р346 ( $8,4 \pm 1,63$ ), 4nW23 ( $10,6 \pm 1,91$ ). Линии W23, Л459, F2, МК390 характеризовались средним уровнем адаптивности (показатели индекса  $12,4 \pm 1,47$ ,  $12,1 \pm 2,35$ ,  $14,4 \pm 2,66$ ,  $15,9 \pm 2,3$  соответственно). У остальных линий показатель адаптивности значительно хуже, что указывает на высокую стерильность пыльцевых зерен. Поскольку одним из признаков, используемых при расчете индекса адаптивности, является диаметр пыльцевого зерна, были определены (по схеме двухфакторного дисперсионного анализа,  $p \leq 0,01$ ) коэффициенты наследуемости данного признака у простых гибридов F<sub>1</sub> (родительские генотипы – линии МК390, Л459, Р502). Выяснено, что значение коэффициента наследуемости в 4,6 раза выше у гибридов, где в качестве материнского генотипа была использована линия Л459.

**Заключение.** Разработанный подход позволяет выделять и отбирать адаптивные генотипы и использовать их в различных схемах селекции.

## **МАРКЕРЫ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПЛОДОВ *MALUS MILL.* (*ROSACEAE*) В ГОРНЫХ БИОАГРОЦЕНОЗАХ**

***Кумахова Т.Х.<sup>1</sup>, Пикуленко М.М.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Российский государственный аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, Тимирязевская ул., 49,  
tkumachova@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова, Научно-учебный музей земледелия  
и Экоцентр МГУ, 119991, Москва, Ленинские горы, 1  
pikulenkotarina@mail.ru*

## **MARKERS OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ADAPTATION OF THE *MALUS MILL.* (*ROSACEAE*) OF FRUIT IN MOUNTAIN BIOAGROCENOSES**

***Kumachova T.Kh.<sup>1</sup>, Pikulenko M.M.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural  
Academy named by Timiryazev, 127550, Moscow, Timiryazevskaya, 49*

<sup>2</sup> *Museum of Earth Science, Lomonosov Moscow State University, 119991,  
Moscow, Leninskie Gory, 1*

Изучены структурно-функциональные особенности плодов *Malus Mill.*, произрастающие в горных биоагроценозах. Для успешного завершения программы онтогенеза в клетках плодов формируются мембранные биоэнергетические и информационные системы между отдельными органеллами, в частности хлоропластами, митохондриями и пероксисомами, которые можно рассматривать как приспособительные структурные и функциональные маркеры.

Structural and functional features of *Malus Mill.* fruits growing in mountain bioagrocenoses were studied. To successfully complete the ontogeny program, membrane bioenergy and information systems are formed in the cells of the fruit between individual organelles, in particular chloroplasts, mitochondria and peroxisomes, which can be considered as adaptive structural and functional markers.

Исследование адаптации растений к переменным условиям среды является одним из наиболее перспективных направлений экофизиологии. Важное значение в этом плане имеет выявление маркеров реакции приспособления репродуктивных органов, поскольку структурная организация и функциональные особенности плодов, несмотря на относительную их консервативность, выступают как индикаторы адаптивных преобразований. Многими исследователями эти особенности расцениваются как «информационная память» о прошлых эколого-географических условиях произрастания растений [1]. Плоды не просто органы в пределах тела растения, которые, как и многие другие части выполняют определенные функции, они наделены важной ролью в системе фитосферы и биосферы в целом. Поэтому своевременный скрининг состояния структурно-функциональных параметров тканей плодов необходим для отбора наиболее приспособленных, несущих в себе высокий потенциал генетических признаков форм для их выращивания в условиях климатических рисков. В связи с вышеизложенным целью работы было изучать морфофункциональные особенности плодов разных представителей *Malus Mill.* горных биоагроценозов.

Для визуализации структурно-функциональных реакций клеток плодов к условиям произрастания применяли методы трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) и микрофлуориметрии. Объектом исследования были плоды разных представителей *Malus domestica Borkh.* Материал (плоды) собран в степной (300 м над уровнем моря) и горной зонах (1200 м). Образцы отбирали из средней части кроны трех модельных деревьев. Подготовку материала для ТЭМ проводили по модифицированной нами методике [2]. Для флуориметрических методов использовали созревающие плоды. Измерения проводили с помощью флуориметра РЕА (Plant Efficiency Analyzer, Hansatech, Англия) на срезах наружных слоев плодов толщиной 2–4 мм, площадью около 1,5 см<sup>2</sup>.

Образцы адаптировали к темноте в течение 5 мин, затем освещали красным светом (максимум при 650 нм, интенсивность 1500 мкмоль/(м<sup>2</sup>с), длительность освещения 2 с) [3].

Как показали проведенные электронно-микроскопические исследования, в клетках горных плодов (1200 м), по сравнению с равнинными (300 м), наряду с высокой ультраструктурной организацией, наблюдается специфическая поведенческая реакция хлоропластов: образование многочисленных внутриклеточных коммуникаций – мембранные контакты между собой и с другими органеллами (особенно с митохондриями и пероксисомами), что, по нашему мнению, необходимо для обеспечения в течение суток энергетическими ресурсами метаболических процессов. Данные, полученные методами флуоресценции хлорофилла, показали, что хлоропласты степных и горных плодов характеризуются одинаково высокой потенциальной фотохимической активностью фотосистемы II. При освещении (поток квантов 50 мкмоль/(м<sup>2</sup> с)) эффективность фотосинтеза хлорофилла в горных плодах существенно ниже. В равнинных условиях изменение режима освещения не приводит к значимым сдвигам в скорости нециклического потока электронов. Роль мембранных контактов внутриклеточных органелл полностью не оценена, имеются предположения, что они образуют при стрессовых условиях единую биоэнергетическую и информационную систему между отдельными компартментами. Таким образом, формирование мембранных систем в клетках плодов *Malus Mill.*, необходимое для успешного завершения программы онтогенеза, можно рассматривать как структурный и функциональный адаптивный маркер.

### Библиографический список

1. Матиенко Б.Т. Адаптивная природа функциональности плодов и проблема формирования и обеспечения их лежкоспособности // Известия Академии наук Молдавской ССР. Серия биологических и химических наук. 1985. № 1. С. 3–15.

2. Кумахова Т.Х., Меликян А.П. Ультраструктура кутикулы плодов разных сортов *Malus domestica* (Rosaceae) // Ботанический журнал. 1989. Т. 74. № 3. С. 328–232.

3. Кумахова Т.Х., Пикуленко М.М., Юлдашбаев Ю. А. Экологическая оценка состояния биогеоценозов экспресс-методами: КривоСЭМ и микрофлуориметрия // Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию Национального университета Узбекистана. 2018. С. 30-35.

DOI: 10.22363/09358-2019-68-71

УДК 581.1:577.15

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРОЛИНА И АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.) ПРИ ИЗБЫТКЕ ЦИНКА В СРЕДЕ**

*Лисник С.С., Корецкая Ю.Л.*

*Институт генетики, физиологии и защиты растений  
АН Молдовы, slisnic@rambler.ru*

Умеренные дозы Zn в почве (50 мг/кг) и в питательной среде Белоусова (1 мкмоль/л) приводят к незначительному снижению активности пероксидазы, содержанию пролина в листьях и увеличению вегетативной массы растений, что указывает на более полную реализацию их адаптивного потенциала в таких условиях. Возрастающие дозы Zn в почве (600-1200 мг/кг) и в гидропонной культуре (50-200 мкмоль/л) приводят к значительному повышению его содержания в листьях, снижению содержания Mn, Fe и Cu, повышению активности пероксидазы и содержания пролина в листьях.

**Ключевые слова:** цинк, сахарная свекла, пероксидаза, пролин.

**Введение.** Избыточные концентрации тяжелых металлов в окружающей среде вызывают многократные прямые и косвенные воздействия практически на все физиологические процессы у растений, в том числе на накопление пролина и каталитическую функцию ферментов. Zn является необходимым микроэлементом для высших растений, и применение

его в оптимальных концентрациях способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды (температуре, засухе и др.). При этом активность ферментов (аскорбатпероксидазы, каталазы, супероксиддисмутазы и пероксидазы) была увеличена у растений как с дефицитом, так и избытком цинка. Следовательно, сбалансированное обеспечение сельскохозяйственных культур цинком может способствовать, по меньшей мере, частичному предотвращению неблагоприятных условий среды, участвуя в нескольких защитных механизмах, таких как осморегуляция и антиоксидантные системы [1; 2].

