

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ, БИОТЕХНОЛОГИИ И  
ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»**

**АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «РАСТЕНИЕВОДСТВО, СЕЛЕКЦИЯ И ГЕНЕТИКА»**

**Инновационные технологии  
создания и возделывания  
сельскохозяйственных растений**



Сборник статей IV Национальной научно-практической конференции,  
посвященной 150-летию со дня рождения Г.К. Мейстера

**20 апреля 2023 г.**

**г. Саратов**

УДК 631.4  
ББК 41  
И 66

**И 66 «Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений»:** Сборник статей IV Национальной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Г.К. Мейстера. – 20 апреля 2023 г. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет – 247 с.

В сборнике представлены материалы IV Национальной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Г.К. Мейстера.

Материалы отражают современное положение и тенденции развития технологий создания и возделывания сельскохозяйственных культур.

Сборник адресован преподавателям, ученым, аспирантам и обучающимся по агрономии, селекции и генетики растений, семеноводству основных сельскохозяйственных культур.

Материалы изданы в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

канд. с.-х. наук, доцент *О.В. Ткаченко*;  
канд. географ. наук, доцент *В.В. Нейфельд*;  
канд. с.-х. наук, доцент *Н. В. Рязанцев*

УДК 631.4  
ББК 41

Научная статья

УДК 929

О.В. Ткаченко

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ГЕОРГИЙ КАРЛОВИЧ МЕЙСТЕР: ИСТОРИЧЕСКАЯ ЛИЧНОСТЬ, УЧЕНЫЙ, ОРГАНИЗАТОР НАУКИ**

Аннотация. Статья посвящена 150-летию со дня рождения видного русского и советского ученого селекционера растений Г.К. Мейстера. В статье содержится краткое описание биографии Георгия Карловича, основных научных достижений и вклада в развитие селекции растений.

Ключевые слова: Георгий Карлович Мейстер, биография, селекция растений

O.V. Tkachenko

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **GEORGY KARLOVICH MEISTER: HISTORICAL PERSONALITY, SCIENTIST, ORGANIZER OF SCIENCE**

Annotation. The article is devoted to the 150th anniversary of the birth of the prominent Russian and Soviet scientist plant breeder G.K. Meister. The article contains a brief description of the biography of Georgy Karlovich, the main scientific achievements and contribution to the development of plant breeding.

Keywords: Georgy Karlovich Meister, biography, plant breeding

В 2023 г. исполняется 150 лет со дня рождения выдающегося ученого, организатора науки и образования, одного из основоположников Саратовской селекционной школы академика ВАСХНИЛ, ее вице-президента и и.о. президента, доктора биологических наук, профессора, Георгия Карловича Мейстера. Драматическая судьба и колоссальный труд этого человека заслуживают особого интереса со стороны современных исследователей.

Георгий Карлович родился в Москве 15 апреля 1873 г. в семье выходца из Германии мастера портняжного дела Карла Егоровича Мейстера (1838-1900 гг.). Оба сына Карла Егоровича: старший Александр Карлович (1865-1938 гг.) и младший Георгий Карлович, – выбирают ремеслом своей жизни науку. Но в отличие от старшего брата, ставшего географом, младший выбирает агрономию. Он окончил Ново-Александринский Институт сельского хозяйства в 1897-м году и с 1903 года поступил на должность уездного агронома Балашовского уезда Саратовской губернии. Благодаря таланту и организаторским способностям Георгий Карлович добился в 1907 году создания Балашовской опытной станции. Под руководством Георгия Карловича Балашовская станция стала образцовым научно-исследовательским учреждением. С 1909 г. здесь развернулись работы по селекции зерновых и кормовых культур: яровой и озимой пшеницы, яровой ржи, проса, кукурузы, гороха, чечевицы и др. Путем отбора из местных сортов к 2025 году были созданы ценные сорта озимой пшеницы Лютеценс 329, Лютеценс 1060/10 и Гостианум 237, а также сорта кукурузы Спассовская и чечевицы Спассовская улучшенная. В своей автобиографии он писал: «По-видимому, в России я первый начал работать по селекции пшениц и не могу не заметить, что на пути этой работы имелось немало трудностей».

Но успехи в работе принесли Георгию Карловичу заслуженный авторитет среди ученых-растениеводов и селекционеров. Основоположник саратовской селекции Александр Иванович Стебут рекомендовал Г.К. Мейстера в 1914 году на должность заведующего Селекционным Отделом Саратовской Станции. Но Первая мировая Война и Революция вмешались в планы ученого и приступить к полноценной работе Георгию Карловичу удалось только в 1918 году. С 1920 по



1925 год Георгий Карлович возглавлял Саратовскую станцию. С 1918 года он организует при Станции семхоз, а в 1924 году Госсемкультуру, включающую три семхоза.

К этому времени основным методом создания сортов злаков стали отбор и внутривидовая гибридизация, позволившие добиться значительных успехов. В 1927 г. Мейстер был командирован на 6 месяцев в заграничную поездку для ознакомления с постановкой генетического и селекционного дела в Северной Америке и Швеции. Он привез в Саратов семена сортов, устойчивых к ржавчине и полеганию. Это послужило импульсом для А.П. Шехурдина к развитию направления селекции яровой мягкой пшеницы на продуктивность и устойчивость к болезням. Но ознакомившись с результатами селекции по всем культурам, Георгий Карлович разворачивает новое направление работы: межвидовые скрещивания между твердой и мягкой пшеницами, пшеницы с рожью, пыреем и житняком. Метод межвидовой и межродовой гибридизации стал основным для Мейстера в последующие годы. Основой селекционной работы стали не только экспериментальная гибридизация, но разработка теоретических основ биологии культурных и диких злаков, в том числе изучение хромосомных наборов родительских форм и полученных гибридов от скрещивания.

Успехи в работе по отдаленной гибридизации Мейстера отмечал Н.И. Вавилов, хотя на первых порах он высказывал сомнения в практическом значении результатов работы. Однако, в результате почти двух десятилетий отборов из популяций от скрещивания сорта Полтавка (мягкая пшеница) с сортом Белотурка (твердая пшеница) были созданы новые сорта яровой мягкой пшеницы Сарроза и Саррубра, которые были районированы в 1931 году, и сорт Саррубра к 1938 г. возделывался на площади свыше 1,3 млн га в основном в засушливых районах Поволжья. Еще большие площади занял сорт Лютесценс 62. На III Всероссийском селекционном съезде в Саратове, на котором Н.И. Вавилов представил свой исторический доклад о законе гомологических рядов наследственной изменчивости, Г.К. Мейстер также представил ряд докладов, в

том числе «О ржанопшеничных гибридах», «Основные принципы организации семенного дела в Саратовской губернии» и др.

После отъезда в 1921 году Н.И. Вавилова в Ленинград Георгий Карлович был приглашен профессором, а затем назначен заведующим кафедрой генетики и селекции Саратовского сельскохозяйственного института (1922-1932 гг.). К этому моменту преподавание генетики и селекции в ВУЗах только начиналось. Сотрудникам кафедры приходилось организовывать образовательный процесс, сочетать учебно-методическую работу с наукой и практикой. В СХИ Мастер читал лекции студентам, писал много популярных статей, учебных пособий. Его перу принадлежат такие выдающиеся работы, как «Ржано-пшеничные гибриды», «Основы учения о наследственности», «Пособие по селекции» и многие другие работы. Г.К. Мастер принимал участие в редактировании журналов «Селекция и семеноводство», «Сельское и лесное хозяйство», «Журнал опытной агрономии Юго-Востока» и др.

Это период жизни Георгия Карловича можно считать самым плодотворным. В автобиографии он сам так описывает свою работу: «Подведу краткие итоги моей работы в Саратове. Состоя директором Областной Опытной Станции, я поднял ее на большую научную высоту, в НКЗ [Народный Комиссариат Земледелия] и агрономических кругах она пользовалась большим авторитетом. Несмотря на крайне тяжелые материальные условия в начале революции, Станция все время расширялась и неизменно шла вперед; при ней был организован семхоз, а позднее Госсемкультура, открыт Отдел Животноводства и Садово-Огородная Станция. Генетика и селекция под моим руководством развилась и окрепла. ... Под моим руководством выведено и введено в культуру хозяйства ряда областей целый ряд сортов яровой и озимой пшеницы, проса, подсолнечника, начаты работы по доннику и ржи и пр. В работе по семеноводству Саратовская Станция была не только пионером этого дела в б. Саратовской губернии, но играла ведущую научную роль в этой области и в НКЗ РСФСР, а позднее и в НКЗ СССР. ... Теория никогда не расходилась здесь с практикой; думается, что в СССР нет ни одного селекционного учреждения,

которое имеет на полях совхозов и колхозов столь большое количество селекционных сортов, как Саратовская Опытная Станция. Впервые в широком размахе поставлены здесь проблемы межвидовой и межродовой гибридизации, как то: скрещивание твердой пшеницы с мягкой, ржи с пшеницей и пшеницы с пыреем. Первой Саратовской Станцией в процессе сортовыведения, и не без успеха, был введен инцухт, на правильные рельсы поставлен вопрос хладостойкости пшениц и пр. Имеется немало научных трудов, некоторые напечатаны и в заграничной прессе. На всех научных съездах и конференциях по генетике и селекции Саратовская Станция занимает видное место. Мною написана книга «Критический очерк основных понятий генетики». ... Станция никогда не замыкалась в своей работе, а всегда вела большую агрикультурную работу, в частности работая и по семеноводству; ее ученики имеются во многих не только в местных, но и центральных учреждениях, вплоть до НКЗ СССР и ВИРа». Всего Мейстером опубликовано около 100 научных работ.

Под руководством Георгия Карловича сформировался уникальный коллектив специалистов в разных областях (генетиков, цитологов, биохимиков, ботаников, физиологов). Вот только некоторые наиболее известные имена: Н.М. Тулайков, Н.В. Цицин, А.П. Шехурдин, В.Н. Мамонтова, Е.М. Плачек, Б.М. Арнольд, Н.Г. Мейстер, А.И. Марушев и другие.

В 1929 году Г.К. Мейстеру было присвоено звание Заслуженного деятеля науки РСФСР. В 1936 году он награжден орденами Ленина и «Знак Почета». С 1935 он стал председателем Секции зерновых, зернобобовых и масличных культур ВАСХНИЛ.

Но в декабре 1936 года состоялась IV-я сессия ВАСХНИЛ. По замечанию В.Н. Сойфер, сессия «...с самого начала превратилась в арену настоящей борьбы. ... ведущие селекционеры страны выступили против лысенкоизма в целом и убожества их теоретической мысли и преувеличений своих практических успехов». Т.Д. Лысенко обещал в рамках «социалистического соревнования» создать за один год 4 сорта пшеницы и получить 50 тонн семян. Он отрицал необходимость многолетнего испытания сортов, в том числе производственного

и Госсортоиспытания. Как честный и ответственный ученый Г.К. Мейстер пытался объяснить, что законы биологии не могут быть изменены в угоду политической конъюнктуры: «Ведь если в современных условиях сорта выводятся в течение 10-12 лет, то «выкрасть» у природы 3-4 года – значит получить громадное достижение. Но говорить о сокращении сроков с 12-10 лет до 5-4-3 лет невозможно». Еще в 1935 году академик Г.К. Мейстер выступил со статьей «Несколько критических замечаний» с научной критикой предложений Лысенко и Презента изменить научные принципы семеноводства. Презент не просто отверг всякую критику, но обозвал сорта и новые формы, полученные самим Мейстером "уродцами", осыпал оскорблениями Мейстера и как ученого и как человека.

Г.К. Мейстер был арестован 11 августа 1937 года. Содержался в Саратовской тюрьме. 21 января 1938 года был «подписан к репрессии по первой категории» и расстрелян в составе списка из 170 человек. На приговоре Военной коллегии Верховного Суда СССР стоят подписи Сталина, Молотова, Кагановича, Ворошилова. Практически одновременно с ним там же были расстреляны академики Н.М. Тулайков и Р.Э. Давид. 26 января 1943 года в Саратовской тюрьме умер Н.И. Вавилов. Ученые, в буквальном смысле кормившие страну, были обвинены в участии в никогда не существовавшей «Трудовой крестьянской партии» и вредительстве в сельском хозяйстве. Все реабилитированы посмертно. Все покоятся в безымянных могилах на Воскресенском кладбище в Саратове.

Но время все расставило на свои места. Научное достояние, созданное Георгием Карловичем Мейстером, не пропало даром. Созданное при его участии селекционное направление продолжает свое существование. Обширное научное наследие является бесценным достоянием отечественной и мировой сельскохозяйственной науки. Многие идеи, практические начинания выдающегося ученого востребованы и успешно применяются до настоящего времени. Ученые Саратовской селекционной школы (ФАНЦ НИИСХ Юго-Востока, РосНИИСК Россорго и ФГБОУ ВО Вавиловский университет) продолжают работу по созданию высокопродуктивных и адаптивных сортов

сельскохозяйственных культур, в том числе на основе метода отдаленной гибридизации. На кафедре растениеводства, селекции и генетики Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии продолжают исследования в области генетики, селекции и семеноводства растений. Работы сотрудников кафедры по отдаленной гибридизации воплотились в сорта озимой тритикале и сорго-суданковых гибридов. Новое поколение студентов изучает принципы селекции растений с учетом достижений агробиологической науки и современных направлений молекулярной генетики и биотехнологии.

#### Список литературы

1. Архив НИИСХ Юго-Востока. Личное дело Г. К. Мейстера № 1174.
2. Бессмертный барак. [Электронный ресурс] – Режим доступа [https://bessmertnybarak.ru/Meyster\\_Georgiy\\_Karlovich/](https://bessmertnybarak.ru/Meyster_Georgiy_Karlovich/) (дата обращения 12.04.2023)
3. Крупнов В.А. Георгий Карлович Мейстер и селекция растений в современных условиях // / Аграрный вестник Юго-Востока. 2013. № 1–2 (8–9).
4. Шухтина М.А, Трускинов Э.В. Мейстер Георгий Карлович [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2022/11/Mejster-Georgij-Karlovich.pdf> (дата обращения 12.04.2023)
5. Мейстер Г.К. Несколько критических замечаний // Селекция и семеноводство. октябрь 1935. № 2 (10). С. 13-16.
6. Сайфуллин Р.Г., Прянишников А.И., Свистунов Ю.С. Мейстер Георгий Карлович (1873–1938) // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2013, Том 17, № 2. С. 368-373.
7. Сойфер В. Н. Власть и наука. [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://coollib.com/b/401280> (дата обращения 12.04.2023)
8. Презент И.И. Дарвин и Тимирязев о биологическом значении близкородственного разведения // Яровизация. 1935. № 3. С. 84-86.

©Ткаченко О.В., 2023

Научная статья

УДК: 633.15

*Д.Д. Бабушкин, Д.П. Волков, С.А. Зайцев, П.Ю. Рожков*

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов, Россия

## **ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУКУРУЗЫ**

*Аннотация.* С широким внедрением в последние годы в сельскохозяйственное производство новых высокопродуктивных гибридов кукурузы, значительно отличающихся между собой биологическими и морфологическими особенностями, роль густоты стояния растений приобретает все большее значение. По мере увеличения густоты стояния растений до определенного предела повышается урожай общей надземной массы и зерна, но относительный выход зерна постепенно снижается. В статье представлены результаты оценки урожайности и качества зеленой массы кукурузы в зависимости от условий выращивания.

*Ключевые слова:* кукурузы, гибрид, зеленая масса, зерно, урожайность

*D.D.Babushkin, D.P. Volkov, S.A. Zaitsev, P.Yu. Rozhkov*

Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

## **INFLUENCE OF PLANT DENSITY ON YIELD AND QUALITY OF CORN**

*Annotation.* With the widespread introduction of new highly productive maize hybrids in recent years into agricultural production, which differ significantly from each other in biological and morphological features, the role of plant density is becoming increasingly important. As the plant density increases up to a certain limit, the yield of the total above-ground mass and grain increases, but the relative yield of grain

gradually decreases. The article presents the results of assessing the yield and quality of corn green mass depending on growing conditions.

*Keywords:* corn, hybrid, green mass, grain, yield

Зерно кукурузы отличается высокими кормовыми достоинствами: 1 кг зерна содержит 1,34 кормовых единиц (в ячмене и овсе соответственно 1,2 и 1,0 кормовых единиц), калорийность зерна 330 ккал, тогда как у пшеницы – 295 ккал. Химический состав зерна, в среднем, имеет следующие показатели (%): сухое вещество – 85-86; белок – 5-9; жир – 4-8; БЭВ – 65-70; клетчатка – 2,5; зола – 1,5, и различные витамины. Зерно бедно незаменимыми аминокислотами (лизин и триптофан), поэтому в комбикорма на основе зерна кукурузы добавляют сою и другие зернобобовые культуры [1, 2]. Переваримость кукурузы достигает 90%, у других злаковых культур этот показатель значительно ниже. Зерно кукурузы пригодно для кормления всех видов животных и птицы, так как является высокоэнергетическим кормом [3].

С широким внедрением в последние годы в сельскохозяйственное производство новых высокопродуктивных гибридов кукурузы, значительно отличающихся между собой биологическими и морфологическими особенностями, роль густоты стояния растений приобретает все большее значение в связи с активизацией посева к усвоению ФАР. По некоторым данным, густота оказывает на урожай большее влияние, чем внесение удобрений [4].

По мере увеличения густоты стояния растений до определенного предела повышается урожай общей надземной массы и зерна, но относительный выход зерна постепенно снижается [5]. Общая и полезная продуктивность каждого отдельного растения в посевах по мере увеличения густоты их стояния постоянно снижается. Снижение полезной продуктивности растения по мере загущения сначала компенсируется увеличением числа растений на единице площади, причем урожай надземной массы и зерна повышается в равной степени. Затем начинается заметное взаимное угнетение растений и урожай снижается (зерна в большей мере, чем надземной массы) [6]. В исследованиях

А.Ф. Дружкина [7] повышение густоты стояния с 40 до 80 тыс. га в условиях Саратовской области приводило к повышению урожайности зеленой и сухой массы всех различных по скороспелости гибридов кукурузы. Загущение посевов до 80 тыс. га позволяло формировать более высокорослые растения кукурузы.

В условиях региона изучением густоты стояния растений кукурузы на зерно и силос занимались до настоящего времени многие исследователи [8, 9, 10]. Единого мнения среди исследователей по вопросу нормы высева не сложилось и их окончательные рекомендации по нормам высевам имеют довольно большой интервал (от 40 до 100 тыс./га) и не учитывают конкретных почвенно-климатических условий и биологических особенностей гибридов кукурузы. В засушливых условиях Саратовской области рекомендуемая густота стояния растений для раннеспелых и среднеранних гибридов и синтетических популяций составляет 50-65 тыс. растений/га; для среднеспелых – 40-55 тыс. растений/га.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в 2020 г. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Посев проведен 6 мая, фаза полных всходов приходилась на 26 мая. В фазу пяти листьев у кукурузы проведена междурядная обработка, а также опрыскивание посевов системным гербицидом Маис (норма препарата 40 г/га, расход рабочей жидкости 250 л/га). Опыт заложен по двухфакторной схеме: Фактор А – синтетическая популяция (гибрид) (РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Инсайд, Цукерка), фактор В – густота стояния растений (45, 65, 85 тыс. раст./га). Площадь делянки – 15,4 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Размещение делянок рендомизированное

**Результаты.** Для получения качественного и богатого урожая также нужно соблюдать севооборот. Каждые 3-4 года рекомендовано менять место посадки культуры. Для посева кукурузы на силос лучше всего подходит черноземная, суглинистая, супесчаная и песчаная почва, с нормальной кислотностью. Для возделывания кукурузы нужно тщательно подготовить почву (таблица 1).



Таблица 1– Технологические приемы возделывания кукурузы на силос

Виды работ	Сроки проведения	Предъявляемые требования
Осенняя вспашка	С конца августа по начало октября	Пласты земли переворачивают, растительные остатки убирают с участка
Первое боронование	Первые числа апреля	Глубина рыхления 4 см
Второе боронование и культивация	Апрель	Глубина возделывания 15 см, подрывание сорняков, культивация проводится на глубину 5 см
Посев	С 5-10 мая	Подготовка семян
Боронование до всходов	Через неделю после посева	Рыхление верхнего слоя почвы
Боронование по всходам	В 20-х числах мая	Рыхление и уничтожение сорняков
Обработка грядок от сорняков и обработка гербицидами	По мере разрастания	Обработку проводят препаратами, которые разводят по инструкции
Уборка урожая	Середина августа	Срезание и измельчение растения

Для получения наиболее продуктивной массы, силос из кукурузы делают, соблюдая некоторые технологические приемы. Прежде чем выращивать кукурузу на силос, нужно знать ее биологические особенности. Кукуруза является однолетним теплолюбивым злаковым культурным растением с хорошо развитым стеблем, листьями и корнями. Первое время корни растут в верхних, прогретых слоях почвы, постепенно углубляясь на 1-2 метра. При хорошем уходе урожайность кукурузы на силос с 1 га может составлять 50-60 тонн. Если

кукуруза выращивается для корма, то для бурного развития зеленой массы нужно как можно чаще поливать культуру. Силосную кукурузу используют в качестве корма для крупного рогатого скота, кроликам, птицам из-за ее высокой кормовой ценности. К полезным свойствам продукта относят: нормализуется работа органов пищеварения у животных; увеличивается мышечная масса тела; улучшаются показатели крови животных; повышается количество надоев у коров; содержится много витаминов, аминокислот, органические жиры.

Кукурузный силос — это один из тех кормов на которые опирается промышленное животноводство. Благодаря его употреблению животными возрастает скорость откорма или продуктивность по молоку. Густота стояния растений значительно влияет на урожай и качество кукурузы на силос. Листовая масса определяет урожай и питательность зелёной массы кукурузы. По выходу основных питательных веществ зелёной массе коэффициент варьирования при густоте стояния 45 тыс. раст./га изменялся от 16,2% (протеин) до 47,6% (каротин). Коэффициент вариации по урожайности зелёной массы составил 18,2% (средняя степень варьирования) (таблица 2).

Таблица 2 – Выход питательных веществ синтетических популяций и гибридов кукурузы в фазу восковой спелости, т/га, 2020 г.

№ п/п	Урожайность зелёной массы, т/га	Выход питательных веществ, т/га					Сухое вещество, т	Влажность зелёной массы, %
		жир	зола	клетчатка	протеин	каротин		
густота 45 тыс. раст./га								
РНИИСК-1	30,5	0,55	1,88	8,11	2,50	2,82	8,86	60,7
Неон 147 МВ	24,3	0,38	1,39	5,39	2,16	1,74	8,44	63,8

Инсайд	19,5	0,36	1,17	4,38	1,67	1,18	5,66	57,5
Цукерка	24,5	0,50	1,56	5,44	2,27	3,70	7,08	68,2
min-max	19,5- 30,5	0,36- 0,55	1,17- 1,88	4,38- 8,11	1,67- 2,50	1,18- 3,70	5,66- 8,86	57,5- 68,2
x	24,7	0,45	1,50	5,83	2,15	2,36	7,51	62,5
V,%	18,2	20,6	20,0	27,4	16,3	47,6	17,3	7,3
густота 65 тыс. раст./га								
РНИИСК-1	29,3	0,41	1,61	6,70	2,41	2,59	9,99	63,6
Неон 147 МВ	31,2	0,43	1,69	7,01	2,66	1,73	11,31	62,6
Инсайд	38,8	0,67	2,28	7,65	3,67	3,73	12,88	65,8
Цукерка	27,7	0,51	1,56	6,07	2,29	2,72	8,23	60,9
min-max	27,1- 48,3	0,41- 0,93	1,49- 2,46	5,20- 10,83	2,29- 3,69	1,54- 12,97	8,23- 13,57	60,3- 74,1
x	31,7	0,51	1,79	6,86	2,76	2,69	10,60	63,2
V,%	15,4	23,40	18,73	9,59	22,8	30,43	18,6	3,2
густота 85 тыс. раст./га								
РНИИСК-1	27,7	0,63	2,24	8,94	3,20	3,91	11,24	62,3
Неон 147 МВ	44,5	0,71	2,50	10,02	4,11	1,56	14,90	59,1
Инсайд	26,6	0,49	1,61	6,85	2,30	5,39	8,01	72,9
Цукерка	21,5	0,33	1,23	5,15	1,66	2,50	7,44	66,8
min-max	21,5- 44,5	0,33- 0,71	1,23- 2,50	5,15- 10,17	1,66- 4,11	1,56- 4,93	1,56- 5,39	59,1- 72,9
x	32,6	0,54	1,90	7,74	2,82	3,34	10,40	65,3
V,%	32,0	30,9	30,6	28,0	37,9	50,1	33,1	9,2

По выходу основных питательных веществ зелёной массе коэффициент варьирования при густоте стояния 65 тыс. раст./га изменялся от 9,6% (клетчатка) до 30,4% (каротин). Коэффициент вариации по урожайности зелёной массы

составил 15,5% (средняя степень варьирования). По выходу основных питательных веществ зелёной массе коэффициент варьирования при густоте стояния 85 тыс. раст./га изменялся от 28,0% (клетчатка) до 50,1% (каротин). Коэффициент вариации по урожайности зелёной массы составил 31,95% (высокая степень варьирования). Низкая степень варьирования по влажности зелёной массы наблюдалась по всем вариантам опыта: 7,3% (45 тыс. раст./га), 3,3% (65 тыс. раст./га) и 9,2 (85 тыс. раст./га).

В условиях 2020 г. большее влияние на изменчивость признака «урожайность зерна» оказал фактор генотипа «А» (45,6%). Существенно ниже было совместное влияние фактор АВ (22,6%). Интервал варьирования частных средних по фактору А составил 2,54 – 4,49 т/га (таблица 3). При увеличении густоты стояния растений с 45 до 65 тыс. раст./га наблюдалось увеличение урожайности зерна у гибрида Неон 147 МВ, прибавка составляла 0,41 т/га (13,2%). Дальнейшее повышение плотности стеблестоя вызывало снижение урожайности зерна у всех изучаемых генотипов: РНИИСК 1 – 1,12 т/га (33,0%), Неон 147 МВ – 1,2 т/га (39,4%), Инсайд – 1,87 (46,8%), Цукерка 0,74 т/га (36,4%).

Таблица 3 – Урожайность синтетических популяций и гибридов кукурузы, 2020 г.

Синтетическая популяция, гибрид	Урожайность початков, т/га			Урожайность зерна, т/га			Выход зерна, %		
	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га
РНИИСК К-1	5,38	5,23	4,10	4,39	4,14	3,27	78,7	74,3	73,2
Неон 147 МВ	4,99	5,51	3,47	4,10	4,51	2,88	77,5	77,7	76,3
Инсайд	6,09	4,72	3,51	4,99	3,81	2,87	78,4	75,4	74,3

Цукерка	3,69	2,92	2,71	3,03	2,43	2,29	75,0	74,9	75,6
F <sub>факт.</sub>	A= 7,95, B = 8,96*, AB = 0,68			A=11,09*, B = 0,49, AB=2,74*			-		
НСР <sub>05</sub>	A= 1,0, B = 0,87			A = 0,75, AB=1,31			-		
	Среднее по фактору A 3,90 b, 3,66 b, 3,78b, 1,86a Среднее по фактору B 4,04b, 3,54 b, 2,31 a			Среднее по фактору A 3,49c, 2,89 bc, 2,12 a, 1,54a			-		

Таким образом, в условиях 2020 г. период дефицита влаги пришелся на период цветения кукурузы, что соответствует критическому периоду водопотребления культуры. В данных условиях наибольшая урожайность зерна формировалась при густоте стояния 45 тыс. растений на гектар (3,03-4,99 т/га). Прибавка урожайности зерна при увеличении густоты стояния растений до 65 тыс. раст./га. выявлена только у гибрида Неон 147 МВ. При увеличении густоты стояния растений с 45 до 85 тыс. раст./га наблюдалось снижение урожайности зерна у всех изучаемых генотипов: РНИИСК 1 – 1,12 т/га (33,0%), Неон 147 МВ – 1,2 т/га (39,4%), Инсайд – 1,87 (46,8%), Цукерка 0,74 т/га (36,4%).

#### Список литературы

1. Растениеводство / В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.Н. Ельчанинова. – Самара: РИЦ СГСХА. 2009. – 528 с.
2. Кормопроизводство: учеб. / В.В. Коломейченко. – Санкт–Петербург: Лань. 2015. – 656 с.
3. Еремин Д.И., Демин Е.А. Агрэкологическое обоснование выращивания кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – №1 (32) – С.6–11.

4. Семина С.А., Надежкин С.М. Формирование высокопродуктивных агроценозов кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья: монография. – Пенза. 2008. – 148 с.
5. Пацкан В.Ю. Урожайность зерна среднеспелых гибридов кукурузы в зависимости от густоты стояния и уровня азотной подкормки, в условиях центральной зоны Краснодарского края // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. – Краснодар. 2016. – С. 687-689.
6. Кукуруза на Урале // Под общей редакцией Зезина Н.Н., Панфилова А.Э. – Екатеринбург: Уральское издательство; ФГБНУ «Уральский НИИСХ». 2017. – 204 с.
7. Дружкин А.Ф. Влияние густоты стояния растений на продуктивность кукурузы в условиях орошения Среднего Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2004. – №4. – С. 8-9.
8. Дружкин А.Ф., Беляева А.А. Совершенствование приемов возделывания кукурузы на зерно в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. – 2015. – №4. – С. 8-13.
9. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П. Методические подходы в селекции очень ранних (ФАО 100-149) гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // Аграрная наука. – 2018. – № 6. – С. 48-50.
10. Жужукин В.И. Совершенствование методических подходов в селекции среднеранних гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье / Жужукин В.И., Горбунов В.С., Зайцев С.А., Волков Д.П. // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 5 (53). – С. 25-29.

© Бабушкин Д.Д., Волков Д.П., Зайцев С.А., Рожков П.Ю., 2023

Научная статья

УДК 632.51

*Д.Д. Бабушкин<sup>1,2</sup>, А.Ю. Лёвкина<sup>2</sup>, Г.А. Маслова<sup>2</sup>*

1. Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова.

2. ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», город Саратов.

## **ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДНЫХ ОБРАБОТОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ**

*Аннотация.* В результате проведенного фитосанитарного мониторинга в Саратовской области была параллельно изучена урожайность подобранных гибридов кукурузы, а также установлена доля влияния как химических обработок на продуктивность кукурузы, так и самих гибридов.

*Ключевые слова:* кукуруза, урожайность, гибриды, гербицидная обработка.

***D.D. Babushkin***<sup>1,2</sup>, ***A.Y. Levkina***<sup>2</sup>, ***G.A. Maslova***<sup>2</sup>

1. Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov.

2. FGBNU Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn "Rossorgo", Saratov.

## **EFFECT OF HERBICIDE TREATMENTS ON CORN GRAIN PRODUCTIVITY**

*Abstract.* As a result of phytosanitary monitoring in the Saratov region, the yield of selected corn hybrids was studied in parallel, and the proportion of the influence of both chemical treatments on the productivity of corn and the hybrids themselves was established.

*Keywords:* corn, yield, hybrids, herbicide treatment.

В повышении урожайности кукурузы важную роль играет борьба с сорной растительностью с использованием химических средств защиты. Оказывая влияние на защищаемое растения, гербициды по-разному могут воздействовать

на получение прибавки урожая. Именно этим обусловлена необходимость изучения влияния гербицидов на сорную растительность и урожайность защищаемой культуры.

Также стоит не забывать про агротехнический метод, который включает в себя внедрения в производство скороспелых гибридов, так как потенциал гибридов кукурузы можно максимально реализовать, применяя ранневсходовый контроль сорняков. При данном контроле идет усвоение влаги и элементов питания из почвы, формируется мощная развитая корневая система и однородные початки[2,3].

В учетный 2022 год проводилась обработка учетных делянок препаратами: 1 вариант - Аминопелик, ВР; 2 вариант - Ранголи – Тиран, ВДГ; 3 вариант - Аминка Фло, КС. В данном опыте так же проводились исследования по влиянию гербицидных обработок на продуктивность кукурузы.

Таблица 1

Влияние гербицидных обработок на урожайность кукурузы

№ варианта (Фактор В)	Урожайность гибридов в зависимости от гербицидных обработок, т/га. (Фактор А)							
	ЮВ 100-39	ЮВ 140-39	ЮВ 140-40	ЮВ 140-41	ЮВ 170-40	ЮВ 170-41	ЮВ 200-39	ЮВ 200-40
Контроль	1,53	1,28	1,3	1,27	1,56	1,44	1,84	2
Аминопелик, ВР	3,59	2,88	3,73	2,91	3,37	4,13	4,42	3
Ранголи – Тиран, ВДГ	2,9	2	3,31	2,7	3,61	3,34	3,2	3,1



Аминка Фло, КЭ	3,9	2,9	3,77	2,7	4,54	5,6	2,15	2,7
F факт(А)	301,433*							
НСР <sub>0,5(А)</sub>	0,067							
F факт(В)	3199,182*							
НСР <sub>0,5(В)</sub>	0,048							
F факт(АВ)	194,106*							
НСР <sub>0,5 (АВ)</sub>	0,135							

Стоит выделить, что показатели урожайности кукурузы были разными в зависимости как от обработок, так и от самих гибридов. Самая высокая урожайность в 1 варианте опыта была отмечена у гибридов: ЮВ 140-39(2,88т/га), ЮВ 140-40(3,73 т/га), ЮВ 140-41(2,91 т/га), ЮВ 200-39 (4,42 т/га). Во втором варианте опыта был выделен только один гибрид с высоким показателем урожайности по отношению к другим вариантам – ЮВ 200-40, урожайность которого достигла 3 т/га. Самую высокую урожайность в 3 варианте опыта, где обработка проводилась препаратом Аминка Фло, показали гибриды: ЮВ 100-39(3,9 т/га), ЮВ 170-40 (4,54 т/га), ЮВ 170-41 (5,6 т/га), ЮВ 140-39, ЮВ 140-40 дали в 1 и 3 варианте практически одинаковые показатели, разницей 20-40кг (Таблица 1).

Все гибриды дали высокие показатели урожайности с обработками по отношению к контролю, так как опрыскивание способствовало снижению численности сорных растений, этим самым повысив конкурентоспособность самих гибридов.

Анализируя данные по урожайности кукурузы, необходимо отметить, что у многих гибридов в 3 варианте опыта урожайность выше чем в других вариантах, не смотря на низкую эффективность самого препарата, возможно, это

связано с тем, что в 1 и во 2 вариантах насчитывалась высокая численность осота полевого, а также высокая его устойчивость к препаратам, что не могло отразиться на урожайности. Также стоит не забывать, об избирательном действии на саму культуру, то есть способность препарата влиять на урожайность и на угнетение растений в целом. В дальнейшем планируется продолжить исследования и изучить данную проблему.

Таблица 2

Дисперсионный анализ урожайности при разных условиях обработки

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	70,249	63	—	—	—
Блоки	0,065	1	0,065	14,652*	—
Варианты	70,046	31	2,260	509,155*	0,135
Фактор А	9,364	7	1,338	301,433*	0,067
Фактор В	42,593	3	14,198	3199,182*	0,048
Взаим. АВ	18,090	21	0,861	194,106*	0,135
Остат.	0,138	31	0,004	—	—

В результате анализа источников варьирования у гибридов кукурузы установлено, в двухфакторном опыте, что доля влияния гибридов (фактор А) составляет 13,3%. А влияние фактора В (обработки гербицидами) составляет 60,6%. Эффективность взаимодействия факторов АВ составляет 25,8%(таблица 2).

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. 2011. – 352 с.

2. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия: книга / А.В. Захаренко. - Москва: Изд-во МСХА, 2000. – 466 с.

3. Корнеева, О.Г. Гербициды для защиты посевов кукурузы от сорной растительности в дельте Волги / О.Г. Корнеева, Ш.Б. Байрамбеков, Б.С. Даулетов // Защита и карантин растений. - 2014. - № 4. 17-24 с.

© Бабушкин Д.Д., Лёвкина А.Ю., Маслов Г.А., 2023

Научная статья

УДК: 633.111.1: 631.461.52

*А.А. Беляева<sup>1</sup>, Л.А. Тер-Саркисова<sup>1</sup>, О.В. Ткаченко<sup>1</sup>, Г.Л. Бурыгин<sup>1,2</sup>, Н.В. Евсеева<sup>2</sup>, Н.Д. Заводилкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов ФИЦ Саратовский научный центр РАН, г. Саратов, Россия

## **ВЛИЯНИЕ РИЗОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

*Аннотация.* В статье рассматривается способность 7 штаммов ризобактерий стимулировать роста и продуктивность озимой мягкой пшеницы сорта Новоершовская в условиях Левобережья Саратовской области. Бактерии стимулировали рост ассимиляционного аппарата растений, чистую продуктивность фотосинтеза и урожайность озимой мягкой пшеницы.

*Ключевые слова:* *Triticum aestivum* L., стимулирующие рост растений ризобактерии, фотосинтетическая продуктивность, урожайность

*A.A. Belyaeva<sup>1</sup>, L.A. Ter-Sarkisova<sup>1</sup>, O.V. Tkachenko<sup>1</sup>, G.L. Burygin<sup>1,2</sup>, N.V. Evseeva<sup>2</sup>, N.D. Zavodilkin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>FSBI HE Vavilov University, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

## **THE EFFECT OF RHIZOBACTERIA ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT IN THE LOWER VOLGA REGION**

*Annotation.* The article discusses the ability of 7 strains of rhizobacteria to stimulate the growth and productivity of winter soft wheat of the Novoershovskaya cultivar in the conditions of the Left Bank of the Saratov region. The bacteria stimulated the growth of the assimilation apparatus of plants, the net productivity of photosynthesis and the yield of winter soft wheat.

*Keywords:* *Triticum aestivum* L., rhizobacteria, photosynthetic productivity, crop yield

Экологически безопасные технологии на основе ростостимулирующих препаратов могут способствовать увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [5]. Ризосферных бактерий, способных фиксировать атмосферный азот и повышать доступность фосфора [6]. Применение препаратов этого класса приводит к сокращению межфазных периодов, увеличению продуктивности, а также антистрессовому эффекту в отношении биотических и абиотических факторов среды [3]. Эффективность штаммов PGPR зависит от способности колонизировать корни соответствующих растений-хозяев и создавать активные ассоциации. Поэтому необходимо изучение влияния штаммов ризобактерий разных таксономических групп на рост растений, в том числе в стрессовых условиях [1, 2].

Цель данного исследования заключалась в изучении влияния инокуляции семян озимой мягкой пшеницы штаммами ассоциативных ризобактерий различных таксономических групп на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивности растений в условиях Нижнего Поволжья.

Исследования проводились на опытном поле ФГБОУ ВО Вавиловский университет, расположенном в Энгельском районе Саратовской области (координаты местоположения участка 51.114308, 46.024267). Условия опыта богарные. Преобладающий тип почв темно-каштановый. В годы исследования (2019-2020, 2021-2022) погодные условия характеризовались как средние, но с неравномерным распределением количества осадков, особенно в критические фазы роста и развития растений.

Объектом исследований служил сорт озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Новоершовская. Семена перед посевом инокулировали суспензиями штаммов бактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *Azospirillum brasilense* Sp7, *Azospirillum brasilense* SR80, *Azospirillum brasilense* SR88, *Azospirillum brasilense* Cd, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 и *Enterobacter ludwigii* K7, полученными из чистых культур бактерий в логарифмической фазе роста. Штаммы бактерий были взяты из коллекции ризосферных микроорганизмов Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук (World Data Centre for Microorganisms – WDCM № 1021; <http://collection.ibppm.ru>). Концентрация клеток в суспензии составляла  $10^8$  в 1 мл. Для инокуляции 1 кг семян использовали 70 мл суспензии. Контролем служил вариант без инокуляции бактериями, при этом семена перед посевом обрабатывали водой в таком же количестве, как и варианты, обрабатываемые суспензией бактерий. Площадь опытных делянок составляла 25 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам, описанным ранее [7]. Определяли площадь листьев на растениях (см<sup>2</sup>), величину ассимиляционного аппарата (тыс. м<sup>2</sup>/га), фотосинтетический потенциал (ФП) (тыс. м<sup>2</sup>/га сутки), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) (г/см<sup>2</sup> в сутки). А также оценивали содержание фотосинтетических пигментов [4]. Полученные

данные анализировали методом дисперсионного анализа со сравнением частных средних по тесту Дункана с использованием пакета программ AGROS 2.10.

Продолжительность вегетационного периода и наступление фенологических фаз роста растений озимой пшеницы по вариантам существенно не различалась. Максимальная величина ассимиляционного аппарата у всех вариантов достигалась к фазе молочной спелости, кроме варианта с инокуляцией штаммом *A. brasilense* Cd, у которого максимальная площадь листьев формировалась к фазе цветения.

Максимальная величина ассимиляционной поверхности у бактеризованных растений во всех вариантах инокуляции достоверно превосходила контрольные. При этом чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась только в вариантах с инокуляцией штаммами *A. baldaniorum* Sp 245 и *A. brasilense* Sp7, SR80, SR88, что говорит о различной эффективности работы фотосинтетического аппарата и утилизации пластических веществ.

Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях пшеницы в фазу кущения показал, что варианты с инокуляцией бактериями достоверно не отличались от контроля, но различались между собой. Содержание хлорофилла *a* и *b* в листьях в варианте с инокуляцией штаммом *A. brasilense* Sp7 существенно превосходило варианты бактеризации другими штаммами азоспирилл.

Биологическая урожайность растений по вариантам опыта достоверно увеличивалась во всех вариантах инокуляции штаммами ризобактерий. Минимальная прибавка наблюдалась в варианте с инокуляцией штаммом *A. brasilense* Cd на 0,4 т/га (при  $НСР_{0,05} = 0,39$  т/га), что составило 11%. В остальных вариантах с инокуляцией бактериями прибавка составляла от 0,59 (*O. cytisi* IPA7.2) до 0,99 т/га (*A. brasilense* Sp7), что составило от 16,5 до 27,7%. Расчёт коэффициента корреляции урожайности от площади флагового листа и площади всей листовой поверхности растений показал достоверную зависимость от последнего фактора с коэффициентом корреляции  $r = 0,86$ .

Анализ полученных данных показывает, что все штаммы ризобактерий были способны стимулировать рост растений и формирование

фотосинтетического аппарата. Но эффективность биосинтеза пластических веществ между вариантами инокуляции различается, что говорит о сложном характере влияния ризобактерий на биохимические процессы в инокулированных растениях. Положительное влияние штаммов проявилось при инокуляции бактериями всех изученных таксономических групп.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод, что обработка семян озимой пшеницы сорта Новоершовская ассоциативными ризобактериями в условиях Нижнего Поволжья может существенно влиять на рост и продуктивность растений. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего устойчивого развития агротехнологий при выращивании озимой пшеницы.