Цель исследования – выявить закономерности в активности пероксидазы и содержании пролина, Mn, Zn, Fe и Cu в листьях сахарной свеклы в зависимости от возрастающих доз цинка в условиях водной и почвенной культур.

**Материалы и методы.** Кратковременные опыты с сахарной свеклой (гибрид Вилия) проводились с использованием водной и почвенной культур и применением возрастающих доз Zn (1, 50, 100 и 200 мкмоль/л, водная культура) и (50, 300, 600 и 1200 мг/кг почвы, почвенная культура), на ранних фазах роста растений (5-7 листьев). Активность пероксидазы определяли по Бояркину, содержание пролина – по Bates, содержание Mn, Zn, Cu и Fe – на AAS -1.

**Результаты и их обсуждение.** Эффекты возрастающих концентраций Zn на растениях сахарной свеклы, выращенных в контролируемой среде (питательная смесь Белоусова), выражались в уменьшении корневой и надземной массы растений, а также в увеличении соотношения корень/ботва по сравнению с контрольными растениями. При избытке Zn в среде растения имели скошенные внутрь края листьев и поврежденную коричневатую корневую систему с короткими боковыми корнями, особенно при концентрации цинка 200 мкмоль/л.

В условиях почвенной культуры на ранних фазах развития растений (5-7 листьев) при дозе Zn в 50 мг/кг отмечено

некоторое снижение содержания пролина в листьях по сравнению с контролем что свидетельствует, что данная доза является оптимальной для роста и развития растений и пролин интенсивно используется растениями в синтезе органических веществ. При дозе Zn 300 мг/кг содержание пролина в листьях практически на уровне контроля. Дальнейшее увеличение доз Zn способствовало повышению содержания пролина, особенно при максимальной дозе элемента – 1200 мг/кг. Следует, однако, отметить что, исходя из полученных нами данных, растения сахарной свеклы толерантны к высоким концентрациям цинка в почве, поскольку, даже при дозе 1200 мгZn/кг, накопление биомассы растениями незначительно снизилась.

Умеренные концентрации Zn в питательном растворе Белоусова (1 мкмоль/л) привели к незначительному накоплению пролина в листьях. Более высокое содержание пролина выявлено при дальнейшем возрастании концентрации Zn в среде – 50-200 мкмоль/л. Следует отметить отсутствие корреляции между степенью загрязнения почвы и питательного раствора Zn и накоплением пролина в листьях, что связано с высокой толерантностью сахарной свеклы к избытку элемента в окружающей среде. В то же время активность пероксидазы незначительно снизилась при внесении умеренных доз Zn в почву (50 мг/кг) и в питательном растворе Белоусова (1 мкмоль/л), что свидетельствует о сбалансированном питании растений цинком в этих вариантах. Вместе с тем высокие дозы (600-1200 мг/кг) не приводили к значительному повышению активности фермента, что, по-видимому, связано с высокой устойчивостью растений сахарной свеклы к избытку этого тяжелого металла в почве.

Содержание Zn в листьях значительно повысилось при избытке данного элемента в почве. Так, в контрольном варианте содержание Zn в листьях составило 36,4 мг/кг, при дозе Zn-50 мг/кг – 223,3, а при дозе 1200 мг/кг почвы – 635,8 мг/кг сухого вещества листьев. При умеренной дозе Zn (50 мг/кг

почвы) выявлен синергизм между накоплением Zn и Fe в листьях, а при высоких дозах – антагонизм между Zn и Mn, Cu и Fe.

**Заключение.** На ранних фазах развития сахарной свеклы (6-7 листьев) умеренные дозы Zn в почве (50 мг/кг) способствуют незначительному снижению активности пероксидазы и содержания пролина в листьях. Избыток Zn 600 и 1200 мг/кг в почве и 100–200 мкмоль/л в условиях водной культуры приводит к значительному накоплению его в листьях, увеличению содержания пролина и активности пероксидазы. Однако отсутствует корреляция между возрастающими дозами Zn в среде активности пероксидазы и содержания пролина в листьях. Эти данные показывают, что сахарная свекла может быть хорошей моделью для изучения механизмов гомеостаза Zn в растениях и может быть эффективным видом для фиторемедиации Zn.

#### **Библиографический список**

1. Mondal T.K., Ghosh S. K. Zinc stress induces physiological, ultra-structural and biochemical changes in mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco) seedlings // *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2014. V. 20. № 4. P. 461-473.
2. Sagardoy R., Morales F., López-Millán A.F., Abadía A., Abadía J. Effects of zinc toxicity on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants grown in hydroponics // *Plant Biol. (Stuttg)*. 2009. V. 11. P. 339-350.



## **ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К СТАРЕНИЮ**

***Мамедова С.А., Бабаева М.А.***

*Институт генетических ресурсов Национальной академии наук  
Азербайджана, smamedova2002@mail.ru*

*Genetic Resources Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences*

Синтетические пшеницы с привлечением генетического потенциала видов рода *Aegilops* L., как ближайшего сородича пшеницы, широко используются в селекционных программах ведущих центров мира, что способствует существенному расширению генотипического разнообразия исходного материала и получению новых форм пшеницы, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам [2].

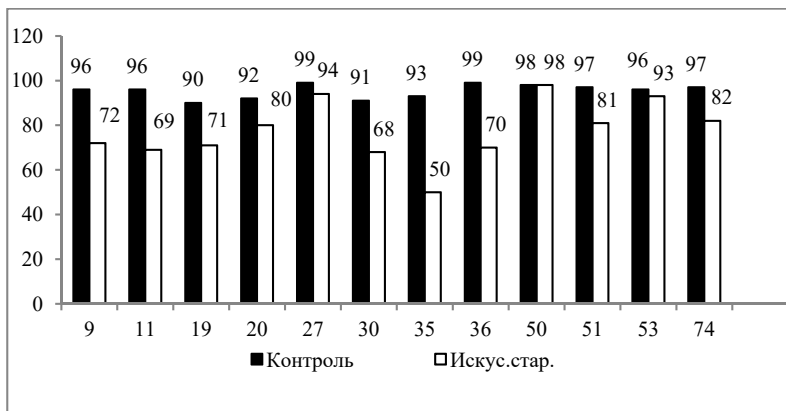
Создание сортов зерновых злаков различного направления в значительной мере зависит от многообразия исходного селекционного материала. В настоящее время в Институте Генетических ресурсов НАНА ведутся работы по созданию устойчивых к болезням и различным стрессам, с высокой адаптивностью к условиям среды, высоким качеством зерна, высокими биохимическими показателями и хлебопекарными свойствами сортов. Для этого в селекционную программу включены интродуцированные из СИММУТ и сохраняемые в питомнике образцы гексаплоидной синтетической пшеницы [3].

Целью нашего исследования была оценка устойчивости к старению генотипов синтетической пшеницы по показателям всхожести семян.

Объектами исследования служили семена интродуцированных на Джалилабадской экспериментальной станции

Научно-исследовательского института земледелия 12 образцов гексаплоидной синтетической пшеницы, привезенных из CIMMYT: № 9-Aisberg/*Ae.squarrosa* (369)//Demir; № 11-Karahan; № 19-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (311)//Ekiz; № 20-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (312)//Bagci2002; № 27-UKR-OD 952.92/*Ae.squarrosa* (409)//Sonmez; № 30-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (446)//Katia1; № 35-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (311)//Ekiz; № 36-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (311) // Ekiz; № 50-UKR-OD 1530.94/*Ae.squarrosa* (629); № 51-Ekinchi – 84; № 53-Aisberg/ *Ae.squarrosa* (369)//Demir; № 74-Aisberg/*Ae.squarrosa* (369)//Demir. Для имитации продолжительности хранения семян применялся метод их искусственного состаривания. Этот метод предполагает 3-дневную инкубацию семян при повышенной относительной влажности и температуре воздуха, что позволяет моделировать воздействие неблагоприятных факторов и прогнозировать их влияние на устойчивость семян различных сортов растений. Оценка жизнеспособности проводилась по тесту лабораторной всхожести семян, выражаемой в процентах от общего числа (n):  $G = \frac{A \times 100 \%}{n}$ , где A – число взошедших семян [1].

Для оценки функциональных нарушений жизнеспособности семян при ускоренном старении нами использовался такой интегральный показатель, как их всхожесть (рис. 1). При оптимальных условиях прорастания всхожесть семян всех 12 образцов варьировала в пределах 93,0–99,0 %. Анализ всхожести подвергнутых ускоренному старению семян синтетической пшеницы показал, что 3-дневное состаривание подавляло прорастание семян различных образцов в разной степени. Так, при наблюдаемом резком падении (на 30,0–43,0 %) всхожести семян у образцов № 11 и № 35, для образцов № 27 и № 53 отмечено падение всхожести всего на 3,0–5,0 %. Всхожесть семян образца № 50 составила 98,0 % как в контроле, так и после 3-дневного состаривания, что свидетельствует о его большей устойчивости к ускоренному старению.



**Рис. 1. Всхожесть искусственно состаренных семян различных образцов синтетической пшеницы**

Таким образом, сравнительная оценка устойчивости семян изученных образцов синтетической пшеницы к старению позволила сделать выводы, что по показателям всхожести после ускоренного старения образец № 50-UKR-OD 1530.94/ *Ae.squarrosa* (629) проявил большую устойчивость. В ряду исследованных образцов наименее устойчивым оказался образец № 35-UKR-OD 1530.94/ *Ae.squarrosa* (311)//Ekiz.

### **Библиографический список**

1. Алексейчук Г.Н., Ламан Н.А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки // Право и экономика. 2005. 48 с.
2. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Шепелев С.С. и др. Оценка линий синтетической пшеницы (*Triticum durum/Aegilops tauschii*) по вегетационному периоду и устойчивости к болезням // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. 21 (3). С. 347-353
3. Gadimaliyeva G., Aminov N., Jahangirov A., Hamidov H., Abugaliev A., Shamanin V., Morgounov A. Productivity and Disease Resistance of Primary Hexaploid Synthetic Wheat Lines and their Crosses with Bread Wheat // Cereal Research Communications. 2018. 46 (2). С. 354–363.

## **ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ РИСА К ЗАСОЛЕНИЮ**

*Малюченко Е.А., к.б.н., научный сотрудник лаборатории  
генетики и гетерозисной селекции,*

*Брагина О.А., к.б.н., старший научный сотрудник  
лаборатории земледелия, отдела технологии  
возделывания риса*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт риса»  
(ФГБНУ «ВНИИ риса»), Россия, г. Краснодар,  
malyuchenko.evgeniya@mail.ru*

*Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian  
Rice Research Institution», Russian Federation, Krasnodar*

На урожайность риса сильное влияние оказывает засоление почвы, которое является второй наиболее распространенной проблемой почвы наряду с засухой в рисоводческих районах. Именно поэтому необходимо создавать солеустойчивые сорта и совершенствовать технологии их выращивания на засоленных почвах для того, чтобы уменьшить огромные потери урожая зерна.

Rice salinity, which is the second most common soil problem near drought in rice-growing areas, has a strong effect on rice yields. That is why it is necessary to create salt-resistant varieties and improve the technology of their cultivation on saline soils in order to reduce the huge loss of grain yield.

**Введение.** Около 25 % всей поверхности суши представлены засоленными почвами, а в отдельных регионах Средней Азии, Закавказья, Украины и Казахстана – до 90 % всей орошаемой площади. На данный момент в мире уже засолено около 950 млн га земель сельскохозяйственного назначения. По предварительным данным ученых, к 2050 г. засолению подвергнется более 50 % возделываемых территорий [4].

В России засоленные почвы занимают 15 млн га, в том числе в Краснодарском крае – 196,4 тыс. га, из них 76,4 тыс.

га находятся на орошаемых участках, причем более 85 % – в рисовых оросительных системах. Важно увеличить производство риса как минимум на 20 % к 2030 г., чтобы идти в ногу с прогнозируемым ростом населения [4].

Засоление влияет на развитие растений риса на всех стадиях роста, начиная от всходов до созревания. Рис очень чувствителен на ранних сроках, а затем на репродуктивных стадиях. Данный стресс оказывает влияние на признаки, характеризующие продуктивность растений риса, такие как: длина метелки, количество колосков на метелку, урожай зерна, а также задержки появления и цветения метелки [2].

При засолении растения риса страдают от: изменения водного режима и осмотического потенциала, содержания элементов питания, ионов солей, гормонального баланса. Вследствие засоления происходит задержка ростовых функций и нарушения в обмене веществ растительного организма, которые зависят от степени засоленности почвы, возраста растений и их толерантности [1]. Главными причинами гибели растений при засолении являются нарушение ионного гомеостаза и токсичное действие солей, а также гиперосмотический стресс.

Понятие неспецифичности адаптации растений к различным неблагоприятным факторам среды имеет большое значение при изучении устойчивости растений к какому-либо одному виду стресса для раскрытия механизмов адаптации растений к другим факторам, а также для более детального выяснения общей природы устойчивости растений и разработки общих принципов ее повышения. Так, ослабление организма под воздействием одного стресса делает его более восприимчивым к воздействию других стрессовых факторов.

Физиологические параметры изменяются у растений риса в условиях стрессов: засухи, засоления, высокой и низкой температуры. Концентрация ионов солей в тканях и осмотический потенциал клетки при вышеперечисленных стрессах растет. Вместе с тем активность воды в клетке падает, а также

снижается функциональная активность ДНК и фотофосфорилирование. Подавленными становятся: синтетические реакции, поглощение ионов корнями, транспорт веществ, концентрация пигментов. И, вследствие, – уменьшается биологический урожай [3].

**Заключение.** Большой научный и практический интерес представляют собой совершенствование приемов возделывания новых солеустойчивых сортов. Изучение и оценка селекционных образцов на устойчивость к солевому стрессу, а также разработка и совершенствование новых методов исследования сортовой солеустойчивости риса в онтогенезе имеют свою актуальность.

### **Библиографический список**

1. Батаева Д.С., Усенбеков Б.Н., Рысбекова А.Б., Мухина Ж.М. и др. Оценка и отбор исходного материала для селекции солеустойчивых сортов риса в Республике Казахстан // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. С. 544-552.

2. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Малюченко Е.А. Генетика признаков, определяющих адаптивность риса (*oryza sativa* L.) к абиотическим стрессам // Экологическая генетика. 2015. Т. 13. № 4. С. 37-54.

3. Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Малюченко Е.А., Очкас Н.А и др. Перспективные направления селекции на адаптивность к стрессам и повышение экологичности производства риса в РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 314-320.

4. Удовенко Г.В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам // Физиологические основы селекции растений // ВИР. СПб., 1995. Т. 2; Ч. П. С. 293-352.

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО ОБМЕНА У ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ГИБРИДОВ ХЛОПЧАТНИКА ВИДА *G. HIRSUTUM* L. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ**

*Матниязова Х.Х., Набиев С.М.*

*Институт генетики и экспериментальной биологии растений  
Академии наук Республики Узбекистан, matniyazova@mail.ru*

*Institute of Genetics and Plant Experimental Biology Academy of Sciences  
Republic of Uzbekistan*

В статье приводятся результаты, полученные по изучению оводненности и интенсивности транспирации листьев разных сортов средневолокнистого хлопчатника, их простых и сложных гибридов первого поколения в разных условиях водообеспеченности.

**Ключевые слова:** хлопчатник, сорт, гибрид, водный режим, засуха, оводненность листьев, транспирация листьев, генотипическая реакция.

In the article the total water content and intensity of transpiration of leaves of different varieties of medium-fiber cotton and their simple and complex hybrids of the first generation were studied under different water regime conditions.

**Keywords:** Cotton, variety, hibryd, water regime drought, water content of leaves, leaf transpiration, genotypic reaction.

**Введение.** Ограниченность водных ресурсов и усиление водного дефицита в Узбекистане требует создания засухоустойчивых сортов хлопчатника – как одной из основных сельскохозяйственных культур нашей республики. Для решения этой проблемы, наряду с другими направлениями, актуальным является также исследование физиологических особенностей реакции сортов хлопчатника на недостаток почвенной влаги, в частности физиологических показателей водного баланса растений. Ученые подчеркивают, что путем опреде-

ления количества воды в растении можно наблюдать изменения, возникающие в водном балансе растений под воздействием благоприятных и неблагоприятных факторов среды. По мнению многих исследователей, уровень интенсивности физиологических процессов, протекающих в растениях зависит от количества и состояния воды в клетке и ткани.