#### Список литературы

1. Белимов, А.А., Сафронова В.И. Бактериологические методы повышения адаптации растений к абиотическому стрессу //Материалы межд. науч.-практ. конференции «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии». Минск, 2010. С. 224-226.

2. Иммуниетет, адаптивность и качество сортов яровой твердой пшеницы в регионе Среднего Поволжья [Электронный ресурс]: монография /М.В. Беляева [и др.]. Самара, 2018. 49с.

3. Моргун В.В., Коц С.Я., Кириченко Е.В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практическое применение //Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. № 3. С. 187-207.

4. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Практикум по курсу «Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам»: Учебно-методическое пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2013. 63 с.

5. Nwachukwu B.C., Babalola O.O. Perspectives for sustainable agriculture from the microbiome in plant rhizosphere. Plant Biotechnol Rep. 2021. 15. 259–278. <https://doi.org/10.1007/s11816-021-00676-3>

6. Plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: from theoretical to pragmatic approach / Mustafa S. [et al.] // Symbiosis 2019. 78. 115–123. <https://doi.org/10.1007/s13199-019-00602-w>

7. Study of the effect of associative rhizobacterial strains on the formation of spring durum wheat productivity /A.A. Belyaeva [et al.] // BIO Web Conf. II International Scientific Conference «Plants and Microbes: The Future of Biotechnology» (PLAMIC2020) Section «Plant-Microbe Symbiosis, Including Natural and Artificial Symbiotic Systems». V. 23. № 03012. 2020. Published online 14 August 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202303012>

© Беляева А.А., Тер-Саркисова Л.А., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л., Евсеева Н.В., Заводилкин Н.Д., 2023

Научная статья

УДК: 633.15

*Д.П. Волков, С.А. Зайцев, А.Ю. Лёвкина, О.С. Башинская*

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов, Россия

## **ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КУКУРУЗЫ**

*Аннотация.* При разработке адаптированной к конкретным агроклиматическим условиям технологии возделывания кукурузы необходимо создание оптимальных условий водного режима и минерального питания, обеспечивающие нормальный рост и развитие растений в период вегетации. Оптимизация густоты стояния кукурузы в каждой конкретной местности является необходимым условием создания наиболее продуктивных посевов. В статье приводятся результаты исследования по формированию морфометрических параметров кукурузы при различной густоте стояния. Для возделывания гибридов кукурузы на силос оптимальная густота стояния 65 и 85



тыс. раст./га – Неон 147 МВ, Инсайд, Цукерка, 45 тыс. раст./га – РНИИСК 1; для возделывания на зерно 45 тыс. раст./га – РНИИСК 1, Инсайд, Цукерка и 65 тыс. раст./га – Неон 147 МВ.

*Ключевые слова:* кукуруза, гибрид, густота, высота, площадь

***D.P. Volkov, S.A. Zaitsev, A.Yu. Lyovkina, O.S. Bashinskaya***

Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

## **INFLUENCE OF PLANT STANDING DENSITY ON THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CORN**

*Annotation.* When developing a technology for growing corn adapted to specific agro-climatic conditions, it is necessary to create optimal conditions for the water regime and mineral nutrition that ensure normal growth and development of plants during the growing season. Optimizing the density of corn in each particular area is a necessary condition for creating the most productive crops. The article presents the results of a study on the formation of morphometric parameters of corn at different planting densities. For the cultivation of corn hybrids for silage, the optimal stand density is 65 and 85 thousand plants/ha - Neon 147 MV, Inside, Tsukerka, 45 thousand plants/ha - RNIISK 1; for cultivation for grain 45 thousand plants/ha - RNIISK 1, Inside, Tsukerka and 65 thousand plants/ha - Neon 147 MV.

*Keywords:* corn, hybrid, density, height, area

Кукуруза (*Zea mays* L.) является одной из ведущих зерновых культур мирового земледелия, и в развитии кормовой базы ей отведена важная роль как высокопродуктивного растения [1]. В России эта культура формирует урожайность 4,5-12,0 т/га и обладает самым высоким потенциалом продуктивности среди зерновых культур, но использует его в условиях сельскохозяйственного производства не более чем на 40-50 % [2, 3]. По этой причине при разработке адаптированной к конкретным агроклиматическим

условиям технологии возделывания кукурузы необходимо создание оптимальных условий водного режима и минерального питания, обеспечивающие нормальный рост и развитие растений в период вегетации [4, 5].

Густота стояния растений на единице площади является одним из факторов, определяющих уровень урожайности кукурузы и его качество [6, 7]. Оптимизация густоты стояния кукурузы в каждой конкретной местности является необходимым условием создания наиболее продуктивных посевов [8]. По некоторым данным, густота оказывает на урожай большее влияние, чем внесение удобрений [9]. Одновременно густота стояния кукурузы является одним из решающих факторов программирования ее продуктивности [10].

Площадь питания растений, которая зависит от нормы высева и способа посева, должна устанавливаться с учетом биологических особенностей сортов или гибридов разных групп спелости, а также почвенных, климатических и агротехнических условий конкретных районов возделывания [11, 12]. Она является одним из естественных и в то же время сильно влияющих на рост и развитие растений факторов. Возникающий при загущении дефицит питательных веществ и влаги, обостряющиеся конкурентные отношения между растениями (особенно при переходе от одиночного к гнездовому размещению), с одной стороны, ухудшают условия роста растений, с другой – вызывают расширение пределов варьирования за счет дифференциации растений на «угнетенные» и более сильные, конкурентоспособные.

По мере увеличения густоты стояния растений до определенного предела повышается урожай общей надземной массы и зерна, но относительный выход зерна постепенно снижается [13]. Общая и полезная продуктивность каждого отдельного растения в посевах по мере увеличения густоты их стояния постоянно снижается. Снижение полезной продуктивности растения по мере загущения сначала компенсируется увеличением числа растений на единице площади, причем урожай надземной массы и зерна повышается в равной степени. Затем начинается заметное взаимное угнетение растений и урожай снижается (зерна в большей мере, чем надземной массы) [14]. Оптимальной является густота, при которой образуется

площадь листьев, наиболее полно использующая солнечную радиацию для формирования высокого и качественного урожая. Такая площадь листьев для разных условий выращивания колеблется в пределах 40-80 тыс. м<sup>2</sup>/га. По данным Х.Г. Курджијева, загущение посевов кукурузы с 35 до 65 тыс./га увеличивало площадь листьев с 7,2 до 11,8 тыс. м<sup>2</sup>/га [15].

Несмотря на большое количество исследований по данному вопросу, окончательные рекомендации имеют довольно обширный интервал и требуют конкретных уточнений для отдельных зон, хозяйств, почвенных и климатических условий. Возделывание кукурузы по одной технологии в разных зонах Саратовской области не целесообразно, так как имеет место значительное изменение в регионе климатических условий за последние 40 лет. Широкая генетическая изменчивость и высокая экологическая пластичность кукурузы являются её важнейшими биологическими особенностями, обеспечивающими адаптацию в широком диапазоне внешних условий. Благодаря высокой биологической приспособляемости кукуруза способна развиваться в широком спектре климатических и почвенных условий. Для полного и эффективного использования потенциала кукурузы её необходимо возделывать по обоснованной технологии и в связи с этим необходимо знать её биологические особенности и основные требования к условиям произрастания.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в 2020 г. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». В фазу пяти листьев у кукурузы проведена междурядная обработка, а также опрыскивание посевов системным гербицидом Маис (норма препарата 40 г/га, расход рабочей жидкости 250 л/га). Опыт заложен по двухфакторной схеме: Фактор А – генотип (РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Инсайд, Цукерка), фактор В – густота стояния растений (45, 65, 85 тыс. раст./га). Площадь листовой поверхности определялась методом промеров. Из каждой пробы методом случайной выборки выбирали по 10 зеленых листьев, взвешивали их и определяют площадь методом линейных измерений по длине (Д) и наибольшей ширине (Ш). Площадь измеренных листьев (S) рассчитывают по формуле:  $S = D_{cp} \times Ш_{cp} \times 0,7 \times n$ , где n – число измеренных листьев.

**Результаты.** По высоте растений в фазу 7 листа варьирование составило при 45 тыс.раст./га от 58,7 см (РНИИСК-1) до 65,6 см (Неон 147 МВ). При густоте 65 тыс.раст./га высота растений изменялась от 60,8 см (РНИИСК-1) до 63,3 см (Неон 147 МВ); при густоте 85 тыс. раст./га – от 64,2 см (Инсайд) до 67,5 см (РНИИСК-1). Среднее значение варьирования высоты растений составило от 62,3 см (РНИИСК-1) до 65,2 см (Неон 147 МВ). Коэффициент вариации по всем вариантам опыта, сортам и гибридам изменялся от слабого ( $V$  менее 10%) до среднего ( $10\% < V < 20\%$ ) значения, что указывает на слабую и среднюю степень варьирования по высоте растения в фазу 7 листьев. Дальнейшее определение морфометрических параметров растений кукурузы проводилось в основные фазы развития кукурузы. После начала цветения метёлки и початка высота растений уже не изменяется до фазы полной спелости (таблица 1).

Таблица 1 – Высота растений и высота прикрепления початка в зависимости от густоты стояния растений, 2020 г.

Сортпопуляция (гибрид)	Высота, см								
	растений в фазу 10-11 листьев			растений в фазу цветения початка			прикрепления початка (цветение початка)		
	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га	45 тыс. раст./га	65 тыс. раст./га	85 тыс. раст./га
РНИИСК-1	121,9	123,4	146,5	192,4	177,3	176,6	82,3	78,5	83,1
Неон 147 МВ	134,3	142,7	126,5	188,8	180,0	173,3	69,9	77,7	75,7
Инсайд	143,1	126,8	125,5	196,7	175,8	162,5	83,8	71,8	70,6
Цукерка	130,0	117,8	127,3	180,8	176,0	157,1	62,2	58,3	60,2
$F_{\text{факт.}}$	A= 0,396, B = 4,056*, AB = 0,806			A=1,51, B = 10,86*, AB=0,69			A=9,98*, B=0,39, AB= 0,96		

НСР <sub>05</sub>	V = 11,85	V = 9,99	A=8,32
	Среднее по фактору B 126,3a, 125,0 a, 139,9 b	Среднее по фактору B 189,6 b, 177,3 a, 167,3a	Среднее по фактору A 81,3 b, 74,4 b, 75,4 b, 60,2a

В фазу 10-11 листьев при густоте 45 тыс. раст./га гибрид Инсайд показал самый быстрый рост стебля (высота составила 143,1 см). Наименьшим показателем по данному признаку охарактеризовалась раннеспелая гибридная популяция РНИИСК-1 (121,9 см). Коэффициент вариации по высоте растений в фазу 10-11 листьев составил 7,07% (слабое варьирование). Высота растений в фазу цветения початка гибрида Инсайд составила 196,7 см, наименьшую высоту растений имела популяция Цукерка (180,8 см). Коэффициент вариации составил 4,8%. Высота прикрепления початка была наибольшей у гибрида Инсайд (83,8 см), наименьшей – популяции Цукерка (62,2 см). Варьирование по данному признаку среднее (V=15,0%).

При густоте 65 тыс. раст./га в фазу 10-11 листьев наибольшей высотой растений охарактеризовался Неон 147 МВ (147,4 см), наименьшей – Цукерка (117,8 см). Варьирование признака слабое (V=7,79%). По высоте растений в фазу цветения початка РНИИСК-1 и Неон 147 МВ показали самый высокий результат (177,3 см и 180,0 см соответственно). Самый низкий показатель имел гибрид Инсайд (175,8 см). Коэффициент варьирования признака 4,41% (слабое варьирование). Высота прикрепления початка была наибольшей у РНИИСК-1 (78,5 см), наименьшей – у Цукерки (58,3 см). Варьирование по данному признаку среднее (V=15,64%).

При густоте стояния 85 тыс. раст./га наибольшая высота растений в фазу 10-11 листьев наблюдалась у гибридной популяции РНИИСК-1 (146,5 см), наименьшая у гибрида Инсайд (125,5 см). Коэффициент варьирования признака 7,01% (слабое варьирование). Наибольшая высота растений в фазу цветения початка наблюдалась у РНИИСК-1 (176,6 см), наименьшая – у Цукерки (157,1 см). Варьирование слабое (V = 4,23%). Высота прикрепления початка была наибольшей у РНИИСК-1 (83,1 см), наименьшей – у популяции Цукерка (60,2 см). Варьирование по данному признаку среднее (V=15,41%).

Одной из основных проблем направленных на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур является совершенствование технологии их возделывания и прежде всего выбор оптимальной площади питания растений, что регулируется нормой высева и способом посева. Условия для регулирования максимальной продуктивности одного растения и в целом всего посева не совпадают. При различной густоте стояния растений создаются неодинаковые условия температуры солнечной инсоляции, поступления питательных веществ и т.д., что оказывает существенное влияние на формирование листовой поверхности (ЛП), фотосинтетического потенциала (ФП) и процессов фотосинтеза (ЧПФ).

Площадь листовой поверхности может сильно варьировать в течение вегетации в зависимости от условий возделывания. Размер формируемой растением ассимиляционной поверхности имеет важное практическое значение, так как с этим показателем связан урожай зерна. Однако увеличение размеров листа не всегда способствует росту урожая зерна кукурузы, поэтому необходимо разрабатывать такие системы возделывания растений, когда улучшение одних важных показателей фотосинтетической деятельности сочеталось бы с наименьшим ущербом для других и чтобы в конечном счёте эффект действия разрабатываемых агротехнических приёмов был бы наивысшим.

В условиях 2020 года наибольшую площадь листовой поверхности раннеспелая популяция РНИИСК-1 сформировала при густоте стояния 45 тыс. раст./га в фазу цветения початка – 3392,5 см<sup>2</sup>/1 раст. и охарактеризовалась средней степенью варьирования между повторениями ( $V=13,3\%$ ), но к началу восковой спелости показала самую низкую скорость усыхания листьев (рисунок 1).

Необходимо отметить, что при густоте стояния растений 85 тыс. раст./га площадь листовой поверхности приближалась к максимальному значению и составила 3345,63 см<sup>2</sup>/1 раст. с низкой степенью варьирования площади листовой поверхности по разным густотам ( $V=2,68\%$ ) и к началу восковой спелости показала большую скорость усыхания листьев. Густота стояния 65 тыс. раст./га охарактеризовались средним показателем значений по исследуемому признаку и средней степенью варьирования признака между повторениями ( $V=12.02\%$ ).

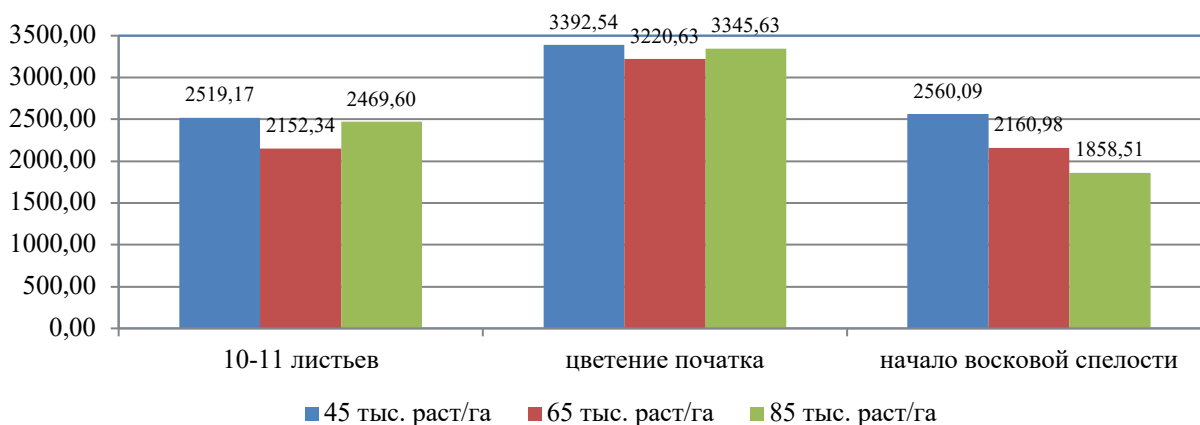


Рисунок 1 – Динамика площади листовой поверхности синтетической популяции кукурузы РНИИСК-1 (раннеспелая группа), см<sup>2</sup>/1 раст., 2020 г.

Гибрид Неон 147МВ сформировал наибольшую листовую поверхность при густоте стояния 65 тыс. растений/га как в фазу 10-11 листьев ( $S=2785,43$  см<sup>2</sup>/1 раст.), так и в фазу цветения початка ( $S=3851,16$  см<sup>2</sup>/1 раст.) (рисунок 2). Коэффициент вариации признака составил 34,19 % и 28,15% соответственно (высокая степень вариации). Густота стояния 85 тыс. раст./га охарактеризовалась самой низкой площадью листовой поверхности на всех фазах развития.

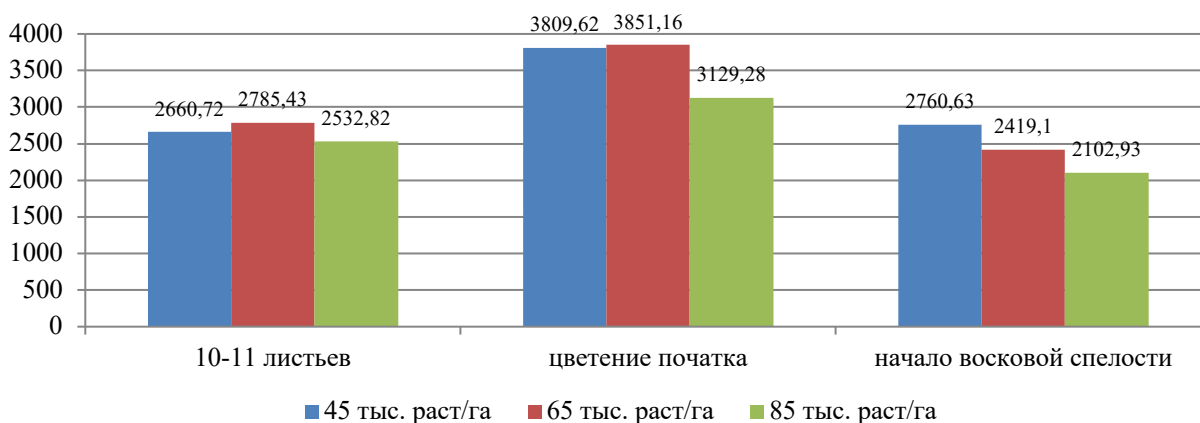


Рисунок 2 – Динамика площади листовой поверхности гибрида кукурузы Неон 147МВ (раннеспелая группа), см<sup>2</sup>/1 раст., 2020 г.

Гибрид Инсайд характеризовался наибольшей скоростью нарастания площади листьев при густоте стояния 45 тыс. раст./га в фазу 10-11 листьев ( $S=3660,15$  см<sup>2</sup>/1 раст.) и фазу цветения початка ( $S=4750,35$  см<sup>2</sup>/1 раст.).

Коэффициент вариации между повторностями составил 24,28% и 25,78% соответственно. При густоте стояния 85 тыс. раст./га в фазу начала восковой спелости гибрид характеризовался наименьшей площадью листовой поверхности ( $S=1883,88 \text{ см}^2/1 \text{ раст.}$ ) за счёт большей скорости усыхания листьев (рисунок 3).

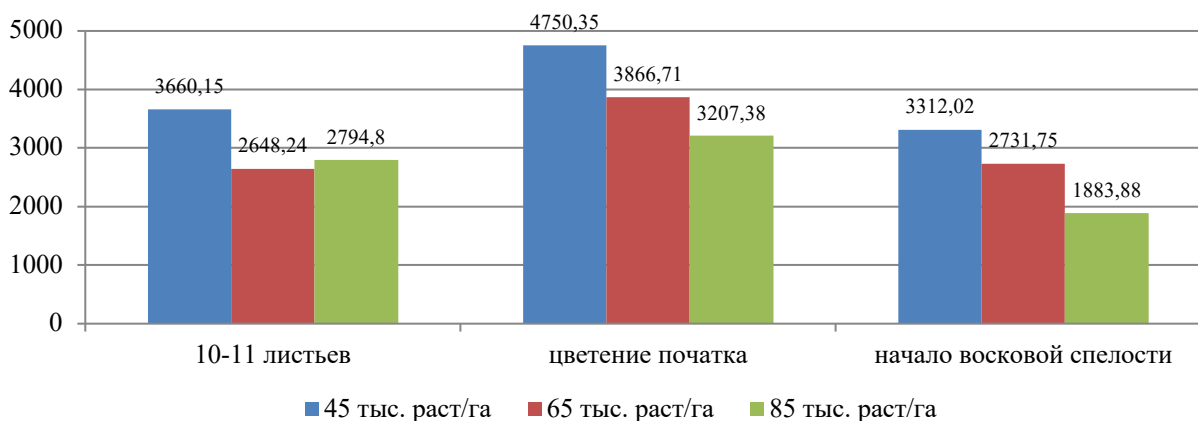


Рисунок 3 – Динамика нарастания площади листовой поверхности гибрида кукурузы Инсайд (среднеранняя группа),  $\text{см}^2/1 \text{ раст.}$ , 2020 г.

Синтетическая популяция сахарной кукурузы Цукерка на начальном этапе развития наибольшую скорость формирования листовой поверхности демонстрировала в фазу 10-11 листьев при густоте 65 тыс. раст./га (рисунок 4).