**Объект и методы исследований.** Объектом наших исследований служили средневолокнистые сорта хлопчатника вида *G. hirsutum*L. – АН-16, Навбахор-2, Ишонч, С-9081, С-9082, их простые и сложные гибриды F<sub>1</sub>. Опыт заложен в условиях оптимальной водообеспеченности, при схеме полива 1-2-1 и оросительной норме 4500-5000 м<sup>3</sup> и при ограниченной водообеспеченности при схеме полива 1-1-0 и оросительной норме 2900-3000 м<sup>3</sup>/га с учетом подпитывающего полива. Эти признаки были определены одновременно в обоих вариантах при влажности почвы 70-72 % на оптимальном и 48-50 % на ограниченном фонах водообеспеченности.

**Результаты и их обсуждение.** В условиях оптимального водоснабжения сорт С-9081 имел наиболее высокий показатель оводненности листьев (79,3 %). Сорта Ишонч, С-9082 и АН-16 по значению признака существенно не различались. Самый низкий процент воды имели листья сорта Навбахор-2 (76,3 %), который достоверно отличался от остальных сортов хлопчатника. У простых гибридов F<sub>1</sub>, полученных путем межсортовой гибридизации, наиболее высокий показатель по оводненности листьев наблюдался у комбинаций АН-16 × С-9082 (80,0 %), АН-16 × С-9081 (79,0 %) и Навбахор-2 × Ишонч (78,5 %), сравнительно низкая оводненность была у комбинаций Ишонч × С-9082 и Навбахор-2 × АН-16 (соответственно 77,1 и 77,2 %). У изученных сложных гибридов F<sub>1</sub>, полученных путем гибридизации двух простых гибридов, наиболее высокую оводненность листьев имели комбинации (Навахор-2 × АН-16) × (С-9081 × С-9082), (Ишонч × С-9082) × (Навахор-2 × С-9081) и (Ишонч × АН-16) × (Навахор-2 × С-9082)-по 78,6 %, наиболее низкие



показатели признака были у комбинаций (Ишонч х АН-16) × (С-9081 × С-9082) и (Навбахор-2 × С-9082) × (Ишонч × АН-16), соответственно 76,4 и 76,7 %.

Данные по интенсивности транспирации (ИТ) листьев, которая определялась в единицах *мг воды / 1 г сырого листа × 1 ч*, показывают, что в условиях оптимального водоснабжения в фазе цветения-плодообразования самую высокую ИТ листьев имеет сорт С-9081-195,31 мг. Сорта Навбахор-2 и Ишонч занимали промежуточную позицию, а наиболее низкие значения признака были у сорта АН-16 – 173,31 мг. У простых гибридов F<sub>1</sub> комбинация АН-16 × С-9081 имела наиболее высокие показатели ИТ листьев – 226,97 мг. Наиболее низкая ИТ листьев была у комбинации АН-16 × С-9082 – 161,30 мг. У сложных гибридов F<sub>1</sub> наиболее высокая ИТ листьев была у комбинации (Ишонч × С-9081) × (Навбахор-2 × С-9082) – 179,85 мг, тогда как самое низкое значение признака – у комбинации (Ишонч × С-9082) × (С-9081 × С-9082) – 138,09 мг.

В условиях недостаточного водоснабжения у всех изученных генотипов наблюдалось снижение в разной степени интенсивности транспирации листьев по сравнению с контрольным вариантом. В этих условиях в группе сортов Ишонч больше испарял воду-159,72 мг, а растения сорта Навбахор-2 имели наименьшие показатели ИТ листьев – 114,40 мг. У простых гибридов наиболее высокая ИТ листьев отмечена у комбинации F<sub>1</sub> Ишонч х С-9081 – 165,92 мг, наиболее низкие показатели – у комбинации Навбахор-2 × АН-16 – 122,32 мг. В условиях моделируемой засухи наиболее высокая ИТ листьев у сложных гибридов F<sub>1</sub> отмечена у комбинации (Навбахор-2 × АН-16) × (Ишонч × С-9082) – 162,78 мг, самая низкая интенсивность транспирации листьев – у комбинации (Навбахор-2 × Ишонч) × (АН-16 × С-9081) – 100,84 мг. По мере усложнения генотипического состава (сорта – простые гибриды F<sub>1</sub> – сложные гибриды F<sub>1</sub>) происходило усиление разницы между коэффициентами адаптивности (соответственно 25,1, 30,5 и 39,7 %).

**Закключение.** Сорты хлопчатника, их простые и сложные гибриды F<sub>1</sub> имеют разную генотипическую реакцию на водный дефицит по таким физиологическим признакам водного баланса растений, как «Оводненность листьев» и «Интенсивность транспирации листьев». Устойчивость гибридов во многом зависит от родительских форм. Уменьшение оводненности и интенсивности транспирации листьев относится к важным физиологическим механизмам адаптации хлопчатника к недостатку влаги в почве.

DOI: 10.22363/09358-2019-81-84

УДК 634.11

## **АДАПТИВНЫЙ И ПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ**

***Меншутина Т.В.,***

*заведующая отделом плодово-ягодных культур*

***Иваненко Е.Н.,***

*к.с.-х.н., вед.н.с. отдела плодово-ягодных культур*

***Костенко М.Г., мл.н.с.***

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр  
Российской академии наук» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»)  
с. Соленое Займище, Россия, Pniiaz@mail.ru*

В работе приведены результаты изучения новых интродуцированных сортов яблони в аридных условиях Астраханской области. Выделены сорта, наиболее приспособленные к специфическим условиям региона.

**Ключевые слова:** сорт, засухоустойчивость, скороплодность, урожайность.

The paper presents the results of the study of new introduced varieties of apple trees in arid conditions of the Astrakhan region. Selected varieties that are most adapted to the specific conditions of the region.

**Актуальность и цель исследований:** отличительной особенностью современного садоводства является возрождение отрасли и переход на интенсификацию производства плодовой продукции, предполагающей в том числе и совершенствование промышленного сортимента, прежде всего адаптивными сортами, отвечающими требованиям интенсивных технологий [1].

Стандартный сортимент яблони в регионе давно не обновлялся и на данном этапе, когда идет активная закладка яблоневых садов, необходимо его совершенствование сортами, прошедшими испытание в конкретных почвенно-климатических условиях [2].

**Цель исследований** – комплексная оценка интродуцированных сортов яблони и выделение наиболее адаптированных с высокой урожайностью для возделывания по интенсивным технологиям в аридных условиях.

**Объекты и методы исследований.** В природно-климатических условиях Астраханской области в 2016-2018 гг. проведено изучение 8 интродуцированных сортов яблони различного срока созревания отечественной и зарубежной селекции, привитых на среднерослый клоновый подвой 54-118. Схема посадки 5×2 м. Исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками [3]. Объектами исследования являлись сорта отечественной селекции – Ренет кубанский, Золотая корона, Прикубанское, Память есаулу, Пасхальное, Галакуб и зарубежной селекции – Ред Чиф и Пинова. Контроль – районированный сорт Ренет Симиренко.

**Обсуждение результатов.** Лимитирующим фактором получения продукции высокого качества в аридных условиях является недостаток влаги. Годовое количество осадков в годы исследований составило 128-218 мм, за вегетационный период – 38,5-74,9 мм, максимальные температуры воздуха достигали 39,6-40,5 °С.

Засухоустойчивость влияет на весь комплекс хозяйственно-ценных свойств сорта [4]. Путем лабораторных исследований определена засухоустойчивость интродуцированных сортов. При действии стресс-факторов летнего периода сорта Прикубанское, Ренет кубанский, Золотая корона и Ред Чиф характеризовались низкими показателями потери воды (14,0-15,0 %) и были более засухоустойчивыми. Сорт Пинова соответствовал уровню контроля Ренет Симиренко (17,2 и 17,5 %, соответственно). Сорта Галакуб, Пасхальное и Память есаулу характеризовались более высокими показателями потери воды при подвядании (20,1-23,4 %) и были менее засухоустойчивыми.

Очень скороплодными являются сорта Золотая корона и Память есаулу, которые уже на второй год вступили в плодоношение. Сорта Прикубанское, Ренет Кубанский, Галакуб, Ред Чиф, Пинова вступили в плодоношение на третий год, сорта Пасхальное и Ренет Симиренко заплодоносили на четвертый год.

Сорта яблони Память есаулу, Ренет Кубанский и Ред Чиф в аридных условиях формируют очень крупные плоды со средней массой 200-217 г; у сортов Прикубанское, Золотая корона, Галакуб и Пинова плоды крупные со средней массой 150-167 г; у сорта Пасхальное и контроля Ренет Симиренко плоды средней величины – 132 и 135 г соответственно.

Высокотоварными в условиях региона являются сорта Прикубанское, Ренет Кубанский, Ред Чиф и Пинова с выходом плодов высшего и первого товарных сортов от 66,2 до 74,3 %, при товарности плодов контроля – 61,6.

Предуборочная осыпаемость плодов у изучаемых сортов составила 4,9-46,4 %. Высокой осыпаемостью плодов характеризовались сорта Пасхальное (46,4 %) и Галакуб (30,5 %). Меньше всего плоды осыпались у сортов Пинова (3,9 %) и Прикубанское (4,9 %). У сортов Ренет кубанский, Золотая корона, Ред Чиф и Память есаулу осыпаемость была в пределах 6,1-11,1 %, у Ренет Симиренко – 16,8 %.

Более высокую урожайность в условиях ежегодных стрессов (НСР<sub>05</sub> – 3,5 т/га) показали отечественные сорта Прикубанское (25,7 т/га), Ренет кубанский (17,6 т/га), Золотая корона (19,7 т/га) и Пинова (20,9 т/га), у которых прибавка урожая по сравнению с контролем в зависимости от сорта составила 30,4-90,4 %.

**Выводы.** Для оптимизации регионального сортимента рекомендуются отечественные сорта Прикубанское, Ренет Кубанский, Память есаулу, Золотая корона, зарубежной селекции – Ред Чиф и Пинова, характеризующиеся устойчивостью к стрессорам окружающей среды, высокой продуктивностью и товарными качествами плодов, для создания промышленных садов интенсивного типа и использования в любительском садоводстве.

### Библиографический список

1. Иваненко Е.Н. Состояние и перспективы развития садоводства в Астраханской области / Е.Н. Иваненко, В.А. Зайцева, Л.В. Попова // Материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием: Проблемы и перспективы устойчивого развития садоводства. Махачкала, 2015. С. 29-33.

2. Попова Л.В. Адаптивный потенциал сорто-подвойных комбинаций яблони в условиях Астраханской области / Л.В. Попова, Е.Н. Иваненко // Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2016. № 39 (3). С. 12-26.

3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова, Т.П. Огольцова. Орел: Изд-во ВНИИСПЛ, 1999. С. 46-47.

4. Желудков И.А. Сорта груши, выделенные по хозяйственно-ценным признакам в Ставропольском крае // Высокоточные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод: материалы междунар. науч.-практ. конф. 7-10 сент. 2010 г. Краснодар, 2010. С. 106-109.

## МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА К ВОДНОМУ СТРЕССУ

*Набиев С.М., Хамдуллаев Ш.А.,  
Матниязова Х.Х., Усманов Р.М.*

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

*Nabiev S.M., Khamdullaev Sh.A.,  
Matniyazova H.H., Usmanov R.M.*

*Institute of Genetics and Plant Experimental Biology of the Academy  
of Sciences Republic of Uzbekistan Tashkent Region, Kibray district,  
p/o Yukori-Yuz*

В статье приведены результаты исследований по изучению морфофизиологических особенностей адаптации хлопчатника к водному стрессу. Выявлено наличие индивидуальной генотипической реакции сортов и гибридов хлопчатника по морфофизиологическим признакам на недостаточную водообеспеченность, определены наиболее лабильные и стабильные признаки при водном стрессе. Показана роль условий водоснабжения при получении семенного материала на засухоустойчивость растений следующего поколения.

**Ключевые слова:** хлопчатник, сорт, гибрид, признак, водный стресс, реакция.

The article presents the results of research on the study of morphophysiological features of cotton adaptation to water stress. The presence of an individual genotypic reaction of varieties and hybrids of cotton on the basis of morphophysiological signs of insufficient water availability was revealed, the most labile and stable signs were found under water stress. The role of water supply conditions in obtaining seed for drought resistance of plants of the next generation is shown.

**Keywords:** cotton, variety, hybrid, sign, water stress, reaction.

**Введение.** Хлопчатник в Узбекистане является орошаемой сельскохозяйственной культурой. Недостаток поливной

воды в республике требует создания сортов, экономно и эффективно использующих воду. Для решения этой проблемы необходимо проведение исследований по изучению реакции сортов, линий и гибридов хлопчатника к водному дефициту как по хозяйственно-ценным, так и морфофизиологическим признакам, для их использования в генетико-селекционном процессе данной культуры.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований служили сорта хлопчатника вида *G. hirsutum* L. и их гибриды F<sub>1</sub>. Семена сортов и гибридов были посеяны на двух фонах водного режима – в условиях оптимальной водообеспеченности, при схеме полива 1:2:1 и в условиях недостаточной водообеспеченности, при схеме полива 1:1:0. Моделируемая засуха была создана сокращением количества поливов в период вегетации. Высота растений определена путем измерения линейкой, а физиологические показатели по общепринятым методикам в фазе цветения-плодообразования растений одновременно при двух вариантах водного режима, когда влажность почвы на фоне оптимального водоснабжения составила 70-72 %, а на фоне недостаточного водоснабжения – 48-50 % от предельной полевой влагоемкости (ППВ) почвы.

В исследовании использованы общепринятые методы определения физиологических параметров водообмена растений: оводненность листьев по Н. Третьяков с соавт. [1], вододерживающая способность листьев по М. Кушниренко с соавт. [2], интенсивность транспирации листьев по А. Иванов с соавт. [3]. Флуоресценция хлорофилла была измерена на приборе РААМ-2000 (Швейцария).

**Результаты и их обсуждение.** В условиях водного дефицита все сорта и гибриды хлопчатника существенно снизили высоту главного стебля, что свидетельствует о сильной чувствительности данного признака к недостатку почвенной влаги. На фоне оптимальной водообеспеченности все местные сорта с обычными (пальчато-дольчатыми) листьями в боль-

шинстве случаев содержали больше воды, чем рассечённо-листные интродуцированные сорта. Гибриды по показателю данного признака уклонялись в сторону сортов с низким содержанием воды. При водном дефиците оводнённость листьев у всех генотипов снизилась, но в различной степени. При этом на разные условия влагообеспеченности слабо реагировали рассеченнолистные сорта из Эфиопии и Австралии, а также местный сорт Юлдуз с обычными листьями, у которых показатели оводнённости были высокими. Сравнительно сильное уменьшение оводнённости листьев отмечено у сортов АН-Чилляки-1, Самарканд-3 и Фархад с обычными листьями.

На неблагоприятном фоне водообеспеченности скороспелые сорта на единицу времени потеряли меньший процент воды, чем среднеспелые. При этом интенсивность испарения не зависела от формы листьев. Скороспелые гибриды также имели высокую водоудерживающую способность листьев, тогда как низкие её значения, т.е. наибольшая потеря воды, отмечены во всех гибридных комбинациях сортов, сильно реагировавших на дефицит почвенной влаги. Недостаток поливной воды привел к снижению биомассы и общей ассимиляционной поверхности у большинства изученных сортов и линий хлопчатника.

При недостаточном водоснабжении у всех изученных генотипов наблюдалось повышение флуоресценции хлорофилла от 0,7 % (у сортов Орзу и АН-Баяут-2) до 3,9 % у сорта Диёр (табл. 1). Следует отметить, что повышение флуоресценции хлорофилла в условиях недостатка воды указывает на снижение интенсивности фотосинтеза, так как снижается эффективность использования ФАР (фотосинтетически активной радиации) вследствие повышения отражения света (флуоресценции) хлорофиллом.

По сравнению с оптимальным водоснабжением в условиях недостаточной водообеспеченности у всех изученных генотипов наблюдалось снижение интенсивности транспирации листьев, т.е. недостаток влаги в почве сильно отрицательно



влият на водный обмен растений сортов и F<sub>1</sub>. Увеличение толщины листьев можно рассматривать как важный анатомо-морфологический механизм адаптации к недостатку воды. Число устьиц на нижней эпидерме листа всегда больше, чем на верхней, независимо от условий полива. При водном дефиците число устьиц на единицу площади листа (мм) уменьшается почти в два раза, большая их часть остается открытыми, число волосков увеличивается, а число эпидермальных клеток на обеих сторонах эпидермы изменяется различно.