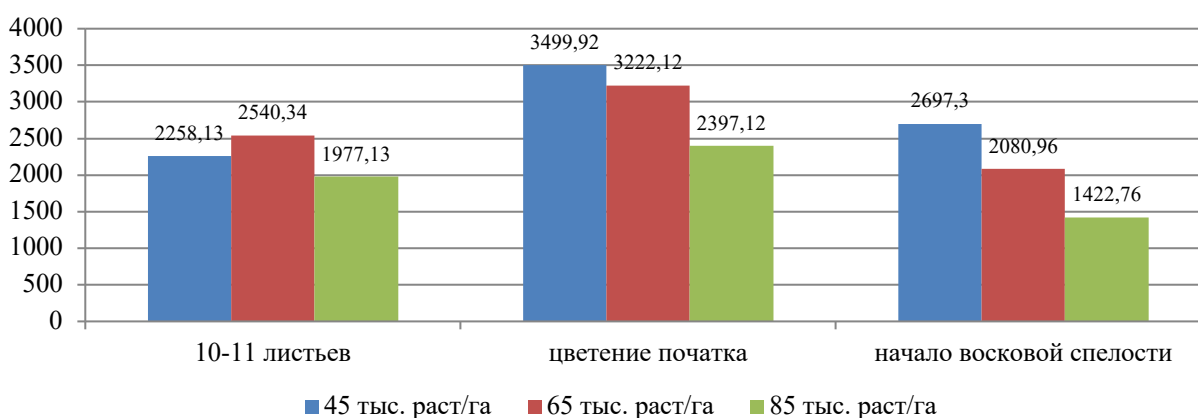


Рисунок 4 – Динамика площади листовой поверхности синтетической популяции кукурузы Цукерка (среднеранняя группа),  $\text{см}^2/1 \text{ раст.}$ , 2020 г.



Варьирование признака составило 17,56% (средняя степень варьирования). Однако в фазу цветения початка площадь листовой поверхности была наибольшей при густоте 45 тыс. раст./га ( $S=3499,92 \text{ см}^2/1 \text{ раст.}$ ). Густота стояния растений 85 тыс. раст./га характеризовалась самой низкой площадью листовой поверхности на протяжении всего период изучения.

**Заключение.** В целях совершенствования технологии возделывания кукурузы необходимым условием создания наиболее продуктивных посевов является оптимизация густоты стояния растений в каждой конкретной местности: 1. Для сельскохозяйственных производителей Саратовской области с целью получения стабильной урожайности зерна и зеленой массы кукурузы рекомендуется для посева использовать сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенные к использованию в Нижневолжском регионе; 2. Для возделывания гибридов и сортов кукурузы на силос оптимальная густота стояния 65 и 85 тыс. раст./га – Неон 147 МВ, Инсайд, Цукерка, 45 тыс. раст./га – РНИИСК 1; для возделывания на зерно 45 тыс. раст./га – РНИИСК 1, Инсайд, Цукерка и 65 тыс. раст./га – Неон 147 МВ.

#### Список литературы

1. Куликов Л.А. Кукуруза: важные особенности // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства и козоводства. – 2015.– Т.1. – №8. – С.174-177.
2. Костров К.А., Буланенков Э.П. Влияние влажности почвы на эффективность различных доз удобрений // Кукуруза. – 1971. – №1. – С.15-16.
3. Шолтанюк В.В., Надточаев Н.В. Сроки и способы внесения азотных удобрений под кукурузу // Кукуруза и сорго. – 2004. – №4. – С. 4-5.
4. Прохода В.И., Тронева О.В., Кравченко Р.В. Эффективность минеральных удобрений в безгербицидной технологии возделывания гибридов кукурузы // Энтузиасты аграрной науки: Труды КубГАУ. – Краснодар. 2010. – Вып.12. – С. 287-289.
5. Тронева О.В. Кравченко Р.В. Влияние минерального питания на урожайность гибридов кукурузы иностранной селекции // Вестник БСХА. – 2010. – № 3. – С. 62-64.

6. Багринцева В.Н., Шмалько И.А., Никитин С.В., Варданян В.С. Оптимальная густота стояния растений гибридов кукурузы // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 4. – С. 110-116.
7. Видович И. Формирование урожая кукурузы // *Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур*. – М.. 1984. – С. 175-195.
8. Мелихов В.В. Повышение плодородия и продуктивности светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. – Волгоград: ВНИИОЗ. 2007. – 132 с.
9. Семина С.А., Надежкин С.М. Формирование высокопродуктивных агроценозов кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья: монография. – Пенза. 2008. – 148 с.
10. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. – М.: Росагропромиздат. 1989. – 368 с.
11. Гудова Л.А. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гераскина А.А. Влияние микробиологического удобрения и густоты стояния растений на урожайность зерна гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – № 7. –С. 7-14.
12. Назранов Х.М. Влияние нормы высева и уровня обеспеченности питательными веществами на урожай зеленой массы озимого тритикале // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2011. – № 12. – С. 26-29.
13. Пацкан В.Ю. Урожайность зерна среднеспелых гибридов кукурузы в зависимости от густоты стояния и уровня азотной подкормки, в условиях центральной зоны Крас-нодарского края // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых*. – Краснодар. 2016. – С. 687-689.
14. Кукуруза на Урале // Под общей редакцией Зезина Н.Н., Панфилова А.Э. – Екатеринбург: Уральское издательство; ФГБНУ «Уральский НИИСХ». 2017. – 204 с.
15. Куржиев Х.Г. Особенности формирования урожая гибридов кукурузы в условиях недостаточного увлажнения // *Агрохимический вестник*. – 2009. – №6. – С. 21-23.

© Волков Д.П., Зайцев С.А., Лёвкина А.Ю., Башинская О.С., 2023

Научная статья

УДК: 633.15

## **БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ                      ОЦЕНКА                      ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА КУКУРУЗЕ**

**Волков Д.П.<sup>1</sup>, Зайцев С.А.<sup>1</sup>, Бабушкин Д.Д.<sup>1,2</sup>, Садовава А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Вавиловский университет»

Аннотация. В статье обсуждаются результаты применения на посевах кукурузы органоминерального удобрения. В результате испытания экспериментальных гибридов выявлено влияние на продуктивность посевов и сбор зеленой массы элементов технологии возделывания. В опыте рассчитаны показатели сбора сухого вещества и валовой энергии зеленой массы и зерна.

Ключевые слова: кукуруза, семеноводство, гибрид, урожайность, протеин, энергия

## **BIOENERGETIC ASSESSMENT OF THE USE OF ORGANOMINERAL FERTILIZER ON CORN**

**Zaitsev S.A.<sup>1</sup>, Volkov D.P.<sup>1</sup>, Babushkin D.D.<sup>1,2</sup>, Sadovova A.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

<sup>2</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov (Vavilov University)

Abstract. The article discusses the results of the use of organo-mineral fertilizer on corn crops. As a result of testing experimental hybrids, the influence on the productivity of crops and the collection of green mass of elements of cultivation

technology was revealed. In the experiment, indicators of the collection of dry matter and gross energy of green mass and grain were calculated.

Keywords: corn, seed production, hybrid, productivity, protein, energy

В настоящее время наиболее острой проблемой в селекции кукурузы в Российской Федерации является выведение и внедрение в производство раннеспелых и среднеспелых гибридов, которые обеспечили бы высокую урожайность зерна и силоса с початками молочно-восковой спелости зерна, надежное созревание, имели экономически выгодное семеноводство и требовали минимальных затрат на сушку [1]. При создании новых гибридов их подразделяют по направлению использования: на зерновые, кормовые (силосные) и универсальные, применительно к природным зонам РФ. Существует мнение, что хорошие зерновые гибриды пригодны для возделывания на силос, однако, ценность кукурузного растения складывается по-разному при уборке на зерно и силос [2]. Для зерновых гибридов важен урожай початков, выход зерна из сырых початков, выход зерна из сухих початков и совершенно необязательно формировать хорошо облиственный продуктивный стебель. А при уборке на силос и зеленый корм сухое вещество стебля и особенно листьев служит основным источником кормового достоинства кукурузы. В настоящее время резервы расширения площадей и увеличения производства зерна кукурузы еще далеко не использованы, что в значительной мере объясняется отсутствием высокопродуктивных раннеспелых гибридов приспособленных к различным условиям выращивания [3]. Необходим научно-обоснованный подбор исходного материала и применение новейших методов исследований и селекции, что поможет в кратчайший срок создать новые, хорошо приспособленные к специфическим условиям возделывания в разных районах гибриды с различной длиной вегетационного периода, характеризующиеся высокой продуктивностью, иммунитетом и адаптивностью [4]. Приспособительные изменения признаков и свойств затрагивают организм в целом. При изменении условий возделывания отдельные генотипы могут утратить способность к выживанию, что ведет к изменению частот аллелей. Адаптация,

таким образом, является ответом популяции на изменения условий возделывания [5]. Необходимость адаптивно дифференцированного использования природных ресурсов обусловлена решающим вкладом солнечной радиации и почвы в энергетический баланс посевов кукурузы, возрастающей долей затрат невозполнимой энергии на оптимизацию условий внешней среды, видовой и сортовой специфичностью адаптивного потенциала культивируемых растений [6].

Технология возделывания культуры является фундаментом для получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственной продукции, а совершенствование ее элементов позволяет повысить эффективность производства. Усовершенствование элементов технологии выращивания кукурузы обеспечивает создание оптимальных условий для реализации потенциала продуктивности конкретного гибрида, а сам процесс приобретает признаки сортовой технологии [7].

**Цель исследований:** Выявление влияния приемов агротехнологии выращивания кукурузы (применения органоминерального удобрения) на биоэнергетическую составляющую зерна и зеленой массы.

**Методика исследований.** Эксперимент проводился на опытном участке ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (Г. Саратов) в 2022 г. В изучение включены экспериментальные гибриды, которым присвоен определенный шифр при различных элементах технологии возделывания: 1 - гибрид (ЮВ 100-39, ЮВ 140-39, ЮВ 140-40, ЮВ 140-41, ЮВ 170-40, ЮВ 170-41, ЮВ 200-39, ЮВ 200-40); 2 – Обработка органоминеральным препаратом Борогум-М (К-контроль, В1-предпосевная обработка, В2-предпосевная обработка + внекорневая обработка). Густота стояния растений составила 65 тыс. раст./га. Площадь участков питомника составила 15,4 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, размещение рендомизированное. Анализ результатов и обработка данных проводилась по соответствующим методикам [8].

**Результаты** испытания экспериментальных гибридов на зеленую массу (силос) показывают, влияние на продуктивность растения и сбор зеленой массы элементов технологии возделывания (обработка органоминеральным удобрением)

(таблица 1). Оценка применения органоминерального удобрения Борогум-М выявила влияние препарата на общую урожайность зеленой массы. Так, урожайность зеленой массы на контроле у экспериментальных комбинаций составила 22,8-32,7 т/га, а при обработке препаратом варьировала в пределах: 27,5-41,2 т/га (В1) и 29,5-43,3 т/га (В2). Урожайность зерна в опыте составила: 3,24-4,94 т/га (К), 3,42-5,07 т/га (В1), 3,92-5,53 т/га (В2). Прибавка урожая зеленой массы от предпосевного применения органоминерального удобрения Борогум М отмечена в пределах 6,0-60,9% (на варианте В1) и 3,4-69,1% (на варианте В2).

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы кукурузы при различных вариантах технологии возделывания

Гибрид	Урожайность зеленой массы, т/га			Урожайность зерна, т/га		
	К	В1	В2	К	В1	В2
ЮВ 100-39	25,8	27,5	29,5	3,96	4,03	4,01
ЮВ 140-39	22,8	27,5	32,3	3,24	3,42	3,92
ЮВ 140-40	29,7	32,5	40,3	3,97	4,25	4,62
ЮВ 140-41	28,2	29,9	34,5	3,63	4,43	4,51
ЮВ 170-40	32,7	37,7	33,8	4,18	4,39	4,47
ЮВ 170-41	23,2	29,9	39,0	4,30	4,8	4,77
ЮВ 200-39	25,6	41,2	43,3	4,24	5,03	5,53
ЮВ 200-40	26,9	36,6	38,6	4,94	5,07	5,16
Среднее значение	26,9	32,9	36,4	4,06	4,43	4,62
НСР <sub>0,05</sub> (Фактор А)	0,39			0,05		
НСР <sub>0,05</sub> (Фактор В)	0,64			0,07		

Урожайность сухого вещества является более объективным показателем оценки продуктивности гибридов кукурузы при выращивании их на силос и зеленый корм (рисунок 1). При этом важно, чтобы высокий сбор сухого вещества был связан с большой долей зерновой части урожая. Это влияет на показатели питательной ценности корма. Испытания показывают, что на сбор сухого вещества с зерном и с зеленой массой оказывает влияние как генотип, так и условия выращивания. При этом, заметно, что более позднеспелые формы (ЮВ 170-41, ЮВ 200-39, ЮВ 200-40)

сильнее среагировали на применение органоминерального удобрения, чем гибриды с группой спелости ФАО 100-140.

Важное значение имеет улучшение качества зерна одновременно с повышением его урожайности. Сырого протеина и отдельных незаменимых аминокислот в зерне кукурузы накапливается несколько ниже, чем у других зерновых культур. Поэтому, важное значение имеет определение влияния применяемых удобрений на качество формируемого урожая. В проведенном исследовании отмечено незначительное изменение средних показателей содержания протеина. Так, содержание протеина в зеленой массе в среднем составило на вариантах опыта: К – 5,8%, В1 – 6,1%, В2 – 6,1%, а в зерне равнялось: К – 10,5%, В1 – 10,6%, В2 – 10,6%.

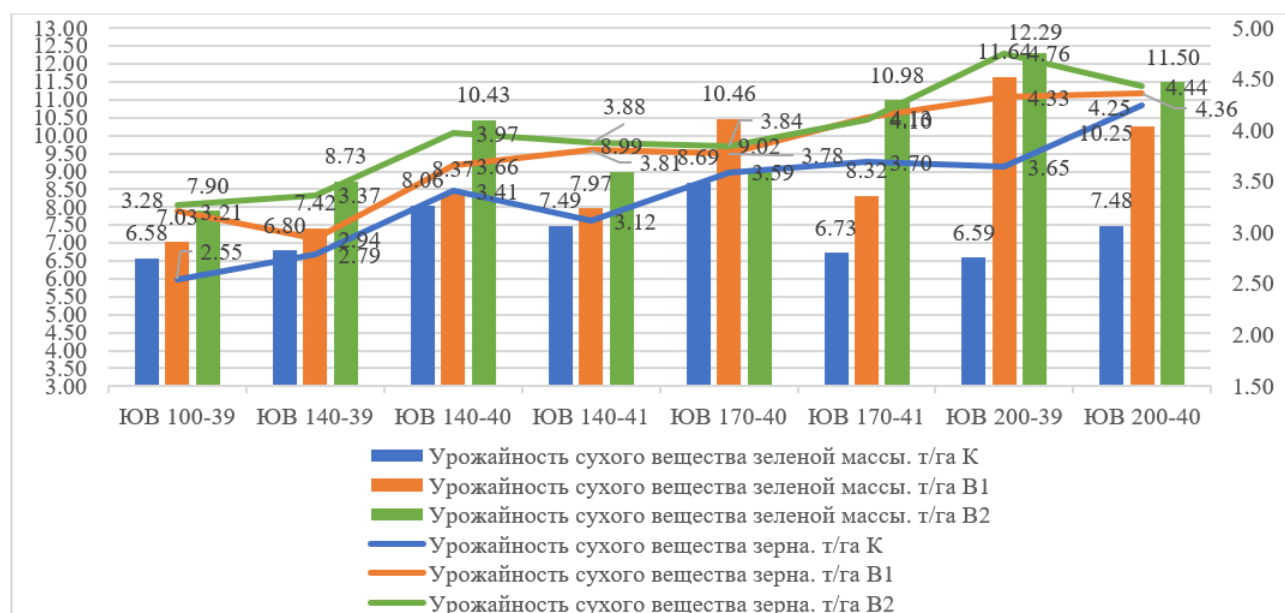


Рисунок 1 – Урожайность сухого вещества зерна и зеленой массы кукурузы в зависимости от вариантов опыта

Как высокоэнергетический корм зерно кукурузы пригодно для кормления всех видов животных и птиц. А зеленая масса кукурузы является отличается самым благоприятным соотношением питательных веществ и хорошо силосуется. Создание гибридов кукурузы силосного использования – одно из важнейших направлений селекции. Основные требования, предъявляемые к таким гибридам – содержание сухого вещества в зеленой массе 25–35 % и

хорошие кормовые качества растений. Высокие значения показателей биоэнергетической эффективности возделывания служат критерием отбора гибридов кукурузы для использования в производстве и применения на них дополнительных элементов агротехнологии в виде внесения удобрения (рисунок 2). Сбор валовой энергии в опыте в среднем составил: с зеленой массой – 125 ГДж/га (контроль), 153 ГДж/га (B1), 171 ГДж/га (B2), с зерном – 62 ГДж/га (контроль), 69 ГДж/га (B1), 73 ГДж/га (B2). При этом средняя прибавка валовой энергии с зеленой массой при применении удобрения составила 28-46 ГДж/га (23-38%), с зерном – 7-11 ГДж/га (13-19%).

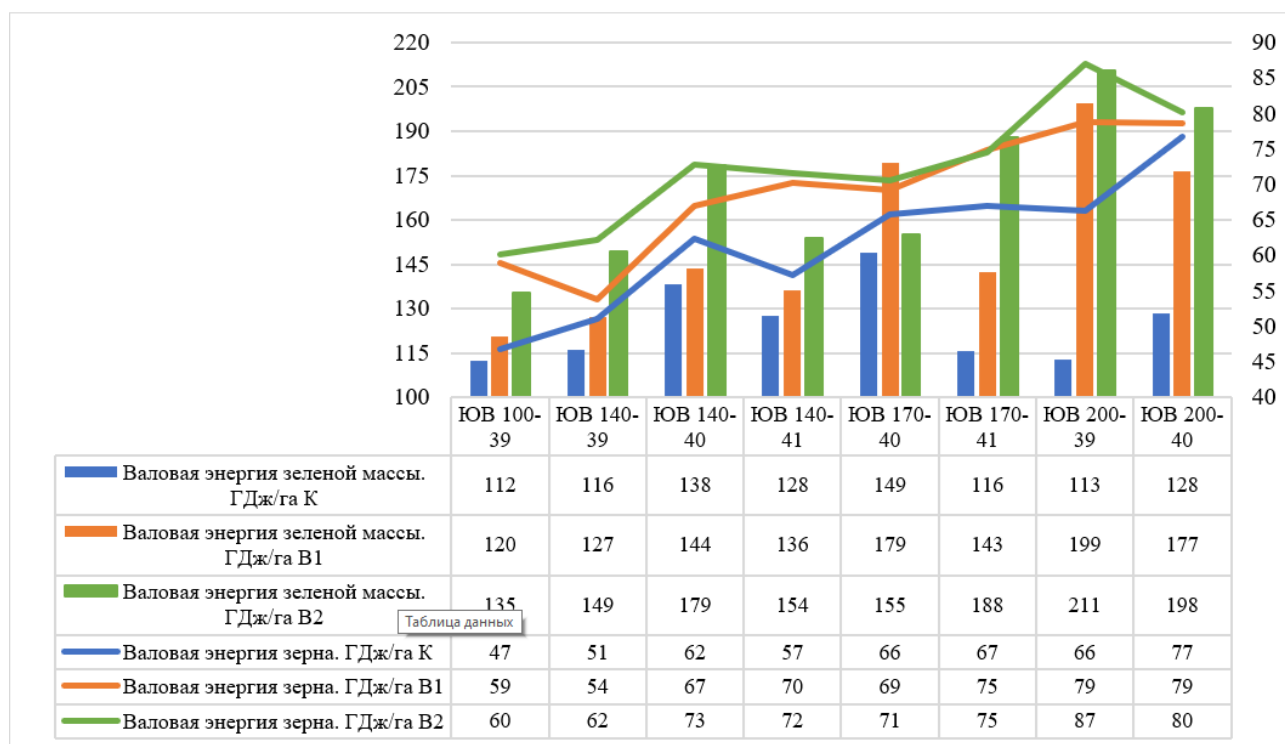


Рисунок 2 –Сбор валовой энергии зеленой массы и зерна кукурузы, ГДж/га

Выводы. Таким образом, в проведенном исследовании выявлено влияние от применения удобрений на посевах кукурузы в виде предпосевной и листовой подкормок. Основной эффект от внесения органоминерального удобрения Борогум М сказался на увеличении урожайности зерна и зеленой массы. Прибавка урожая зеленой массы от предпосевного применения органоминерального удобрения Борогум М отмечена в пределах 6,0-60,9% (на варианте B1) и 3,4-69,1% (на варианте B2). При этом, следует отметить, что гибриды группы спелости ФАО170-200 сильнее среагировали на применение органоминерального удобрения, чем



гибриды с группой спелости ФАО 100-140. Средняя прибавка валовой энергии с зеленой массой при применении удобрения составила 28-46 ГДж/га (23-38%), с зерном – 7-11 ГДж/га (13-19%). Высокие значения показателей биоэнергетической эффективности возделывания служат критерием отбора гибридов кукурузы и применения органоминерального удобрения.