Таблица 1

**Флуоресценция хлорофилла у сортов хлопчатника  
в разных условиях водоснабжения**

| №                 | Сорта и линии | Интенсивность флуоресценции хлорофилла, микроль/м <sup>2</sup> -с |       |
|-------------------|---------------|---|-------|
|                   |               | ОФ  | МЗ    |
| 1                 | Орзу          | 0,757   | 0,762 |
| 2                 | Купайсин      | 0,693   | 0,710 |
| 3                 | Диёр          | 0,679   | 0,707 |
| 4                 | Гульсара      | 0,742   | 0,756 |
| 5                 | Навбахор      | 0,749   | 0,769 |
| 6                 | АН-Баяут-2    | 0,704   | 0,727 |
| 7                 | Л-38          | 0,696   | 0,718 |
| 8                 | Л-45          | 0,681   | 0,693 |
| 9                 | Л-49          | 0,707   | 0,718 |
| НСР <sub>05</sub> |               | 0,21  | 0,29  |

*Примечание:* ОФ – оптимальная водообеспеченность; МЗ – моделируемая засуха.

В другом полевом опыте гибридные семена F<sub>0</sub> были получены путем скрещивания исходных форм хлопчатника как в условиях оптимального водоснабжения, так и в условиях почвенной засухи. Далее семена F<sub>0</sub>, полученные в условиях оптимального водоснабжения (контрольный вариант), разделили на две части, посеяв их как на фоне оптимального водоснабжения, так и на фоне почвенной засухи (первый вариант опыта). А семена F<sub>0</sub>, полученные в условиях почвенной засухи, посеяли только на фоне недостаточного водоснабжения

(второй вариант опыта). Большинство сортов и комбинаций F<sub>1</sub> на фоне засухи имели более высокую продуктивность при получении семян в условиях засухи из-за включения защитно-приспособительных механизмов уже в период формирования семян в условиях засухи и их закалки.

**Заключение.** Анализ полученных результатов показывает, что к условиям ограниченной водообеспеченности наиболее чувствительными являются высота растений, интенсивность транспирации и водоудерживающая способность листьев; испытывающими угнетение средней степени являются крупность коробочек, менее чувствительными оказались длина вегетационного периода и оводнённость листьев. Возрастание водоудерживающей способности листьев и их утолщение при недостатке почвенной влаги являются защитными реакциями генотипов на водный стресс. Недостаток поливной воды привел к существенному снижению биомассы у большинства изученных сортов и гибридов. При недостаточном водоснабжении у всех изученных генотипов наблюдалось повышение флуоресценции хлорофилла, что указывает на снижение интенсивности фотосинтеза при наличии данного стрессового фактора. Для увеличения адаптивного потенциала хлопчатника на засухоустойчивость нами предлагается использование показателя водоудерживающей способности листьев как одного из критериев устойчивости к водному дефициту, а также метода получения семян в условиях засухи, для дальнейшего их посева как в регионах с ограниченным ресурсом воды, так и в маловодные годы.

### **Библиографический список**

1. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.
2. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Бондарь Е.М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев, 1970. 79 с.

3. 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.

DOI: 10.22363/09358-2019-90-93

УДК 633.18.631.52:631.523

## **АМИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРТОВ РИСА, ВЫРАЩЕННЫХ В КРАСНОАРМЕЙСКОМ РАЙОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В 2017 И 2018 ГГ.**

*Папулова Э.Ю., к.б.н., с.н.с.,*

*Лоточникова Т.Н., к.б.н., в.н.с., Карамов А.С., соискатель*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт риса»,  
elya888.85@mail.ru*

*FSBSI «All-Russian Rice Research Institute»*

Сорт Велес показал низкую реакцию на изменяющиеся условия выращивания по амилографическим характеристикам. Сорт стандарт Рапан и сорт Яхонт претерпели наибольшую изменчивость по параметру «максимальная вязкость».

Variety Veles had shown a low response to changing growing conditions according to amylographic characteristics. Standard check variety Rapan and variety Yakhont have undergone the greatest variability in the most important parameter “maximum viscosity”.

Рисовая крупа является одной из самой востребованных в Российской Федерации, она занимает на полках магазинов среди других круп 29 % [3]. В Краснодарском крае, основном рисопроизводящем регионе России, выращивается более 80 % отечественного зерна риса. Рис производят в Абинском, Калининском, Красноармейском, Крымском, Северском, Славянском, Темрюкском районах и в г. Краснодаре.

Красноармейский район является лидером по посевным площадям и объему выращивания риса. В районе сосредоточено порядка 40 % посевов культуры, что составляет более 48 тыс. га. Около 40 % всего урожая зерна риса на Кубани приходится на Красноармейский район, что составляет в среднем 330 тыс. тонн [2].

Климат края умеренно-континентальный. Температурный режим в зоне рисосеяния во время вегетации риса, подвергаясь изменчивости, вносит значительные коррективы в его урожайность и качество [4].

Качество риса определяется сложным комплексом биологических, химических и технологических показателей. Одними из основных признаков, отвечающих за качество риса, потребительские достоинства рисопродуктов и позволяющих рекомендовать крупу для определенного вида блюд, являются амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна риса.

**Цель исследований** – изучение изменчивости амилографических характеристик зерна сортов риса, выращенных в Красноармейском районе в 2017 и 2018 гг.

**Материалом исследований** служили новые сорта риса из экологического сортоиспытания, переданные в госсортоиспытание, – Велес, Эльбрус, Яхонт; сорт Ежик и сорт Рапан (стандарт), выращенные в ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А.И. Майстренко. Амилографические характеристики крахмальной дисперсии определяли на микровискоамилографе Brabender.

**Результаты исследований.** Изучены почвенно-климатические условия выращивания, технологические приемы и сроки уборки, оказывающие значительное влияние на содержание углеводов в эндосперме риса и амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна риса [1], а также определены основные параметры вязкости. Полученные данные представлены в табл. 1.

**Амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна  
сортов риса, выращенных в Красноармейском районе,  
урожай 2017 и 2018 гг.**

| Сорт      | Год  | Максимальная<br>вязкость, Ед. Бр. | Вязкость в конце<br>периода охлаждения,<br>Ед. Бр. | Градиент<br>вязкости, % |
|-----------|------|-----------------------------------|--|-------------------------|
| Рапан, st | 2017 | 503                               | 871  | 350                     |
|           | 2018 | 429                               | 741  | 331                     |
| Велес     | 2017 | 471                               | 770  | 276                     |
|           | 2018 | 486                               | 763  | 290                     |
| Ежик      | 2017 | 542                               | 884  | 306                     |
|           | 2018 | 492                               | 764  | 301                     |
| Эльбрус   | 2017 | 391                               | 674  | 280                     |
|           | 2018 | 347                               | 490  | 159                     |
| Яхонт     | 2017 | 495                               | 839  | 309                     |
|           | 2018 | 595                               | 858  | 315                     |

Амилографические параметры сорта стандарта Рапан, сортов Ежик и Эльбрус в 2018 г. снизились по всем показателям. Максимальная вязкость – на 74, 50 и 44 Ед. Бр. соответственно. Вязкость в конце периода охлаждения снизилась на 130, 120 и 184 Ед. Бр. соответственно. Градиент вязкости – на 19, 5 и 121 Ед. Бр. соответственно. Показатели вязкости сорта Велес имели незначительные изменения по всем параметрам. Максимальная вязкость находилась в пределах от 471 до 486 Ед. Бр., вязкость в конце периода охлаждения от 763 до 770 Ед. Бр., градиент вязкости от 276 до 290 Ед. Бр. Все амилографические характеристики сорта Яхонт повысились в 2018 г. Максимальная вязкость – на 100 Ед. Бр., вязкость в конце периода охлаждения – на 19 Ед. Бр., градиент вязкости – на 6 Ед. Бр.

**Выводы.** Важнейший показатель сорта в селекционном процессе – стабильность признаков качества зерна. Сорт Велес показал низкую реакцию на изменяющиеся условия выра-

щивания по амилографическим характеристикам. Сорт стандарт Рапан и сорт Яхонт претерпели наибольшую изменчивость по важнейшему параметру «максимальная вязкость».

### **Библиографический список**

1. Коротенко Т.Л. Селекционная оценка высоко- и среднеамилозных образцов генофонда риса для формирования признаковой коллекции / Т.Л. Коротенко, В.С. Ковалев, И.И. Супрун // Рисоводство. 2017. № 34. С. 6–13.

2. Малышева Н.Н. Экономическая оценка эффективности выращивания риса в Краснодарском крае / Н.Н. Малышева, С.А. Тешева // Современные научные исследования: исторический опыт и инновации: сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2015. С. 108–111.