#### Список литературы

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). - Пушкино.: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. - 148 с.
2. Кравченко Р.В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья. - Ставрополь.: Ставропольбланкиздат, 2010. - 208 с.
3. Дюрягин И.В., Панфилов А.Э., Иванова Е.К. Эффективность выращивания кукурузы на зерно // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. - 2018. - № 5. - С.61.
4. Сотченко В.С., Горбачёва А.Г., Панфилов А.Э., Казакова Н.И., Ветошкина И.А. Норма и стабильность реакции раннеспелых гибридов кукурузы на условия вегетации // Кормопроизводство. - 2020. - № 4. - С. 39- 43.
5. Жученко А.А., Косолапов В.М. Современные проблемы адаптации (по материалам Жученковских чтений IV) // Адаптивное кормопроизводство. - 2018. - № 4. - С. 90–96.
6. Зайцев С.А., Волков Д.П., Носко О.С., Лёвкина А.Ю., Гусева С.А., Гудова Л.А. Факторы, определяющие урожайность зерна и зеленой массы кукурузы в Нижнем Поволжье // Успехи современного естествознания. - 2022. - № 4. - С. 21-28.
7. Гудова Л.А., Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гераскина А.А. Влияние микробиологического удобрения и густоты стояния растений на урожайность зерна гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. - 2019. - № 7. - С. 7–14.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - М.: Агропромиздат, 2011. - 352 с.

Научная статья

УДК 633.15

*Д.А. Греков*

ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п.

Приволжский, Россия

## **КАРАНТИННЫЕ РАСТЕНИЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ, ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕРЫ БОРЬБЫ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются карантинные растения, распространённые в Саратовской области, приведено описание видов сорняков, а также меры борьбы с этими сорняками.

*Ключевые слова:* карантин, растения, защита, засоренность, агротехнический, распространение, уничтожение.

*D.A. Grekov*

FGBNU "VolzhNIIGiM" Saratov region, Engelsky district, R.P. Privolzhsky, Russia

## **QUARANTINE PLANTS OF THE SARATOV REGION, THEIR DISTRIBUTION AND CONTROL MEASURES**

*Abstract.* The article discusses quarantine plants common in the Saratov region, describes the types of weeds, as well as measures to combat these weeds.

*Keywords:* quarantine, plant protection, contamination, agrotechnical, distribution, destruction.

С развитием цивилизации на Земле (особенно в XX столетии) для огромного числа видов растений сложились исключительно благоприятные условия для быстрого их проникновения и успешного расселения в различных регионах.

Современное состояние антропогенных ландшафтов, наличие в их составе больших площадей нарушенных и неухоженных земель с синантропной растительностью благоприятствуют интенсивному расселению инвазивных видов. Одной из важнейших задач охраны растительных ресурсов нашей страны является предотвращение заноса и распространения на территории Российской Федерации особо опасных, отсутствующих в России карантинных вредителей, фитопатогенных микроорганизмов и семян сорных растений [2].

**Сорные растения** – дикорастущие растения, обитающих на сельскохозяйственных угодьях и снижающие величину и (или) качество продукции.

**Карантинные сорные растения** – это особо вредные виды сорняков, не произрастающие или ограниченно распространённые на территории РФ или отдельного региона. Степень агрессивности этих сорняков представляет значимую угрозу огородным и полевым культурам, а также человеку и животным.

Они забирают значительную часть питательных веществ и влаги, из-за них снижается урожайность с/х культур, растения вытесняются со своего места произрастания. Зерновые, собранные с зараженных полей, отличаются плохим качеством. Появление агрессивных растений приводит к изменению структуры видового сообщества. Еще один фактор, влияющий на развитие с/х и огородных культур, – распространение патогенной микрофлоры, вредителей и болезней. При низкой агротехнике сорняки губят почти весь урожай. Некоторые сорта карантинных растений-сорняков очень токсичны для животных. При выпасе на полях, заселенных подобными растениями, происходит их отравление. Основным вредом для людей считаются аллергические проявления, которые могут быть разной степени тяжести.

Кроме перечисленных проблем, карантинные организмы приводят к снижению качества убранных урожая, способны вызвать поломку уборочной техники и дополнительные расходы. Дополнительно приходится очищать урожай от семян сорных трав.

Борьба с ними очень затруднительна. Основная мера борьбы с ними – карантин.

**Суть карантина** – в системе специализированных мероприятий по уничтожению карантинных сорняков в масштабах государства. Различают внешний карантин и внутренний карантин.

**Задача внешнего карантина** – защита территорий страны от завоза и распространения опасных сорняков из других стран.

**Задача внутреннего карантина** заключается в мероприятиях направленных на прекращение дальнейшего распространения карантинных сорняков и на уничтожение возникших очагов.

К сорнякам внутреннего карантина в Саратовской области отнесены:

- 1) горчак розовый;
- 2) все виды повилики;
- 3) все три вида амброзии (трехраздельная, полыннолистная и многолетняя);
- 4) сорный подсолнечник;
- 5) паслен колючий;
- 6) паслен каролинский;
- 7) ценхрус якорцевый.

**Горчак ползучий розовый** (*Acroptilon repen*) – многолетний сорняк, который относится к сложноцветным растениям. Искоренить растение очень сложно. На латыни оно называется *Rhaponticum repens*, выглядит как небольшой, высотой в 70 см куст с немалым количеством побегов и опушенным стеблем. В качестве корневой системы идет главный стержень, расположенный вертикально, остальные корешки, которых много, уходят от него в стороны. Листья у горчака зубчатая, рассеченная, сидячая. На втором году жизни этот карантинный сорняк начинает цвести и давать семена. Цветочная корзинка имеет округлую форму, диаметр у нее около 10 мм, одиночная. Чаще всего она расположена на верхушке стебля. В ней формируются цветы, которые имеют розоватый или светлый сиреневый оттенок. Когда они отцветают, появляется плод с семенами длиной по 3,5 мм.

Со степных зон Центральной Азии горчак распространился по всему миру. Может произрастать на вспаханных участках и огородах. Встречается на лугах, пустырях, возле дорог. Длина корневой системы – около 10 метров, при этом сорняк впитывает из грунта в огромном количестве воду и питательные вещества. Благодаря такому корневищу горчак может выживать в периоды длительной засухи, поскольку влагу берет из грунтовых вод. Размножаться горчак может не только при помощи семян, но и отпрысками от корневища. Семенной материал этого сорняка сохраняет великолепную всхожесть даже через пять лет.

**Повилика** – это один из самых распространенных карантинных сорняков в России. Многочисленные представители этого рода – паразиты. На земном шаре их насчитывается около 220 видов, в России – 36. Это в основном однолетние растения, не имеющие ни корней, ни настоящих листьев, живущие преимущественно за счет других растений-хозяев и размножающиеся семенами. Стебли тонкие, ветвистые, желтовато-коричневые или зеленовато-желтые, присасываются к другим растениям при помощи присосок (гаусторий). Листья – в виде редуцированных чешуек. Цветы розоватые или беловатые, на длинных или коротких кистях, в головках или клубочках. Плод – коробочка с одним-четырьмя шаровидными, овальными или слегка удлинёнными семенами.

Наиболее злостным сорняком является **Амброзия** (*Ambrosia*), сем. Астровые (*Asteraceae*). Отмечены произрастание ее в Ставропольском и Краснодарском краях и появление в Волгоградской области. В Волгоградской области встречается три вида амброзии: трехраздельная, полыннолистная, и многолетняя (голометельчатая). Амброзия ввезена в нашу страну из северной Америки. Корневая система сильно разветвленная, до 2 м. Сильно угнетает культуры и засоряет почву семенами. Плодовитость 100 тыс. семян.

Амброзия сильно портит луга, пастбища, многолетние травы, вытесняя бобовые культуры. Животные ее не едят, так как она содержит горькие вещества и эфирные масла. Растение однодомное, раздельнополое, имеет мужские и женские корзинки. Семена разносятся птицами, водой, на ногах животных и

человека, с фуражом, сеном, семенами. Высота растения 100-150 см. Масса 1000 семян 3,0 г, плодovitость 100 тыс. семян на одно растение.

**Амброзия голометельчатая, многолетняя** (*Ambrosia psilostachya*). Растение высотой 100-150 см. Сильно опушена и имеет сизый цвет. Листья перистонадрезанные. Семенная плодovitость невысокая. В основном размножается вегетативными отпрысками из почек боковых корней размножения. Отрезки корней приживаются во влажной почве. Цветки раздельнополые. Мужские цветки в мелких рыхлых кистях, женские — одиночные. Ложные плоды мелкие, яйцевидные, размером 3 мм. На оболочке маленькие шипы. Масса 1000 семян 3,0 г. Разносится с семенами.

**Амброзия полыннолистная** (*Ambrosia artemisifolia*). Однолетний поздний яровой пожнивный сорняк. Листья в отличии от других видов дважды перисторассеченные или всего однажды перисторассеченные. Снизу листья серые из-за покрытия волосками, сверху зеленые. По форме и размерам листа — как полынь (*Artemisia*). Корень стержневой, до 3 м. На полях высота растения до 1 м, на межах до 2-2,5 м. Однодомное, раздельнополое растение. Ложный плод в толстой оболочке. Семянка голая, яйцевидная, с гладкой блестящей поверхностью. Масса 1000 семян 2 г. Плодovitость до 80 тыс. семян. Размножается только семенами. Корни из всходов растут в 5-6 раз быстрее, чем у других растений. В этом ее преимущество. Она вытесняет другие виды. Переносит 20-дневное затопление водой. Хорошо отрастает при скашивании. В Волгоградской области появилась в 50-х годах XX в. В почве семена способны сохраняться до 40 лет.

**Амброзия трехраздельная** (*Ambrosia trifida*). Однолетний сорняк. Высота растения 150-200 см. Растение покрыто грубыми волосками. Листья трехраздельные. Соцветие — кисть с желтоватыми корзинками мужских цветков, женские — в пазухах листьев. Ложный плод желто-коричневого цвета. Размножается только семенами, семена крупнее, чем у других видов амброзии. Плодovitость 5-6 тыс. Семена прорастают с глубины не более 5 см.

**Подсолнечник сорный** (*Helianthus lenticularis*), сем. Астровые (*Asteraceae*).

Однолетнее растение. Занесено из Северной Америки. Засоряет зерновые хлеба, сады, овощи. Растет по обочинам дорог, на токах, пустырях. Может сильно засорять зерновые и доводить их до гибели. В отличие от культурного (хотя и похож на него), сильно ветвится. Имеет фиолетово-зеленую окраску листьев из-за антоциана. Окраска трубчатых цветков красно-пурпуровая вместо желтой, как у культурного подсолнечника. Корзинки и семена мелкие, черные, пятнистые и крапчатые. Осыпаются раньше, чем созревают. Масса 1000 семян 30 г, прорастают с глубины 20 см. В почве сохраняют всхожесть 4 года.

**Паслен колючий клювовидный, рогатый** (*Solanum rostratum*), сем. Пасленовые (*Solanaceae*). Поздний яровой однолетний сорняк, семена трудноотделимы от семян трав. Сено и солома с его примесью непригодны для скота. Листья рассеченные, напоминают арбузные. Цветы желтые, плод — ягода в чашечке, которая после созревания сохраняет жесткие колючки. В ягоде до 80 черных семян длиной 2-3 мм. Плодовитость 5 тыс. семян. Засоряет поля и другие сельскохозяйственные угодья.

Растение мощное, высотой 1 м. Завезен к нам из Северной Америки. Встречается на Северном Кавказе и на Украине. В Волгограде появился в 1960 г.

**Паслен каролинский** (*Solanum carolinense*). Корнеотпрысковый многолетник. Растение высотой 120 см. Стебель покрыт звездчатыми волосками. Стебель и черешки с шиловидными шипиками. Корни проникают на глубину до 3 м. Размножение корневыми отпрысками. Листья острые, по краю лопастные. Цветки голубоватые и сиреневые собраны в кисти. Плод — ягода, желто-оранжевая или красная, голая. Масса 1000 семян 1,0 г. Одно растение даст до 30 тыс. семян.

Паслен каролинский по вредности не уступает горчаку розовому, полностью вытесняя в куртинах культурные растения. Обнаружен в Грузии. Очаг ликвидирован.

**Паслен трехцветковый** (*Solanum triflorum*). Поздний яровой сорняк. Стебель гладкий, ветвистый, высота 80 см. Цветки бледно-желтые или лиловые.

Листья перисторассеченные, черешковые. Плод — ягода желто-зеленая или лилового цвета. Плодовитость одного растения 1,5-2,5 тыс. семян. Стебель в узлах на влажной почве может укореняться. Обнаружен очаг в окрестностях Омска.

***Ценхрус якорцсвый*** (*Cenchrus tribuloides*), сем. Мятликовые (*Poaceae*). Поздний яровой сорняк. Стебель высотой до 120 см, плоский. Колоски узкие, трехцветковые. Колосковые чешуи жесткоопушенные, усаженные шипами. Плод — пленчатая зерновка. Масса 1000 семян 3,0 г. Плодовитость одного растения 1,5-2,0 тыс. семян. Стебли на влажной почве укореняются. Засухоустойчив. В озимых и многолетних травах сильно угнетается травостоем. Завезен из Америки. Впервые обнаружен в 1950 г. в Херсонской области. Очаги локализованы.

Существуют научные разработанные способы избавления от паразитарных растений. Основные мероприятия, которые позволяют освободить посадки от заселения бурьяна, – агротехнические и химические [3].

### **Агротехнические**

Перечень агротехнических способов содержит:

1. Правильное чередование культур при севообороте.
2. Очистка семян.
3. Боронование до всхода культур и после, обработка междурядий, окучивание при орошаемом земледелии. Использование зяблевой вспашки.
4. Очистка поливной воды.
5. Очистка зерноуборочной техники на регулярной основе.
6. Своевременная уборка ботвы.

Очень помогает избавиться от сорных растений провокационный полив [1].

*В этом случае происходит ранний всход семян, затем карантинные сорняки скашивают до начала прорастания культурных видов.*

### **Химические**

Главным мероприятием является использование гербицидов. Против карантинных сорняков выбираются препараты избирательного действия.



*Обработку производят по зеленым сорнякам, а не по голой земле.*

Гербициды применяются дифференцированно и только из списка разрешенных для использования на территории РФ. При этом обязательно следует придерживаться установленных сроков и норм. Преимуществами способа считаются эффективность, простота выполнения, избирательное действие препаратов. Минусами – финансовые затраты, негативное воздействие на окружающую среду, опасность для здоровья человека и животных. Это особенно актуально при неквалифицированном применении гербицидов против карантинных сорняков.

Карантинные сорняки требуют обязательного уничтожения. Это вполне достижимо при знании биологических особенностей паразитарных растений и надежных способов борьбы.

#### Список литературы

1. Захаренко В. А., Захаренко А. В. Борьба с сорняками. / Защита и карантин растений, 2004, № 4. С. 62-142.
2. Ситникова Н.В. Карантинные сорные растения: учеб. пособие. / Н. В. Ситникова; КФУ. – Казань, 2013. – 141 с.
3. Носов А.М. Физиология растений. Часть 2 Конспект лекций. — М.: МГУ, 2019. — 166 с.

© Греков Д.А., 2023

Научная статья

УДК 633.854: 631.527

***Л.А Гудова, А.В. Лекарев, О.А. Полевая, Л.В. Солопченко***

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

# **ОЦЕНКА ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ И МЕЖФАЗНОМУ ПЕРИОДУ «ВСХОДЫ-ЦВЕТЕНИЕ КОРЗИНКИ»**

*Аннотация.* Проведена оценка сортов и гибридов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании по продолжительности периода «всходы-цветение корзинок» и морфометрическим признакам. Выявлено, что период «всходы-цветение корзинок» изменялся от 51 до 61 дней. Средние значения признаков составляли: по длине стебля – 159,7 см, по степени наклона – 6,3%, по длине изгиба прикорзинной части – 9,3 см, диаметру корзинок – 19,4 см. Установлена высокая изменчивость степени наклона корзинок ( $V=63,9\%$ ) и длины прикорзинной части стебля ( $V=63,5\%$ ). Низкая степень изменчивости зафиксирована по признакам длина стебля ( $V=6,7\%$ ) и диаметр корзинок ( $V=8,6\%$ ). Высокий коэффициент корреляции (0,96) установлен между степенью наклона корзинок и изгибом стебля.

*L.A. Gudova, A.V. Lekarev, O.A. Polevaya, L.V. Solopchenko*

**Federal State Budgetary Scientific Organization «Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region», Saratov, Russia**

## **ASSESSMENT OF SUNFLOWER HYBRIDS BY MORPHOMETRIC PARAMETERS AND INTERPHASE PERIOD "DRILLING-FLOWERING OF A BASKET"**

*Annotation.* The evaluation of varieties and hybrids of sunflower in competitive variety testing was carried out according to the duration of the period "shoots-blooming

heads" and morphometric features. It was revealed that the period of "shoots-flowering of the basket" varied from 51 to 61 days. The average values of the traits were: along the length of the stem - 159.7 cm, according to the degree of inclination - 6.3%, along the length of the bend at the basket part - 9.3 cm, diameter of the basket - 19.4 cm. heads ( $V=63.9\%$ ) and the length of the stem-night part of the stem ( $V=63.5\%$ ). A low degree of variability was recorded in terms of stem length ( $V=6.7\%$ ) and basket diameter ( $V=8.6\%$ ). A high correlation coefficient (0.96) was established between the degree of inclination of the basket and the bending of the stem.

Создание скороспелых и в тоже время высокопродуктивных гибридов подсолнечника является одним из наиболее важных направлений в селекционной работе подсолнечника [1, 2]. Сокращение вегетационного периода позволяет возделывать полевые культуры в более северных регионах, а также способствует получению гарантированных урожаев за счет исключения периодов возможных заморозков, засухи, осадков, массового развития болезней и вредителей [3, 4]. Скороспелые сорта позволяют раньше начать уборку урожая, что важно при возделывании подсолнечника в северных и восточных районах страны. Для южных регионов, наличие скороспелых форм подсолнечника повышает его значение как предшественника под озимые культуры, а сочетание скороспелых сортов со среднеспелыми снижает напряженность в уборке [5, 6]. Также в селекции подсолнечника следует обратить внимание на признаки длина стебля и степень наклона корзинки. От их оптимальных параметров и выравненности, зависит степень потерь урожая при уборке и качество получаемой продукции [7, 8]. Толщина и гибкость верхней части стебля определяет величину наклона корзинки, что в свою очередь также определяет пригодность к механизированной уборке и повреждению птицами [9]. Длина изгиба стебля от корзинки до вертикальной части стебля варьирует в значительном интервале и может достигать 50 см, а в некоторых случаях больше [10]. Признак «диаметр корзинки» также представляет определенный интерес.

Что бы получать стабильно высокий урожай, гибрид должен давать в среднем не менее 1500 семян на корзинку, величина корзинки должна быть не больше 25 см [10].

Цель исследований – сравнительная оценка экспериментальных гибридов по морфометрическим параметрам и выявления лучших из них для дальнейшей селекционной работы.

**Материал и методика.** Исследования проводили в 2022 г. Питомник конкурсного сортоиспытания высевали на опытном поле института. Дата посева 16 мая, фаза полных всходов зафиксирована 1 июня. Уборка проведена во второй декаде сентября. В конкурсном сортоиспытании находилось 55 сорта и гибрида подсолнечника (34 – селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» и 21 – других научных учреждений), которые размещали на 6 рядковых делянках в трехкратной повторности, размещение рендомизированное. Площадь делянки составила 20,0 м<sup>2</sup>. Норма посева – 40 тыс. раст./ 1 га. Стандартом в питомнике являлся гибрид ЮВС 3. Уход за посевами заключался в проведении двух междурядных обработок и ручным формированием густоты стояния растений. Агротехника возделывания зональная. Все учеты и наблюдения проводились в соответствии с методикой Госсорткомиссии [11]. Полученные данные подвергались математической обработке по методике Б.А. Доспехова [6] и Г.Ф. Лакина [13]. Степень наклона корзинки определяли по формуле:  $H = \frac{B-P}{B} * 100$ , где H степень наклона корзинки (%), B общая длина стебля (см), P – расстояние от поверхности земли до корзинки (см) [14]. Изгиб стебля от корзинки до вертикальной части стебля определяли как разность между общей длиной стебля (см) и расстоянием от поверхности земли до корзинки (см).

Гидротермический коэффициент в 2022 г. (май – сентябрь первые две декады) составил – 0,7.

**Результаты исследований.** Продолжительность вегетационного периода важный признак, влияющий на урожайность сортов и гибридов

сельскохозяйственных культур, особенно это касается отдельных его периодов. Скороспелость гибридов определяется датой вступления его в фазу цветения. Чем короче период всходы–цветение, тем скороспелее генотип [15]. В условиях 2022 г. более короткий межфазный период «всходы–цветение корзинки» установлен у сортов подсолнечника селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго–Востока» – 51 день (табл. 1), исключение составляет сорт Саратовский 21, у него данный период 54 суток. Самое позднее цветение зафиксировано у гибридов ПГ 16 ор.×50, ПГ 16 ул.×966, ПГ 15 ор.×АТИ, ПГ 33 ул.×3065, ПГ 33 ул.×3068, ПГ 32 ул.×3065 – 61 день. Гибриды инорайонной селекции зацвели в среднем через 57-59 суток от момента всходов, самый скороспелый из них - Сл<sub>13</sub>2545×ВК305 с межфазным периодом 51 день. Процентное распределение гибридов в соответствии с длиной межфазного периода представлено на рис. 1.

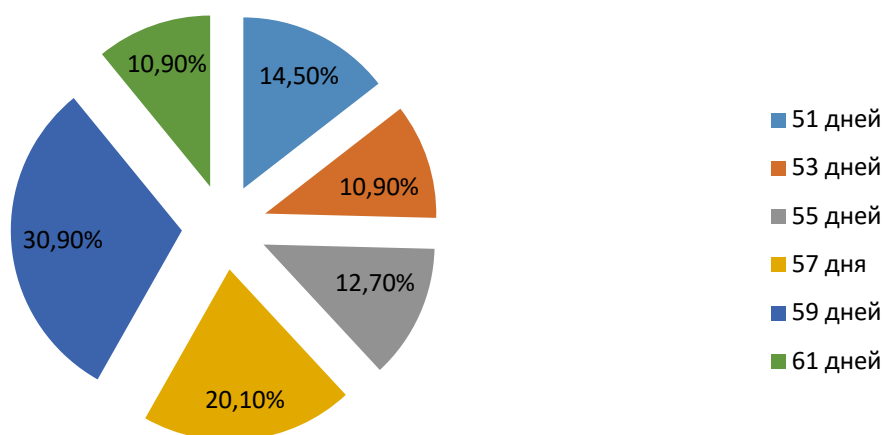


Рисунок 1. Процентное распределение гибридов подсолнечника по длине межфазного периода «всходы-цветение корзинки», 2022 г.

Длина стебля варьировала в интервале 128,0–187,4 см (табл. 5). Величина признака у стандарта составила 143,8 см. Существенно превосходили его по данному показателю ( $НСР_{05} = 4,4$ ) 44 гибрида из 55. Самая низкая длина стебля у гибридов ПГ 26×934 и Эверест – 128,0 и 128,2 см, соответственно. К

высокорослым (длина стебля выше 170,2 см) относятся гибриды: Армавирский 201, Армавирский 203, 70/21-2, Горфилд, ПГ 16ор.×966, ПГ 16 у.×966, ПГ 33×966. Основная часть гибридов (36 шт.) характеризовалась высотой 153,3 – 171,1 см (табл. 1). Группировка генотипов по значениям высоты растений представлена в таблице 1. Величину интервала групп рассчитали согласно Методике полевого опыта [12]. Коэффициент вариации составил 6,8%, что свидетельствует о незначительном варьировании признака.

Таблица 1

Группировка гибридов подсолнечника по длине стебля, 2022 г.

Интервал группировки	Гибриды
128,0-136,4 см	ПГ 26×934, Эверест
136,5-144,8 см	ЮВС 3, 9504/21-1, ПГ 26×52, ПГ 32×931 у.
144,9-153,2 см	Армавирский 127, Армавирский 206, Тайзар-21, ПГ 26×50, ПГ 33 ул.×3065, ПГ 26×966
153,3-161,6 см	ЮВС 8, ДОС 14750, Армавирский 185, Армавирский 167, Армавирский 204, ВК 102×ВК 305, Сл <sub>13</sub> 2190×ВК305, Сл <sub>13</sub> 2545×ВК305, Тайзар-20, ПГ 32×966, ПГ 32×50, ПГ 3116×АТИ, ПГ 3116×51, ПГ 16 ор. ×53, ПГ 16 ор. ×934, ПГ 15 ор. × АТИ, ПГ 32 ул. ×3068, Саратовский 20.
161,7-170,1 см	ДОС 16750, ДОС 11750, Армавирский 205, 9518/20, 9527/20, ВК 102×ВК 303, Сл <sub>13</sub> 2260×ВК 305, Фактор, ПГ 16 ор.×50, ПГ 33 ул. ×3068, ПГ 32 ул. ×3065, Саратовский 21, Скороспелый 87, Скороспелый 88, Степной 81, Степной 82, Саратовский 82, Саратовский 85.

170,2-178,5 см	Армавирский 201, Армавирский 203, 70/21-2, Горфилд, ПГ 33 х 966
178,5-186,9 см	ПГ 16 ор.×966
Выше 187 см	ПГ 16 у.×966

Степень наклона определяли расчетным способом. Экстремумы по данному признаку находились в диапазоне 0,24-16,3% (табл. 5). Степень наклона у ЮВС 3 (St) составил 3,3% (табл. 2). Наклон стебля достоверно сильнее, чем у стандарта выявлено у 31 генотипа из 55 ( $НСР_{05}=1,6$ ). Следует отметить, что экспериментальные гибриды, не смотря на высокую вариабельность признака, характеризуются очень низкой степенью наклона корзинки. Основная часть гибридов имеют степень наклона в пределах 8,0%.

Таблица 2

Группировка гибридов подсолнечника по степени наклона корзинки, 2022 г.

Интервал группировки	Гибриды
До 2,41 %	ЮВС 8, ВК 102×ВК 303, Сл <sub>13</sub> 2190×ВК305, Сл <sub>13</sub> 2545×ВК305, Тайзар-20, Тайзар -21, ПГ 26×50, ПГ 33 ул.×3065, ПГ 33 ул.×3068, ПГ 32 ул.×3068
2,42-4,59 %	Эверест, ДОС 11750, Армавирский 167, Армавирский 201, Армавирский 206, 9504/21-1, 9518/20, ВК 102×ВК 305, ЮВС 3, 9504/ 21-1, ПГ 15 ор. ×АТИ, ПГ 32 ул.×3065, Скороспелый 88,

4,60-6,77 %	ДОС 16750, Армавирский 185, Армавирский 203, Армавирский 205, Саратовский 20, Саратовский 21, Скороспелый 88, Степной 82, ПГ 26×934,
6,78-8,95 %	Сл <sub>13</sub> 2260×ВК 305, Фактор, ПГ 32×966, Степной 81, Саратовский 85
8,96-11,12 %	ДОС 14750, Армавирский 127, Армавирский 204, 9527/20, Горфилд, ПГ 32×50, ПГ 3116×АТИ, ПГ 16 ор.×966, ПГ 16 ор.×934, ПГ 16 у.×966 Скороспелый 87,
11,13-13,54 %	70/21-2, ПГ 16 ор.×53, ПГ 16 ор.×50, Саратовский 82,
13,55-17,72 %	ПГ 33×966, ПГ 3116 ×51
Более 17,73	ПГ 26×966

По признаку «длина изгиба стебля» наблюдается значительное колебание от 0,40 до 28,10 см (табл. 5). В результате изучения были выявлены гибриды, у которых корзинка имела практически горизонтальное положение, изгиб стебля у таких форм практически отсутствовал. К таким гибридам следует отнести ПГ 33 ул.×3068 и ПГ 32 ул.×3068, значение признака составило 0,4 и 0,6 см, соответственно. Длина изгиба стебля у ЮВС 3 составлял 4,6 см. У 31 гибрида изгиб существенно выше, чем у стандарта ( $НСР_{0,5}=2,58$ ).

В целом все изучаемые гибриды и сорта характеризовались не высокой величиной изгиба. У основной части генотипов изгиб стебля не превышал 13,1 см (табл. 3).

У гибрида ПГ 26×966 при длине стебля менее 150 см наблюдается самая высокая степень наклона корзинки, и длина изгиба прикорзиночной части стебля.



Группировка гибридов подсолнечника по длине изгиба прикорзиночной части, 2022 г.

Интервал группировки	Гибриды
До 4,1 см	ЮВС 8, 9504/21-1, ВК 102×ВК 303, ВК 102×ВК 305, СЛ <sub>13</sub> 2190×ВК305, СЛ <sub>13</sub> 2545×ВК305, Тайзар-20, Тайзар -21, ПГ 26×50, ПГ 33 ул. ×3065, ПГ 33 ул. ×3068, ПГ 32 ул. ×3065, ПГ 32 ул. ×3068, 9504/ 21-1
4,2-7,9 см	ЮВС 3, Эверест, ДОС 11750, ДОС 16750, Армавирский 167, Армавирский 201, Армавирский 206, 9518/20, ПГ 26×52, ПГ 26×934, ПГ 15 ор.×АТИ, Скороспелый 88
8,0-11,7 см	Армавирский 185, Армавирский 203, Армавирский 205, СЛ <sub>13</sub> 2260×ВК 305, Фактор, Саратовский 20, Саратовский 21, Степной 82
11,8-15,5 см	ДОС 14750, Армавирский 127, Армавирский 204, 9527/20, ПГ 32×966, Степной 81, Саратовский 85, Горфилд, ПГ 32×50, ПГ 3116×АТИ, ПГ 16 ор. ×934, Скороспелый 87
15,6-19,3 см	70/21-2, ПГ 16 ор.×53, ПГ 16 ор.×966, ПГ 16 ор.×50, ПГ 16 у.×966
19,4-23,1 см	Саратовский 82, ПГ 33×966, ПГ 3116×51
Боле 23,2 см	ПГ 26×966

Варьирование диаметра корзинки находилось в диапазоне 15,2-23,2 см. Относительно крупные корзинки (более 20,0 см) сформировали стандарт ЮВС

3, Армавирский 127, Армавирский 201, ПГ 26×52, ПГ16ор.×53, ПГ 16 ор.×50, ПГ 16 у.×966, ПГ 32 ул.×3065, ПГ 32 ул.×3068 (табл. 4). Степень изменчивости признака незначительная, коэффициент вариации составил 8,6% (табл. 5).

Таблица 4

Группировка гибридов подсолнечника по диаметру корзинки, 2022 г.

Интервал группировки	Гибриды
До 16,3 см	Армавирский 167, Армавирский 204, Сл <sub>13</sub> 2260×ВК 305, Горфилд, Степной 82
16,4-17,5 см	ДОС 16750, ДОС 11750, Армавирский 205, 9527/20, Тайзар-20, Тайзар -21, Фактор, ПГ 26×966, ПГ 26×934, ПГ 26×50, ПГ 32×966, Скороспелый 88, Степной 81, Саратовский 85
17,6-18,7 см	ДОС 14750, Армавирский 206, 9504/21-1, 70/21-2, ВК 102×ВК 303, ВК 10×ВК 305, Сл <sub>13</sub> 2545×ВК305, ПГ 32×50, ПГ 3116×АТИ, ПГ 3116×51, ПГ 16 ор.×934, Саратовский 20, Саратовский 21, Скороспелый 87, Саратовский 82
18,8-19,9 см	ЮВС 8, Эверест, Армавирский 185, Армавирский 203, 9518/20, Сл <sub>13</sub> 2190×ВК305, ПГ 16 ор.×966, ПГ 15 ор.×АТИ, ПГ 33×966, ПГ 33 ул. ×3065, ПГ 33 ул.×3068,
20,0-21,1 см	ЮВС 3, Армавирский 127, ПГ 26×52, ПГ 16 ор. ×53, ПГ 16 ор.×50, ПГ 32 ул. ×3065, ПГ 32 ул. ×3068
21,2-22,3 см	Армавирский 201
22,4-23,5 см	ПГ 16 у. ×966

Таблица 5

Значения статистических параметров сортов и гибридов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании, 2022 г.

Статистический показатель	Длина стебля	Степень наклона корзины	Длина изгиба прикорзиночной части стебля	Диаметр корзины
Средняя (x)	159,7	6,3	9,3	18,4
Ошибка средней (Sx)	1,47	0,55	0,86	0,22
Дисперсия: (S <sup>2</sup> )	117,48	16,44	40,36	2,53
Стандартное отклонение (S)	10,83	4,05	6,35	1,59
Коэффициент вариации (V),%	6,7	63,9	65,3	8,6
Коэффициент асимметрии (As)	-0,56ns	0,43ns	0,62 ns	0,50
Ошибка коэффициента асимметрии (sA)	0,32	0,32	0,32	0,32
Коэффициент эксцесса (Ex)	1,93	-0,66ns	-0,58ns	0,66ns
Ошибка коэффициента эксцесса (sE)	0,64	0,64	0,63	0,64
Лимиты: min	128,0	0,24	0,4	15,2

max	187,4	16,3	28,10	23,2
Число гибридов	55	55	55	54 I=7 x= 12,2

При расчете коэффициентов корреляции, установлена корреляционная зависимость на 5% уровне между длиной стебля и изгибом стебля прикорзиночной части, который составил – 0,25. Сильная прямая зависимость выявлена между степенью наклона корзинки и изгибом стебля, что подтверждается коэффициентом корреляции - 0,96, а также между диаметром корзинки и межфазным периодом «всходы-цветение корзинки» – 0,34. Коэффициенты корреляции между длиной стебля - диаметром корзинки и длиной стебля – межфазным периодом составляли 0,12 и 0,19, соответственно.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что изучаемые генотипы различаются между собой по длине межфазного периода «всходы–цветение корзинки». Более короткий период в условиях 2022 г. выявлен у сортов селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» 51 дней, а самый длинный у экспериментальных гибридов. У гибридов инорайонной селекции данный период варьировал от 57 до 59 дней. Дина стебля в конкурсном сортоиспытании подсолнечника варьировала в интервале 128,0–187,4 см.

Установлен значительный размах варьирования признака «степень наклона корзинки» от 0,24% до 16,3%. Однако большая часть экспериментальных гибридов характеризуются степенью наклона корзинки до 8,0%. У гибрида ПГ 26×966 при длине стебля менее 150,0 см наблюдается самая высокая степень наклона корзинки, и длина изгиба прикорзиночной части стебля. Между степенью наклона корзинки и изгибом стебля установлена высокая корреляционная зависимость, коэффициент корреляции составил - 0,96.

## Список литературы

1. Пустовойт Г. В., Суровикин В. Н., Галкина Н. С. Селекция подсолнечника на сокращение вегетационного периода. 1983. Вып. 83. С. 3-6.
2. Manjula K., Nadaf H.L. Giriraj K. Genetic diversity in non-oilseed sunflower (*Heliantus annus L.*) genotypes // *Helia*. 2001. Vol. 24. №34. P. 17-24.
3. Vranceanu A.V., Craiciu D., Soare G. Selection for earliness in sunflower hybrids / *Romanian agricultuarel research*. 1995. №4. P. 31-37.
4. Гончаров С.В. Селекция линий и гибридов подсолнечника на скороспелость // *Масличные культуры: науч.-технич. бюл. ВНИИМК*. 2011. №2. С. 27-30.
5. Пимахин В.Ф. Подсолнечник скороспелый // *Селекция и семеноводство*. 1983. №7. С. 38-39.
6. Гришуткина С. Под призмой импортзамещения // *Селекция, семеноводство и генетика*. 2015. №5. С. 6-11.
7. Илларионова И.В. Изучение возможности обора растений подсолнечника на уменьшение изгиба прикорзиночной части стебля // *Масличные культуры. науч.-технич. бюлл. ВНИИМК*. 2015. Вып. 1 (161). С. 29 – 35.
8. Илларионова И.В. Наклон корзинки подсолнечника как селекционный признак / И.В. Илларионова // *VI Международная конференция молодых ученых и специалистов ВНИИМК*. 2011. С. 25 – 32.
9. Гундаев А.И. Основные принципы селекции подсолнечника // *Генетические основы селекции растений*. М.: Колос. 1979. 419 с.
10. *Sunflower Genetic and Breeding international monography* / Skoric D [et al]. Novi Sad: Serbian Academy of Sciences and Arts, branch. 2012. P 30-32.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 197 с

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований. – 5-е изд., доп. и перераб.). М. 1985. 351 с.

13. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биологических специальностей вузов – 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Высшая школа. 1990. 352 с.

14. Бородин С.Г., Илларионова С.Г. Результативность первого цикла рекуррентного отбора подсолнечника по морфотипу // Масличные культуры. Науч.-технич. бюлл. ВНИИМК. 2012. Вып. 2 (151 – 152). С. 58 – 65.

15. Грязева В.И. Оценка гибридов подсолнечника по хозяйственно ценным признакам и экологической пластичности // Нива Поволжья. 2020. №3 (56). С. 37-43.

©Гудова Л.А, Лекарев А.В., Полевая О.А., Солопченко Л.В., 2023

Научная статья

УДК 635.67:527.32

*С.А. Гусева*

ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г.Саратов, Россия

## **ИЗУЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ СОРТООБРАЗЦОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются результаты оценки сортобразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы в 2022 г. Проведенные исследования исходного материала позволили выявить корреляционные связи между изучаемыми признаками, а также выделить наиболее перспективные формы по элементам структуры початка и урожайности. Данные сортобразцы представляют большой интерес для дальнейшей селекционной работы с целью создания новых высокоурожайных сортов и гибридов сахарной кукурузы.

*Ключевые слова:* сахарная кукуруза, коэффициент вариации, коэффициент корреляции, нормальное распределение, элементы структуры початка, урожайность.

***S.A. Guseva***

FSBI RusRIMS “Rossorgo”, Saratov, Russia

## **STUDYING THE SWEET CORN VARIETIES' ECONOMICLY VALUABLE SIGNS IN THE RIGHT RIVERSIDE CONDITIONS OF SARATOV REGION**

*Annotation.* The article discusses the results of assessing the variety samples of the sweet corn collection nursery in 2022. The studies of the source material made it possible to identify correlations between the studied traits, as well as to identify the most promising forms by the elements of the cob structure and yield. These varieties are of great interest for further breeding work in order to create new high-yielding varieties and hybrids of sweet corn.

*Keywords:* sweet corn, coefficient of variation, correlation coefficient, cob structure elements, yield.

Способность формировать высокий урожай зерна независимо от погодных условий является одним из главных требований к новым селекционным достижениям. Для разработки модели идеального сорта или гибрида, необходимо знать предел ограничения элементов продуктивности абиотическими факторами в определенной зоне, степень их варьирования, а также корреляционную зависимость между урожайностью и различными морфобиологическими признаками [1].

Предварительная оценка генотипов в питомниках по хозяйственно-ценным признакам и взаимосвязям между ними позволяет классифицировать их применительно к условиям конкретного региона и выделить перспективный исходный материал.

**Материал и методики.** Модельная популяция сахарной кукурузы включала 42 сортообразца коллекции, различного эколого-географического происхождения: к-3151, к-1585, к-4411, к-4466, к-5768, к-23867, Алина, к-295, к-1115, к-4455, к-4468, к-4471, к-4475, к-4593, к-4604, к-5653, к-5811, Забава, Цукерка, Цукерка белозерная (отбор), Услава, Лакомка, Ранняя лакомка, Краснодарский сахарный 250, к-103, к-104, к-291, к-4442, к-4444, к-4452 и к-4452 (П), к-4456, к-4472, к-4840, к-4472, к-5467, к-5691, к-5819, к-12631, к-13804, к-13807, РССК87-1, РССК87-5. Среди представленных генотипов 15 образцов отечественной селекции и 31 образец коллекции ВИГР им. Н.И. Вавилова: Россия (4%), США (50,2%), Канада (15%), Германия (4%), Великобритания (2%), Франция (2%), Румыния (2%).

Оценку селекционного материала сахарной кукурузы проводили в фазу молочно-восковой спелости. Посев проводили на поле ФГБНУ РосНИИСК Россорго. Предшественник – черный пар, повторность трехкратная. Способ посева – рендомизированный. Учетная площадь делянки – 7,7 м<sup>2</sup>. Измерения и учеты проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [2]. Статистическая обработка материала проводилась в соответствии с методическими указаниями Б.А.Доспехова при помощи программ Excel и Agros 2/09 [3, 4].

**Результаты исследований.** Значения дисперсии и коэффициента вариации структуры початка низкую изменчивость сортообразцов сахарной кукурузы по количеству зерен на початке низкое – по озерненности початка и его диаметру ( $V < 10\%$ ) и среднюю – по остальным изучаемым признакам ( $V = 10-20\%$ ) (таблица 1). Значения коэффициента асимметрии указывает на слабую и среднюю скошенность распределения.

Таблица 1 – Статистические параметры структуры початка сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы, 2022 г.



Параметр	Длина початка	Длина озерненной части	Озерненность початка	Диаметр початка	Кол-во рядов	Кол-во зерен в ряду
Ффакт	10,92*	10,63*	6,37*	9,96*	15,07*	10,83*
НСР <sub>0,05</sub>	1,47	1,66	6,08	0,31	1,17	4,45
Среднее	14,05	12,46	88,50	4,23	12,15	26,10
Ошибка средней	0,25	0,28	0,80	0,05	0,24	0,76
Дисперсия	3,02	3,72	29,86	0,13	2,63	27,21
Коэффициент вариации, V	12,36	15,48	6,18	8,36	13,33	19,99
Коэффициент асимметрии, А	0,07ns	0,41 ns	-0,38 ns	0,33 ns	0,14 ns	0,32 ns
Коэффициент эксцесса, Е	0,30 ns	0,66 ns	-0,49 ns	-0,37 ns	-0,25ns	0,41 ns
Мин.	9,92	8,26	75,75	3,59	8,83	15,58
Макс.	18,13	17,77	98,01	5,13	15,78	40,95

Примечание: \* значимо на уровне P=0.05, ns – незначимо (здесь и далее).

Изменчивость длины початка составила 9,92...18,13 см. Относительно крупное соцветие формировали генотипы: к-4840, к-4442, Цукерка; короткое: к-23867, РССК 87-1, к-4593 (рисунок 1). Диапазон варьирования длины озерненной части и озерненности початка находился в пределах 8,26...17,77 см и 75,75-98,01%. Наибольшие значения этих двух признаков отметили у образца к-4840, наименьшее - РССК 87-1. Изменчивость размера диаметра початка составила 3,59...5,13 см. Относительно крупные размеры зафиксировали у сортообразцов: к-4840, к-4475, мелкие – к-5653, к-4604, к-5691. Количество рядов изменялось от 8,83 до 15,78 шт. По данному признаку высокие показатели выявили у образцов: к-4466, к-4471, к-4456, низкие – к-295, к-5653.