3. Туманьян Н.Г. Показатели признаков качества зерна риса подвидов *indica* и *japonica* коллекционных образцов российской и зарубежной селекции / Туманьян Н.Г., Зеленский Г.Л., Ольховая К.К., Остапенко Н.В., Кумейко Т.Б. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2013. № 94 (94). С. 996–1005.

4. Шиловский В.Н. Изменчивость погодных условий и технологические качества зерна риса / В.Н. Шиловский, В.Я. Рубан // Рисоводство. 2008. № 13. С. 24–27.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ВИДОВ РОДА *ROSA L.* К УСЛОВИЯМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

*Сабарайкина С.М., к.б.н., с.н.с.*

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,  
Якутск, 677007, пр. Ленина 41, sabaraikina@mail.ru*

В статье обобщены и представлены результаты по сравнительной характеристике сезонной ритмики и водообмена видов рода *Rosa L.* Полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать виды *R. beggeriana* Schrenk, *R. glabrifolia* С.А. Меу. ex Rupr., *R. amblyotis* С.А. Меу. для возделывания в условиях Центральной Якутии.

В Якутском ботаническом саду с 1954 г. испытывалось 84 вида, 12 сортов и 11 форм шиповников [1; 4]. Естественно произрастает 4 вида шиповника – *Rosa acicularis* Lindl.; *R. amblyotis* С. А. Меу. (*R. amblyotis* subsp. *jakutica* (Juz.) Worosch); *R. davurica* Pall.; *R. majalis* Herrm., ареал которых охватывает Центральный, Верхне-Ленский, Алданский флористические районы Якутии [2].

Цель исследования заключалась в выявлении особенностей сезонной ритмики и водного режима видов рода *Rosa L.* в связи с адаптацией к экстремальным условиям произрастания.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследования являлись 8 видов рода *Rosa L.*, произрастающие на опытных участках Якутского ботанического сада (ЯБС). *Rosa acicularis* (Усть-Майский, Хангаласский районы), *R. amblyotis* (Олекминский район). Из инорайонных видов изучены *R. amblyotis* С. А. Меу. (Москва), *R. majalis* Herrm. (Кировск), *R. beggeriana* Schrenk (Барнаул), *R. glabrifolia* С.А. Меу. ex Rupr. (Москва), *R. rugosa* Thunb. (Архангельск), произрастающие более 10 лет. И виды *R. spinossisima* (Польша), *R. helenae* Rehder. (Франция), *R. woodsii* var *ultramantana* (Таранд),

*R. woodsii* Lindl. (Польша), посеянные семенами с 2013 г. *R. rugosa* «*alba*» Thunb. (Москва) и *R. rugosa* «*rubra*» Thunb. (Москва), были привезены саженцами.

Фенологические фазы вегетации изучали согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [5]. Зимостойкость определяли по модифицированной шкале зимостойкости Лапина П.И., Сидневой С.В. [3]. Оводненность листьев устанавливалась высушиванием в сушильном шкафу взятых образцов до постоянного веса при температуре +105 °С. Для характеристики погодных условий были использованы данные датчиков ТРВ-2К.

**Результаты исследования.** Абсолютные значения зимних среднемесячных температур за период 2017-2018 г. колебались по отношению к среднемноголетним значениям. Отклонение от нормы в сторону повышения температуры составляло 2–6 °С, температура находилась в пределах -37,1 – -42,8 °С, влажность воздуха составляла 88–90 %. Снежный покров составлял 45–60 см. Особыми погодными условиями отличался апрель, когда с 14 апреля температура установилась выше +5 °С, чего не наблюдалось ранее. Устойчивый переход наступил с 21 апреля. Тем не менее, резкие колебания температур продолжались до 20 мая (ср. знач. 2 мая – +5 °С, 3 мая – -2 °С; 13 мая – +11 °С). Заморозков не отмечено. Таким образом, количество дней, благоприятных для вегетации, составило 162 дня. После долгой зимы почва полностью прогрелась до +5 °С с 9 мая. Осенью устойчивое понижение ниже +5 °С в почве отмечено с 29 сентября. Осадки характеризуются неравномерностью выпадения по месяцам. 2018 г. является дождливым – в мае, июле и сентябре осадки превысили норму в 2 раза.

В результате весенней инвентаризации наблюдались подмерзания однолетних побегов у *R. rugosa* «*alba*» и «*rubra*», *R. helenae*, *R. woodsii* var *ultramantana*.



Анализ феноритмики шиповников выявил, что *Rosa acicularis* имеет ранний ритмотип, *R. hugonis*, *R. helenae* – поздний.

Начало вегетации *Rosa acicularis* отмечено с 3 мая, массово отмечено во второй декаде мая. Позднее – 24 мая – у *R. hugonis*, *R. rubiginosa*, *R. helenae*. Цветение зафиксировано с I декады июня по I декаду июля. Ранним цветением характеризуется *R. acicularis* с 6 июня, поздним *R. rugosa* «*alba*» (Москва) 2–3 августа. При затяжной осени отмечено повторное цветение *R. acicularis*. Созревание плодов отмечено со II декады августа по III декаду сентября. При этом накапливается от 1836 до 2008 °С тепла. Раннее начало периода созревания плодов отмечено у *R. acicularis*, позднее у инорайонного вида *R. rugosa* «*alba*» и «*rubra*». Листопад отмечен с 21 сентября. Все инорайонные виды шиповников уходят в зиму с листьями и недозрелыми побегами. Вегетационный период в условиях Якутии у местных видов шиповника составил 165 дней, инорайонных – 122-140 дней.

Исследования сезонных изменений водного содержания побегов у видов рода *Rosa* L. выявило как сходства, так и ряд различий между местными и инорайонными видами. Так, например с первой декады августа по третью декаду сентября оводненность побегов местных видов шиповника снижается (с 84 до 62 %), что является одним из показателей повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды. У инорайонных видов в конце сентября содержание воды в побегах составляло 71-76 %, при этом максимальное содержание отмечено в верхней, менее вызревшей части побега. Это служило причиной значительного вымерзания однолетних побегов у *R. rugosa* «*alba*» и «*rubra*», *R. helenae*, *R. woodsii* var *ultramantana*. Тенденции снижения воды в побегах отмечены только у видов *R. amblyotis*, *R. majalis*, *R. beggeriana*, *R. glabrifolia* до 69 %. В зимний период растения находятся в покое, что определяет уровень низкого испарения воды. Так, с декабря по февраль содержание воды у исследованных видов составляло

60 % у местных и 70-74 %, у инорайонных видов. В марте, в результате резких перепадов атмосферных температур, происходит снижение до 50-65 %. С конца апреля содержание воды повышается до 55-68 %.

Максимальное содержание воды в побегах местных видов шиповников наблюдалось в период с июня по август (77,31-79,38 %), а у инорайонных видов – с июля по октябрь (78,61-80,19 %). С августа у местных видов шиповников началось снижение значений этого параметра, причем динамика изменений была плавной и растянутой во времени, с достижением минимального уровня в октябре. В отличие от них, у инорайонных видов снижение значений сильно запаздывало, проходило ускоренными темпами, не успевая к полному оттоку воды в межклетники к моменту наступления сильных холодов.

#### **Выводы:**

1. В условиях Центральной Якутии средняя продолжительность периода вегетации шиповников составляет 122-165 дней при накоплении суммы эффективных температур 1922-2121 °С.

2. Ритм развития испытанных видов шиповников вполне соответствует ритму климатических и погодных условий Якутии.

3. Изучение сезонной динамики выявило значительную зависимость от индивидуальных биологических особенностей отдельных индивидов, степени осенне-зимней подготовленности кустов, хода нарастания суммы активных температур, влажности почвы и воздуха.

4. Высокий адаптивный потенциал отмечен у видов *R. amblyotis* С. А. Меу. (Москва), *R. majalis* Herrm. (Кировск), *R. glabrifolia* С.А. Меу. ex Rupr. (Москва), *R. spinosissima* (Новосибирск), *R. beggeriana* Schrenk., полученных из семян.

### **Библиографический список**

1. Каталог растений Якутского ботанического сада / Данилова Н.С., Коробкова Т.С., Егорова П.С. и др. Новосибирск: Наука, 2012. Т. 1. 163 с.
2. Конспект флоры Якутии: Сосудистые растения / сост. Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова. Новосибирск: Наука, 2012. 272 с.
3. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений. М.: ГБС АН СССР, 1973. С. 7-67.
4. Петрова А.Е., Назарова Е.И., Романова А.Ю. Интродукция деревьев и кустарников в Центральной Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. 269 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. 608 с.