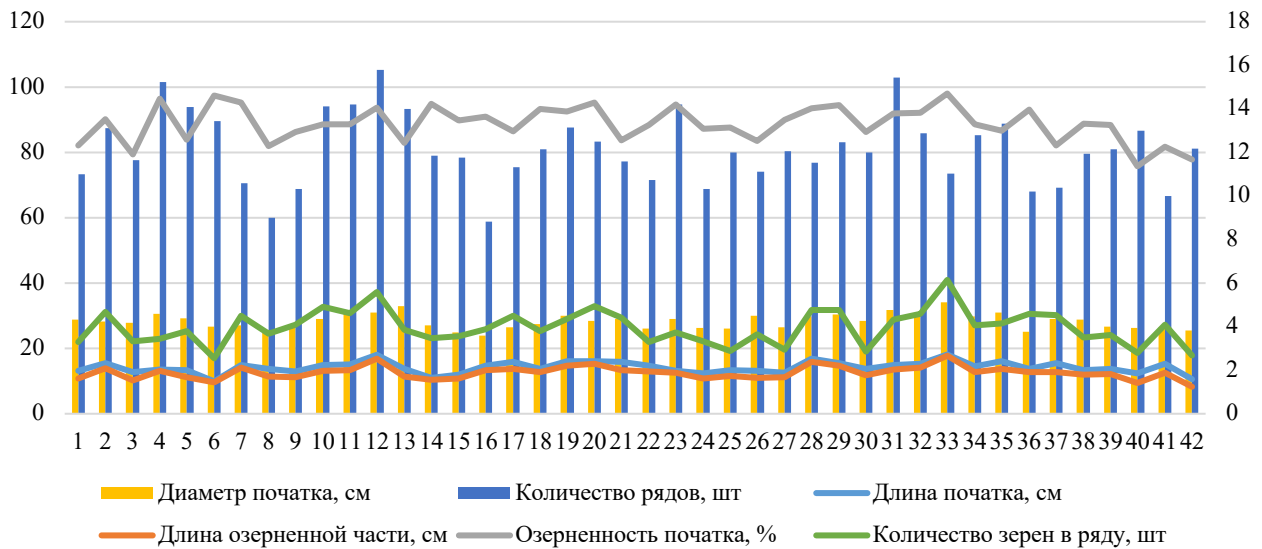


Рисунок 1 - Оценка элементов структуры початка сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы, 2022 г.

Примечание: 1 - к-3151, 2 - к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-5768, 6 - к-23867, 7 – Алина, 8 - к-295, 9 - к-1115, 10 - к-4455, 11 - к-4468, 12 - к-4471, 13 - к-4475, 14 - к-4593, 15 - к-4604, 16 - к-5653, 17 - к-5811, 18 – Забава, 19 - Цукерка, 20 – Цукерка белозерная (отбор), 21 – Услада, 22 – Лакомка, 23 - Ранняя Лакомка, 24 - к-103, 25 - к-104, 26 - к-291, 27 - к-4452 (I<sub>1</sub>), 28 - к-4442, 29 - к-4444, 30 - к-4452, 31 - к-4456, 32 - к-4472, 33 - к-4840, 34 - к-4472, 35 - к-5467, 36 - к-5691, 37 - к-5819, 38 - к-12631, 39 - к-13804, 40 - РССК 87-5, 41 - к-13807, 42 - РССК 87-1

В результате анализа статистических параметров элементов продуктивности и урожайности зерна выявлена высокая изменчивость изучаемых признаков ( $V > 20\%$ ) (таблица 2).

Таблица 2 – Статистические параметры элементов структуры урожайности коллекционных сортообразцов сахарной кукурузы в фазу молочной спелости, 2022 г.

Параметр	Кол-во зерен на початке	Масса початка в обертке	Масса початка без обертки	Масса зерна с 1 початка	Урожайность зерна
Fфакт	16,53*	107,59*	155,49*	101,78*	223,49*
НСР <sub>0,05</sub>	56,91	10,81	7,44	6,27	0,24
Среднее	312,04	172,23	116,64	66,32	2,16
Ошибка средней	10,78	6,17	5,10	3,48	0,14
Дисперсия	5341,88	1596,73	1093,08	508,64	0,75
Коэффициент вариации, V	23,42	23,20	28,34	34,01	40,10
Коэффициент асимметрии, A	0,30 ns	0,32 ns	0,21 ns	0,47 ns	0,28 ns
Коэффициент эксцесса, E	-0,78 ns	-0,43 ns	0,25 ns	0,42 ns	-0,34 ns
Мин.	171,42	99,24	41,78	24,15	0,36
Макс.	583,96	260,77	193,61	129,70	6,30

Одним из основных составляющих урожайности является признак «количество зерен на початке». По данному признаку экстремумы средних значений составили: min – 171,42 шт., max – 583,96 шт. Наиболее продуктивными оказались генотипы: к-4471, к-4455. По признаку «масса початка в обертке» экстремумы значений составили: min - 99,24 г. и max - 260,77 г. (рисунок 2). Высокие значения демонстрировали образцы: к-4468, к-4840, к-4442, Цукерка, Ранняя Лакомка; низкие: к-1115, к-4452 (I<sub>1</sub>). Масса початка без обертки варьировала от 41,78 до 193,61 г. По требованиям Государственного стандарта масса очищенного початка должна составлять не менее 280 г. Таким нормативам в условиях 2023 г., не соответствовал ни один изучаемый образец. Наибольшие значения выявлены у генотипов: к-4840, к-4468. Лимиты средних

значений массы зерна с одного початка составили min - 24,15 г. и max - 129,70 г.

Наиболее продуктивными оказались сортообразцы: к-4468, к-4840, к-4442.

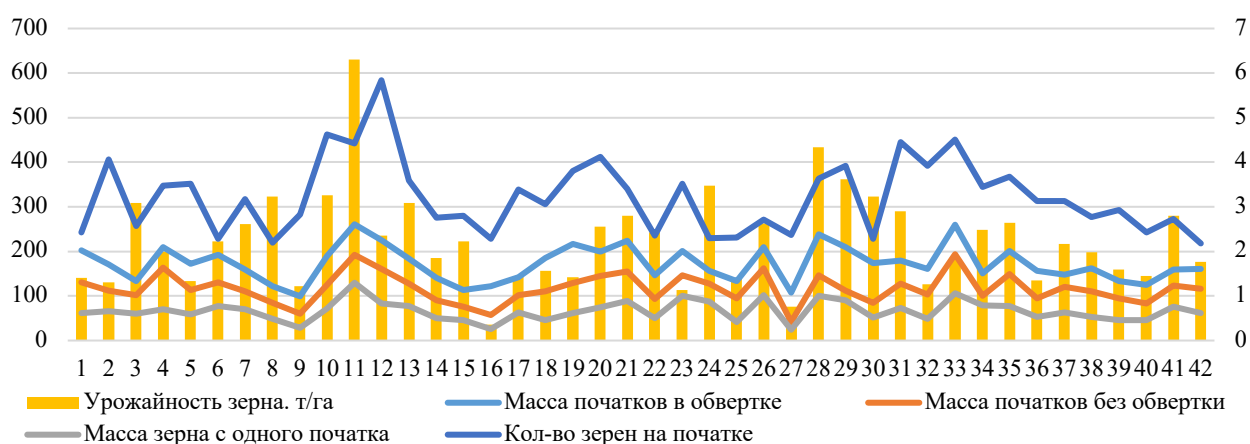


Рисунок 2 - Оценка элементов структуры урожайности сортообразцов сахарной кукурузы, 2022 г.

Примечание: 1 - к-3151, 2 - к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-5768, 6 - к-23867, 7 – Алина, 8 - к-295, 9 - к-1115, 10 - к-4455, 11 - к-4468, 12 - к-4471, 13 - к-4475, 14 - к-4593, 15 - к-4604, 16 - к-5653, 17 - к-5811, 18 – Забава, 19 - Цукерка, 20 – Цукерка белозерная (отбор), 21 – Услада, 22 – Лакомка, 23 - Ранняя Лакомка, 24 - к-103, 25 - к-104, 26 - к-291, 27 - к-4452 (I<sub>1</sub>), 28 - к-4442, 29 - к-4444, 30 - к-4452, 31 - к-4456, 32 - к-4472, 33 - к-4840, 34 - к-4472, 35 - к-5467, 36 - к-5691, 37 - к-5819, 38 - к-12631, 39 - к-13804, 40 - РССК 87-5, 41 - к-13807, 42 - РССК 87-1

Урожайность изменялась от 0,36 до 6,30 т/га (рисунок 3). Максимальное значение признака составило 6,3 т/га (к-4468), и также неплохой показатель 4,33 т/га отметили у образца к-4442. Урожайность генотипа к-4840, показавшего высокие значения по большинству изучаемых признаков, составила 1,82 т/га, что связано с низким значением заложения количества початков в условиях пониженных температур 2022 года.

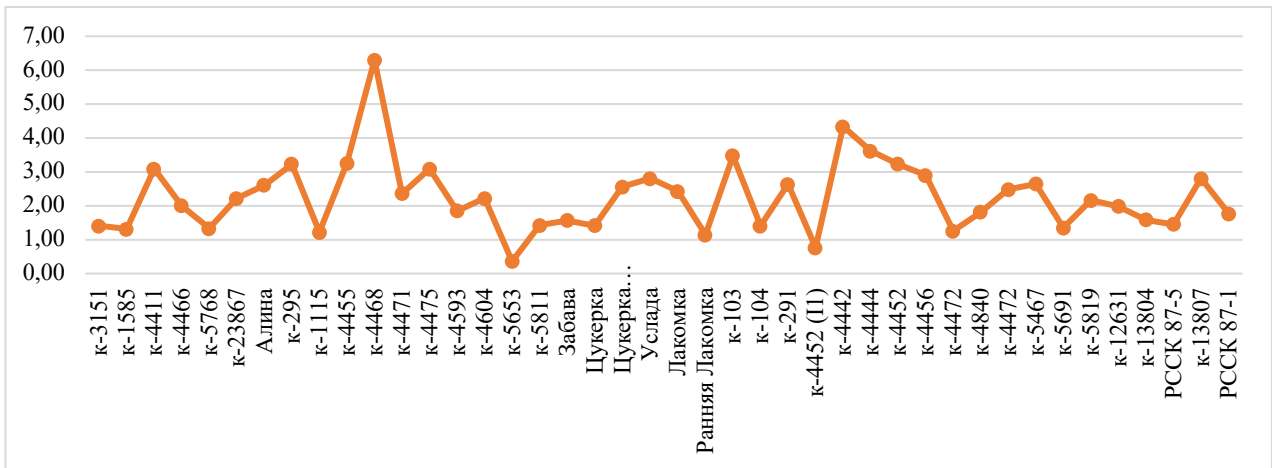


Рисунок 3 – Урожайность зерна молочно-восковой спелости, 2022 г.

Большинство биологических процессов находятся в тесной зависимости, при этом преобладают стохастические взаимосвязи, когда результирующий признак зависит от значений признаков-факторов. Так как, большинство изучаемых хозяйственно-ценных признаков являются количественными и представляют случайные величины, взаимосвязь между ними носит корреляционный характер [5].

Перед проведением корреляционного анализа изучаемые признаки были проверены на нормальность распределения частот по критерию согласия Пирсона (рисунки 4-7). Признаки, у которых распределение частот значительно отличалось от нормального, для расчета коэффициента корреляции не брали

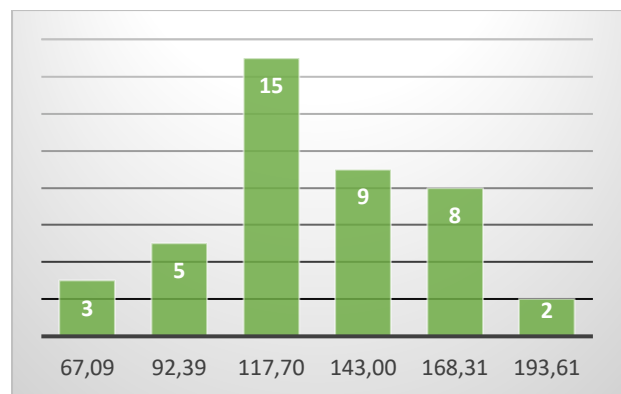
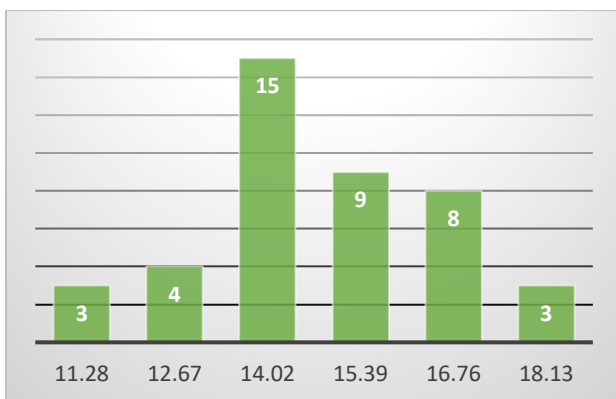


Рисунок 4 – Распределение образцов сахарной кукурузы по длине початка,  $\chi^2 = 2,18$

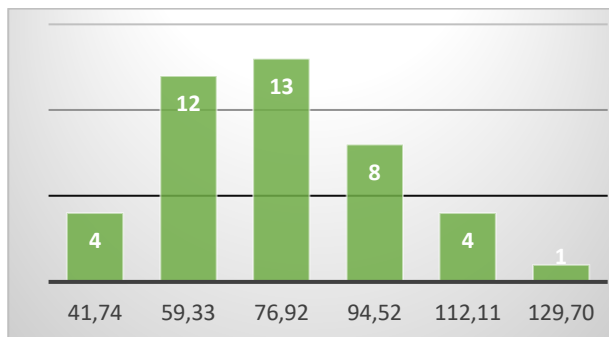


Рисунок 5 – Распределение образцов сахарной кукурузы по массе початка без обертки,  $\chi^2 = 1,83$

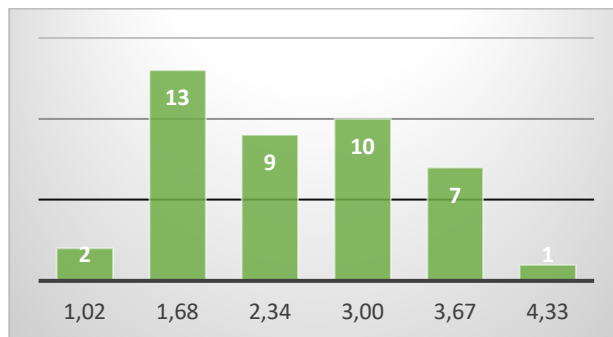


Рисунок 6 – Распределение образцов сахарной кукурузы по массе зерна с одного початка,  $\chi^2 = 0,65$

Рисунок 7 – Распределение образцов сахарной кукурузы по урожайности зерна молочной спелости,  $\chi^2 = 3,42$

Значимый коэффициент корреляции (>70%) выявлен между длиной початка и длиной его озерненной части ( $r=0,93$ ), количеством зерна в ряду ( $r=0,86$ ) и количеством зерна на початке ( $r=0,72$ ), между количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке ( $r=0,84$ ) (рисунок 8); между длиной озерненной части и количеством зерна в ряду ( $r=0,87$ ), а также количеством зерна на початке ( $r=0,77$ ); между диаметром початка и количеством зерна на нем ( $r=0,72$ ), массой початка в обертке и массой початка без обертки ( $r=0,91$ ), между массой початка без обертки и массой зерна с одного початка ( $r=0,88$ ), между фенологическими фазами «всходы-цветение метелки» и «всходы-цветение початка» ( $r=0,92$ ).

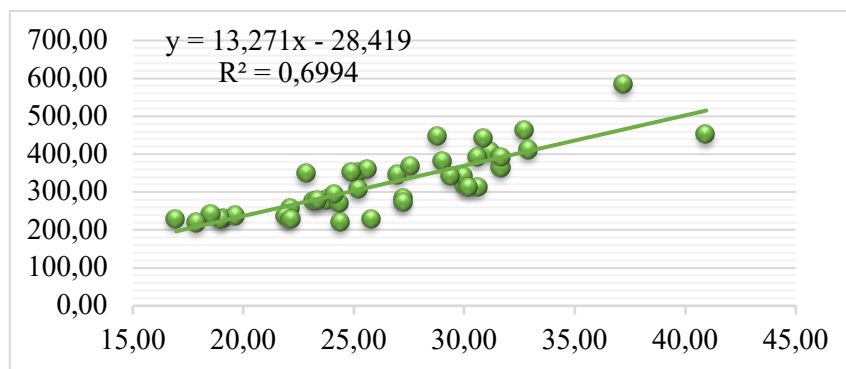


Рисунок 8 – Взаимосвязь между количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке, 2022 г.

Примечание: ось X – количество зерен в ряду, шт, ось Y – количество зерен на початке, шт

Урожайность зерна в наибольшей степени коррелирует с массой зерна с одного початка ( $r=0,67$ ) и количеством заложённых початков ( $r=0,64$ ) (рисунки 9-10), в меньшей – с массой початка в обертке, без обертки и высотой растения ( $r=0,46, 0,48, 0,49$ ) соответственно.

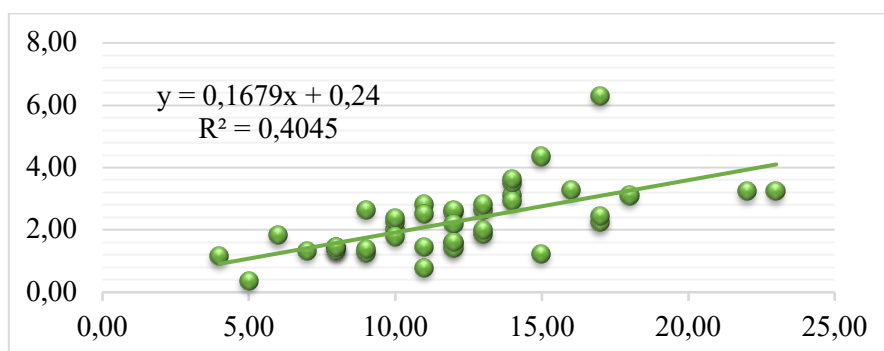


Рисунок 9 – Взаимосвязь между количеством заложённых початков и урожайностью зерна, 2022 г.

Примечание: ось X – количество заложённых початков, шт., ось Y – урожайность, т/га

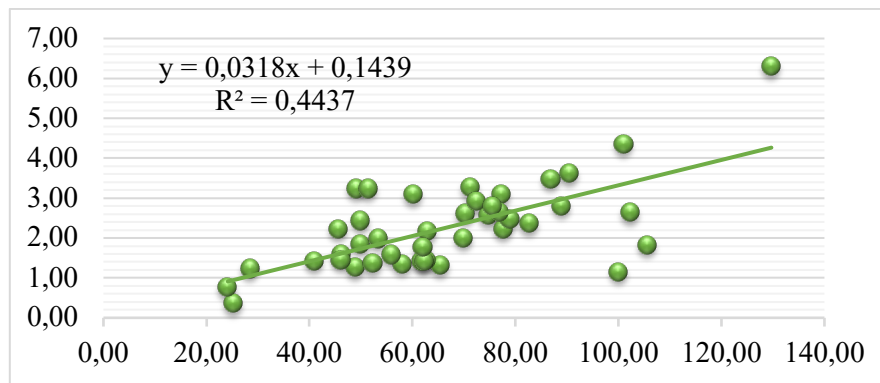


Рисунок 10 - Взаимосвязь между массой зерна с 1 початка и урожайностью зерна, 2022 г.

Примечание: ось X – масса зерна с 1 початка, г., ось Y – урожайность, т/га

**Заключение.** Крупный, озерненный початок формировал генотип к-4840. По количеству рядов и количеству зерен на початке выделили образец к-4471, а по продуктивности - к-4468, к-4840, к-4442, Ранняя Лакомка. Также отметили наиболее урожайные генотипы: к-4468, к-4442.

Урожайность зерна в наибольшей степени коррелирует с массой зерна с одного початка ( $r=0,67$ ) и количеством заложённых початков ( $r=0,64$ ), в меньшей – с массой початка в обертке, без обертки и высотой растения ( $r=0,46, 0,48, 0,49$ ) соответственно.

#### Список литературы

1. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (экологогенетические основы) // М.: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. – Т. II. – 708 с.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: 1989. – 194 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М., 2011. – 352 с.
4. Мартынов С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ «AGROS 2.09». – Тверь, 1999. – 90 с.



5. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel: учебное пособие / В.Р. БАРАЗ. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. – 102 с.

© Гусева С.А., 2023

Научная статья

***К.Е. Денисов, Е.С. Макарова***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», г. Саратов, Россия.

## **ТВЁРДАЯ И МЯГКАЯ ПШЕНИЦА ОЗИМОГО ТИПА РАЗВИТИЯ В СТЕПНОМ ПОВОЛЖЬЕ**

*Аннотация.* В статье разбираются проблемы возделывания в степном Поволжье твёрдой и мягкой пшеницы озимого типа развития. Отмечено, что наиболее ценными для производства являются экологически пластичные сорта, которые обладают более высоким адаптивным потенциалом, они имеют наименьший размах колебаний признаков при возделывании их в различных природных зонах Саратовской области.

Использование в производстве новых экологически пластичных сортов, позволит повысить продуктивность, валовые сборы качественного зерна во всех зонах возделывания этой ценной культуры.

*Ключевые слова:* степное Поволжье, озимая мягкая пшеница, озимая твёрдая пшеница, урожайность, сорт, экологическая пластичность, адаптивность.

***K.E. Denisov, E.S. Makarova***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **HARD AND SOFT WHEAT OF THE WINTER TYPE OF DEVELOPMENT IN THE VOLGA STEPPE**

*Annotation.* The article deals with the problems of cultivation in the steppe Volga region of hard and soft wheat of winter type of development. It is noted that the most valuable for production are ecologically plastic varieties that have a higher adaptive potential, they have the smallest range of fluctuations in traits when cultivated in various natural zones of the Saratov region.