**УЧАСТИЕ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ  
ВО ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ РАСТЕНИЙ  
С ПАРАЗИТИЧЕСКИМИ НЕМАТОДАМИ  
(НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ТОМАТЫ–ГАЛЛОВАЯ  
НЕМАТОДА *MELOIDOGYNE INCOGNITA*).**

**Удалова Ж.В.<sup>1</sup>, Займль-Бухингер В.В.<sup>2</sup>,  
Матвеева Е.М.<sup>2</sup>, Зиновьева С.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
119071, Москва, Ленинский пр., 33,  
udalova.zh@rambler.ru, zinovievas@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт биологии Карельского научного центра РАН,  
185000, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11*

**THE PARTICIPATION OF PROTEINASE INHIBITORS  
IN PLANT RELATIONSHIPS WITH PARASITIC  
NEMATODES (FOR EXAMPLE,  
THE TOMATO – THE ROOT-KNOT NEMATODE  
*MELOIDOGYNE INCOGNITA*)**

<sup>1</sup> *Institute Problem Ecology and Evolution by A.N. Severtsov RAS*

<sup>2</sup> *Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS*

В работе показано, что изменение экспрессии генов ингибиторов протеиназ (ИП) и их активность во время паразитирования в корне томатов, а также повышенная активность этих генов при действии СК и ЖК коррелирует с изменением показателей их морфофизиологического состояния (размеры, плодовитость). На примере восприимчивых растений, праймированных СК и ЖК, наибольшая экспрессия генов ИП и их активность наблюдается во время активного питания нематод и откладки яиц. Активность сериновых ИП в корнях растений томатов коррелирует с уменьшением плодовитости галловой нематоды. Этот факт, по-видимому, может быть одной из причин угнетения нематод и одним из защитных механизмов растений в ответ на инвазию.

It was shown that a change in the expression of PI genes and their activity during parasitization in the tomato root, as well as an increased activity of these genes under the action of salicylic and jasmonic acids, correlates with changes

in their morphophysiological state (size, fertility). Using the example of susceptible plants primed with CA and JA, the greatest expression of PI genes and their activity is observed during active feeding of nematodes and egg laying. The activity of serine PIs in the roots of tomato plants correlates with a decrease of fertility of the root-knot nematode. This fact, apparently, can be one of the reasons for the suppression of nematodes and one of the plant defense mechanisms in response to invasion.

Нематоды рода *Meloidogyne* являются облигатными паразитами, экономический ущерб от которых во всем мире составляет ежегодно около 80 млрд евро в год (Elling, 2013). Наиболее распространенным и экономически значимым видом этого рода является *Meloidogyne incognita*, поражающая более 1700 видов растений различных семейств. Основными факторами патогенеза, изменяющих клеточную структуру и функцию хозяина, являются секреторные выделения пищеводных желез, среди которых присутствуют белки и другие биологически активные молекулы (эффекторы). Значительную часть этих эффекторов составляют протеиназы – повсеместно распространенные протеолитические ферменты, которые расщепляют внутренние пептидные связи белков и пептидов.

Расшифровка генома *M. incognita* предоставила огромный источник данных, позволяющих лучше понять роль эффекторов в паразитизме нематод. В дополнение к уже известным функциям, таким как обычное усвоение белков для питания, было установлено, что протеиназы участвуют во многих аспектах морфогенеза и физиологии клеток растений, в деградации защитных белков растений (Vieira et al., 2011), а также в специализированных физиологических процессах нематод, таких как линька (Craig et al., 2007) и эмбриогенез (Hashmi et al., 2002).

Выявлены значительные различия в активности протеиназ различных типов на всех этапах развития нематод, что указывает на их различные функции в процессе онтогенеза.

Активность протеиназ регулируется соответствующими ингибиторами (ИП). Известно, что локальная и системная аккумуляция ИП является компонентом защитного ответа, инициируемого поранением, воздействием вредителей или патогенов, который контролируется каскадами сигнальной трансдукции и в конечном итоге регулирует транскрипцию генов, кодирующих эти белки (Ryan, 2000).

На сегодняшний день исследования ИП в ответе растений на заражение фитопаразитическими нематодами в системе нематода–растения малочисленны, а данные об их роли в развитии взаимоотношений противоречивы. При исследовании роли ИП во взаимоотношениях растений и нематод наибольший интерес вызывают цистеиновые и сериновые ингибиторы. Это связано с двумя факторами: во-первых, они относятся к основному типу стресс-зависимых ингибиторов протеиназ растений (Мосолов, Валуева, 2005), а во-вторых, подавление развития нематод на трансгенных растениях связано с генами, экспрессирующими ингибиторы именно этих протеиназ.

Проведенные исследования показали, что в корнях устойчивых и восприимчивых растений томата до момента заражения уровень экспрессии обоих исследованных генов незначителен. Заражение вызывало повышение активности исследуемых генов в корнях устойчивых растений, при этом максимальная экспрессия генов ингибиторов цистеиновой и сериновой протеиназ отмечена в период питания нематод; у восприимчивых растений отмечено снижение экспрессии генов ИП в период питания личинок нематоды (с 7-х по 18-е сутки).

Установлено влияние салициловой (СК) и жасмоновой кислот (ЖК) на экспрессию ИП в корнях растений томата при заражении галловой нематодой. Выявлены различия в экспрессии генов ИП между устойчивыми и восприимчивыми растениями. В устойчивых растениях, обработанных ЖК, инвазия вызывала быстрое повышение экспрессии генов цистеиновых протеиназ с постепенным снижением экспрессии гена

до уровня контрольных растений. При заражении праймированных ЖК восприимчивых растений отмечено сохранение тенденции к повышению активности гена до 7-х суток, после чего активность гена снижалась. Обработка растений ЖК оказывает более сильное влияние на экспрессию генов ИП по сравнению с СК. При заражении ответная реакция восприимчивых растений, обработанных СК и ЖК, похожа на таковую у устойчивых растений и проявляется в изменении активности ИП в корнях – места непосредственного проникновения и жизнедеятельности нематоды и, соответственно, основного участка проявления иммунных реакций.

Наши данные показали, что изменение экспрессии генов ИП и их активность во время паразитирования в корнях томатов, а также повышенная активность этих генов при действии СК и ЖК коррелируют с изменением показателей их морфофизиологического состояния (размеры, плодовитость). На примере восприимчивых растений, праймированных СК и ЖК, показано, что наибольшая экспрессия генов ИП и их активность наблюдаются во время активного питания нематод и откладки яиц. Активность сериновых ИП в корнях растений томатов коррелирует с уменьшением плодовитости галловой нематоды. Это позволяет сделать предположение, что именно этот факт может быть одной из причин угнетения нематод и одним из защитных механизмов растений в ответ на инвазию.

Известно, что ингибиторы протеолитических ферментов активно используются для создания трансгенных растений. Наши данные показали, что предпочтение в этом случае, возможно, следует отдать ингибиторам цистеиновых и сериновых протеиназ, возрастание активности которых в тканях растений при инвазии и выявленная связь с показателями жизнедеятельности нематод свидетельствуют об их защитной роли.

## Библиографический список

1. Мосолов В.В., Валуева Т.А. Ингибиторы протеиназ в биотехнологии растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т. 44. № 3. С. 261-269.
2. Craig H., Isaac R.E., Brooks D.R. Unravelling the moulting degradome: new opportunities for chemotherapy? // Trends Parasitol. 2007. V. 23. P. 248-253. doi:10.1016/j.pt.2007.04.003. PubMed: 17459772.
3. Elling A.A. Major emerging problems with minor Meloidogyne species // Phytopathology. 2013. V. 103. P. 1092–1102. doi: 10.1094/PHYTO-01-13-0019-RVW.
4. Hashmi S., Britton C., Liu J., Guiliano D.B., Oksov Y. et al. Cathepsin L is essential for embryogenesis and development of *Caenorhabditis elegans* // J. Biol. Chem. 2002. V. 277. P. 3477-3486. doi:10.1074/jbc.M106117200. PubMed: 11707440.
5. Ryan C.A. The systemin signaling pathway: differential activation of plant defensive genes // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Protein Structure and Molecular Enzymology. 2000. V. 1477. N 1-2. P. 112-121. URL: [https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(99\)00269-1](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(99)00269-1).