The use of new ecologically plastic varieties in the production will increase productivity, gross yields of high-quality grain in all areas of cultivation of this valuable crop.

*Keywords:* Volga steppe, winter soft wheat, winter durum wheat, productivity, variety, ecological plasticity, adaptability.

Озимая пшеница – одна из урожайных зерновых культур на полях Российской Федерации, в том числе и в Саратовской области, и является стратегической культурой, поэтому рост её урожайности является одной из важнейших хозяйственно-экономических задач.

В Саратовской области урожайность яровой пшеницы почти в 2 раза ниже урожайности озимой пшеницы. Однако экстремальные явления нашего региона (засуха, суховеи, ветровая и водная эрозии почв), приводят к резкому колебанию урожайности и снижению качества зерна. Несмотря на это, в Саратовской области три раза достигнут рекордный валовый сбор зерна, в том числе и в 2022 году (4 млн. 129 тыс. тонн, максимальная урожайность 3,5 т/га).

В степном Поволжье, озимая пшеница размещается на площади около 3 млн. га. Наибольшие её площади расположены в Волгоградской и Саратовской области. Согласно данным филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Саратовской области за последние пять лет общая площадь сева озимой мягкой и твёрдой пшеницы в хозяйствах всех форм собственности Саратовской области увеличилась: в 2018 году она составила 1 070 003 га, в 2022 году – 1 353 279 га.

При этом также увеличилась площади сева озимой твердой пшеницы в 2018 г. – 8 668 га, в 2022 г. – 14 316 га.

Для получения стабильных урожаев зерна этой культуры необходимы сорта, приспособленные к условиям конкретного региона. Об адаптивности новых сортов говорит уровень урожайности соответствующей культуры и её устойчивость к стрессовым факторам. Именно на это и направлена работа многих селекционных школ при создании сортов (Кудряшов И. Н., 2004).

Однако практика показывает, что потенциальные возможности этой культуры в настоящее время используются еще недостаточно полно. На урожайность и качество зерна пшеницы озимого типа развития влияют метеоусловия конкретного года, а также почвенно-климатические факторы и агротехнические приемы.

Факторы, способствующие смягчению влияния внешней среды, как на продуктивность, так и на качество продукции — это лучшие предшественники для конкретной зоны возделывания, оптимальные дозы минеральных удобрений, а также сроки посева, норма высева и др. В исследованиях E. Pollhamer (1973) отмечалось, что новые высокоурожайные сорта озимых, наиболее прихотливы и к агротехнологическим и к почвенно-климатическим условиям.

Поскольку урожай пшеницы озимого типа развития зависит от метеоусловий в зоне возделывания, то необходимо тщательно подбирать сорта для снижения негативного влияния условий внешней среды (Лазарев В. И., 2000; Кружилин И. П., 2001; Луганцев Е. П., 2004; Лиджиев Д. Д., 2005; Солонкин, А. В., 2013).

По данным многочисленных исследований, вклад сорта в урожайность составляет 40-50 %. Потенциал урожайности генотипов современных сортов отечественных селекционных школ довольно значителен. Возделываемые сорта в наших условиях должны иметь ряд устойчивых признаков, от которых зависит получение стабильных урожаев высококачественного зерна. Передовые хозяйства Саратовской области, при соблюдении технологии, получают урожайность зерна до 3,5 т/га.

Кроме того, необходимо учитывать и изменение климата. В связи, с чем влагообеспеченность территорий приобретает особую актуальность. По данным исследований ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», за последние 30 лет среднегодовая температура воздуха в Саратовском регионе увеличилась на 1,2-1,4°C, заметно участились периоды проявления засухи (почвенной и воздушной), а также активно проявляется эрозия почв. Соответственно эти негативные факторы всё больше ограничивают продуктивность озимой пшеницы.

На полях России в основном преобладают посевы мягкой пшеницы, ежегодно производится лишь около 2,0 млн. тонн зерна твердой пшеницы. Спрос на твердые сорта довольно высок на российском рынке. Однако имеются факторы, которые ограничивают расширение использования в производстве пшеницы озимого типа развития, это её слабая зимостойкость и более низкий, по сравнению с мягкими сортами, потенциал урожайности, и эти её биологические особенности, преодолеть селекционерам пока удалось лишь частично (Самофалова Н. Е., 2012; Подлесных Н. В., 2015).

Тем не менее, твёрдая пшеница озимого типа развития даже в достаточно жестких климатических условиях степного Поволжья формирует высокую урожайность до 2,0-4,0 т/га.

Сортовой состав пшеницы озимого типа развития довольно большой и разнообразный не только в сортовом, но и видовом составе, так как кроме сортов озимой мягкой в Нижнем Поволжье начинают внедряться сорта озимой твердой пшеницы. Мягкая озимая пшеница представлена широким спектром районированных сортов, которые ориентированы на Саратовскую область. Сортовой набор твердой озимой пшеницы более скромный (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2022).

Таким образом, для производства особо необходимыми является сорта с комплексом признаков и свойств, которые заложены в генотипе - экологически пластичных пригодных для возделывания в различных природных зонах региона, которые сохраняют высокую урожайность независимо от влияния как

биотических, так и абиотических факторов среды (Perez de la Vega V., 1973). Они должны быть стабильны по годам не только по продуктивности, но и отличаться качеством зерна в меняющихся условиях выращивания (Сапега В. А., 2008).

#### Список литературы

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию Москва 2022 г. С. 5-18.
2. Кружилин И. П. Оценка сортов озимой пшеницы в условиях орошения / И. П. Кружилин, В. В. Балашов, А. А. Айтпаева // Земледелие. – 2001. - №4. – С. 44.
3. Кудряшов И. Н. Оценка влияния генотип-средовых взаимодействий на хозяйственно ценные признаки озимой пшеницы/ И. Н. Кудряшов, А. В. Васильев, Л. А. Беспалова // Сб. науч. трудов в честь 90-летия Краснодарского НИИСХ. – Т. 1. Пшеница. – Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2004. – С. 79–85.
4. Лазарев В. И. Влияние природных и антропогенных факторов на урожай и качество зерна озимой пшеницы / В. И. Лазарев, А. Ю. Аиднев // Вест. РАСХН. – 2000. – № 1. – С. 47-48.
5. Лиджиев Д. Д. Агробиологические особенности и продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от сроков посева, предшественников и удобрений на чернозёмных почвах республики Калмыкия: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Лиджиев Дмитрий Денисович. – Волгоград, 2005. – 23 с.
6. Луганцев Е. П. Совершенствуем технологию производства озимой пшеницы / Е. П. Луганцев // Земледелие. 2004. – № 2. – С. 26-27.
7. Подлесных Н. В. Особенности прохождения этапов органогенеза, фаз роста и развития, урожайность и качество озимой твердой и мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области / Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — № 3 (46). — 2015. – С. 12-22.
8. Самофалова Н. Е. Твердая (тургидная) озимая пшеница в Ростовской области (сортовой состав, технология возделывания, семеноводство)/ Н. Е.

Самофалова, А. С. Попов, Н. П. Иличкина, О. А. Дубинина, Т. Г. Дерова. - ГНУ ВНИИЗК - Ростов-на-Дону, 2012. – 60 с.

9. Сапега В. А. Оценка параметров среды в пунктах сортоиспытания и адаптивной способности сортов пшеницы в условиях Северного Зауралья // С.-х. биология. — 2008. — № 1. — С. 55-59.

10. Солонкин, А. В. Резервы повышения эффективности паров / А. В. Солонкин, В. И. Буюнкин, // Поле деятельности. – 2013. – № 10. – С. 58-61.

11. Perez de la Vega V. Plant genetic adaptedness to climatic and edaphic environment. Euphytica, 1996, 92: 27-38 (doi: 10.1007/ BF00022825).

12. Pollhamer E. Quality of wheat in different agrotechnical trals / E. Pollhamer // Akademiai Kiado, Budapest. – 1973. – 199 p.

©Денисов К.Е., Макарова Е.С., 2023

Научная статья

УДК 63+631.49+579.64:631.5

***А.Ю. Денисова*<sup>1</sup>, *Н.В. Евсеева*<sup>2</sup> *О.В. Ткаченко*<sup>1</sup>, *Г.Л. Бурыгин*<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов ФИЦ СХТ РАН, г. Саратов

## **ВЛИЯНИЕ РИЗОСФЕРНЫХ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ *AZOSPIRILLUM BALDANIORUM* SP245 НА УСТОЙЧИВОСТЬ МИКРОРАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ К БИОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ**

*Аннотация.* В статье рассматривается влияние инокуляции рост-стимулирующими ризосферными бактериями *Azospirillum baldaniorum* Sp245 на способность микрорастений картофеля противостоять воздействию

биотического стресса. Предварительная инокуляция микрорастений данным штаммом препятствует активному размножению фитопатогенных бактерий, уменьшает проявление симптомов пектобактериальной инфекции и делает инокулированные микрорастения более устойчивыми к биотическому стрессу.

*Ключевые слова:* ризобактерии, картофель, *in vitro*, *Azospirillum baldaniorum* Sp245, биотический стресс.

*A.Yu. Denisova*<sup>1</sup>, *N.V. Evseeva*<sup>2</sup>, *O.V. Tkachenko*<sup>1</sup>, *G.L. Burygin*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms FIT SNT RAS, Saratov

## **THE EFFECT OF RHIZOSPHERE STRAINS OF *AZOSPIRILLUM BALDANIORUM* SP245 BACTERIA ON THE RESISTANCE OF POTATO MICRO-PLANTS TO BIOTIC STRESS**

*Annotation.* The article examines the effect of inoculation by growth-stimulating rhizospheric bacteria *Azospirillum baltinform* Sp245 on the ability of potato micro-plants to withstand the effects of biotic stress. Preliminary inoculation of micro-plants with this strain prevents the active reproduction of phytopathogenic bacteria, reduces the manifestation of symptoms of pectobacterial infection and makes inoculated micro-plants more resistant to biotic stress.

*Key words:* rhizobacteria, potato, *in vitro*, *Azospirillum baldaniorum* Sp245, biotic stress.

В последнее время для исследования влияния микроорганизма на важнейшие процессы жизнедеятельности растения-хозяина широко используются активно функционирующие растительно-бактериальные ассоциации, созданные в условиях *in vitro* (Bhattacharyya et al., 2012).

Было показано, что многие штаммы азоспирилл способны повышать устойчивость растений к патогенам и к абиотическим стрессам. Предполагаемые механизмы, используемые PGPR для защиты растения от этих стрессоров, включают продукцию различных фитогормонов, АЦК-дезаминазу, экзополисахариды. Бактерии также влияют на содержание пролина в растениях, как универсального осмопротектора и антиоксиданта (Vurukonda et al., 2016).

Целью проведённого исследования было изучение влияния инокуляции микрорастений картофеля штаммом *Azospirillum baldaniorum* Sp245 на развитие инфекции при последующем введении в стебель фитопатогенной бактерии *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043. Для этого в условиях культуры *in vitro* 21-суточные микрорастения картофеля инфицировали суспензией бактерий *P. atrosepticum* SCRI1043 путем инъекции в третий сверху узел побега. Были инокулированы как стерильные растения, так и предварительно инокулированные штаммом *A. baldaniorum* Sp245 в этом же и предыдущем пассажах. Процент поражения растений определяли через 10 суток после инфицирования, подсчитывали КОЕ бактерий выше и ниже укола, идентифицировали бактерии методом иммунодиффузии и иммуноферментным анализом. Контролем служили стерильно выращенные микрорастения.

Среди инфицированных растений наиболее развитой корневой системой обладали варианты с предварительной инокуляцией штаммом *A. baldaniorum* Sp245, что указывает на наличие реакции на рост-стимулирующую ризосферную бактерию. На стеблях зараженных растений в месте введения пектобактерий появлялась «чёрная ножка», а также развивались гнилостные процессы выше места инфицирования. Количество таких растений было заметно ниже в вариантах с предварительной инокуляцией штаммом *A. baldaniorum* Sp245. Процент поражения в варианте с предварительной инокуляцией штаммом *A. baldaniorum* Sp245 в этом же пассаже составлял 45%, а если инокуляция была проведена в предыдущем пассаже, то порядка 50%. При инокуляции патогеном стерильных растений процент поражения составил 65%.

Концентрация клеток *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 в месте



введения патогена, а также выше и ниже места введения была оценена методом высева КОЕ. Результаты показали, что в вариантах с предварительной инокуляцией штаммом *Azospirillum baldaniorum* Sp245 численность пектобактерий в месте введения была ниже более чем в 60 раз. В варианте без предварительной инокуляции в участке стебля выше места введения патогена количество клеток было в 200 раз больше.

Таблица – Количество клеток штамма *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 в разных частях стебля микрорастений картофеля относительно места введения суспензии фитопатогена (КОЕ/см стебля)

Фрагмент стебля	Без предварительной инокуляции <i>A. baldaniorum</i> Sp245	Однократная инокуляция штаммом <i>A. baldaniorum</i> Sp245	Двукратная инокуляция штаммом <i>A. baldaniorum</i> Sp245
Выше места введения	$1,4 \times 10^7$	$9,0 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$
В районе места введения	$4,0 \times 10^7$	$6,5 \times 10^5$	$2,0 \times 10^9$
Ниже места введения	$2,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^5$	$8,0 \times 10^4$

Также была проведена оценка экспрессии двух генов *StERF* и *StLOX*, связанных с иммунными ответами растений на воздействие патогенов.

*ERF Solanum tuberosum* этилен-чувствительный фактор транскрипции, участвующий в регуляции экспрессии генов во время созревания плодов, с помощью факторов стресса и компонентов путей передачи сигналов стресса. *LOX - Solanum tuberosum*, вероятно, линолеат 9S-липоксигеназа, являющаяся первым ферментом в биохимическом пути биосинтеза жасмоновой кислоты.

Оксилипины, полученные из 9S-липоксигеназы, активируют brassinостероидную сигнализацию, способствуя защите клеточной стенки и ограничивая инфекцию патогенов (Marcos et al., 2015). Соединение, полученное из *LOX1* (9S)-гидроперокси-(10E,12Z,15Z)-октадекатриеноат, защищает ткани растений от заражения бактериальным патогеном *Pseudomonas syringae* pv *tomato* DC3000. Инокуляция микрорастений *A. baldaniorum* Sp245 повышает уровень экспрессии генов *StERF* и *StLOX* соответственно в 4,79 и 3,72 раза, что вероятно является фактором, стимулирующим иммунитет и защиту от патогена, обнаруженную в наших экспериментах. Внесение в иммунизированные растения патогена *Pectobacteria* sp. практически не приводит к изменению экспрессии гена *StERF* (уровень экспрессии составляет 4,72 от контроля). Но уровень экспрессии гена *StLOX* снижается существенно до значения 1,37.

Таким образом, предварительная инокуляция микрорастений ризосферным рост-стимулирующим штаммом *Azospirillum baldaniorum* Sp245 препятствует активному размножению фитопатогенных бактерий, уменьшает проявление симптомов пектобактериальной инфекции и делает инокулированные микрорастения более устойчивыми к биотическому стрессу.

#### Список литературы

1. Bhattacharyya P.N. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture / P.N. Bhattacharyya, D.K. Jha. // World J. Microbiol. Biotechnol. - 2012. V. 28. P. 1327–1350.
2. Marcos R. • 9-Lipoxygenase-Derived Oxylipins Activate Brassinosteroid Signaling to Promote Cell Wall-Based Defense and Limit Pathogen Infection / R. Marcos, Izquierdo Y., Vellosillo T., Castresana C. // Plant Physiology – 2015. V. 169(3).
3. Vurukonda S. S. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria / S.S. Vurukonda, S. Vardharajula, M. Shrivastava // Microbiological Research. – 2016. V. 184. P. 13–24.

©Денисова А.Ю., Евсева Н.В., Ткаченко О.В., Бурьгин Г.Л., 2023

Научная статья

УДК633.34

*А.А. Дыжина, В.И. Жужукин*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ КОЛЛЕКЦИИ ВИР**

*Аннотация.* В статье рассматриваются хозяйственно-ценные признаки сортообразцов сои коллекции ВИР таких как: высота растений, высота прикрепления нижнего боба, число продуктивных узлов и количество бобов с растения.

*Ключевые слова:* Соя, боб, признак, высота растений, число узлов.

*A.A. Dyzhina, V.I. Zhuzhukin*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **EVALUATION OF ECONOMIC-VALUABLE TRAITS OF SOYBEAN VARIETIES OF THE VIR COLLECTION**

*Annotation.* The article discusses the assessment of economically valuable traits of soybean varieties from the VIR collection, such as plant height, height of attachment of the lower bean, the number of productive nodes and the number of beans per plant.

*Key words:* Soybean, bean, trait, plant height, number of nodes.

Соя – уникальная белково-масличная культура мирового значения. Ее семена содержат в среднем 37-42% белка, 19-22% жира и до 30% углеводов. По

аминокислотному составу процент сои близок к белку куриных яиц, а масло относится к легкоусваиваемым и содержит жирные кислоты, не вырабатываемые организмом животных и человека. Белок сои рассматривается как наиболее высококачественное и дешевое решение белкового дефицита в мире. В мировом производстве пищевого растительного масла соя занимает 1-е место, на ее долю приходится 40%, а на долю подсолнечника – 17%. Вследствие ее высокой пластичности сою возделывают более 70 стран мира [4].

В России площади, занятые под посевы этой культуры в 2022 году составили 3 469,9 тыс. га. В Саратовской области в 2022 году соя выращивалась на площади 40 тыс.га в 20 районах. Сортовой ассортимент был представлен 24 сортами Российской и зарубежной селекции, около 50% посевных площадей было засеяно отечественными семенами.

Поэтому для того чтобы сократить импорт семян главной задачей селекции сои является работа над созданием отечественного исходного материала, непрерывное улучшение основных хозяйственно ценных признаков с целью увеличения объёмов производства, расширения ареала возделывания и улучшения качества продукции.

Целью исследования было провести оценку хозяйственно-ценных признаков сортообразцов сои коллекции ВИР. В качестве изучаемого материала было взято 22 сортообразца.

Исследование было проведено в 2022 г. на производственном поле ОВП «Покровское».

Образцы высевали на однорядковых делянках длиной 5,5 м с нормой посева сои 35 всхожих семян на 1 погонный метр. Ширина междурядья – 0,7 м. Повторность трехкратная [9].

Дата посева сортообразцов– 16 мая. Всходы появились – 30 мая. Уборку образцов проводили по мере созревания бобов.

В ходе проведения исследования был определен диапазон изменчивости хозяйственно-ценных признаков изучаемых линий (таблица).

Таблица – Хозяйственно-ценные признаки сортообразцов сои, 2022г.

№п/п	Название	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Число продуктивных узлов, шт	Количество бобов с растения, шт
1	Марина	87,8r	14,9o	28,6n	54,3o
2	Чира-1	76,9jkl	6,7ab	14,6hij	33,7ij
3	Мерчен	53,9bc	7,6bcd	8,4a	27,9def
4	Цивиль	108,4s	22,7s	13,5efghi	32,7ghij
5	Дуниза	83,1no	16,5p	16,3jk	25,2bcde
6	Романо	55,0c	5,6a	11,5bcd	41,5m
7	Весточка	45,4a	6,8ab	26,2m	46,8n
8	Свапа	51,5b	13,8mno	10,3b	24,6bcd
9	Зуша	53,8bc	8,5cde	13,7fghi	25,8bcde
10	Красивая Меча	87,7pqr	19,9r	15,2ijk	28,1def
11	Осмось	72,6h	13,3jklmn	12,1cdef	27,1cde
12	Ланцетная	72,6fgh	13,7klmn o	13,1defg h	21,9ab
13	Мезенка	64,7bc	9,2ef	10,0ab	33,7j
14	ВНИИОЗ 11	75,7ijkl	10,9ghi	14,4hi	19.1a
15	Евгения	72.3gh	9,4ef	12,8defgh	25,9bcde
16	Персона	52,9bc	8,5de	11,6bcde	28,5defg
17	Уркан	87,8qr	19,8qr	16,7k	22,8abc
18	Антон Толпышев	77,5klm	13,9no	14,0fghi	29,2efg
19	Вейделевская 17	68,5e	9,1def	21,3l	40,5lm
20	Амазонка	79,9m	11,2hi	12,4defg	27,5de

21	Самер 4	83,8o	10,3fgh	14,4hi	33,4hij
22	Самер 5	77,9lm	13,8mnj	14,1ghi	32,0fghij
Fфакт		255,893*	87,532*	69,570*	38,943*
НСР0,5		2,686	1,371	1,621	3,829

Высота растения так же, как и высота прикрепления нижнего боба являются одними из основных признаков у сои, которые определяют пригодность сорта к полному механизированному возделыванию от посева до уборки. Высота растения варьировала от 45,4см у образца Весточка до 108,4см Цивиль. Среди изучаемых сортообразцов по высоте прикрепления нижнего боба отличились следующие: Чира-1, Романо, и Весточка высота прикрепления нижнего боба составила всего 5,6-6,8 см, максимальная высота была у сортообразцов Цивиль, Красивая Меча и Уркан и составила 22,7-19,8 см. Следует отметить, что более половины изучаемых линий по данному признаку превысили 10 см, а значит они пригодны для механизированной уборки и потери при этом будут минимальны.

По генеративному признаку: число продуктивных узлов достоверно превзошел другие сортообразцы сорт Марина и составил 28,6, так же отличились Весточка и Вейделевская 17. Наименьшим числом продуктивных узлов отличился сорт Мерчен - 8,4, Свапа - 10.3 и Мезенка - 10.

В ходе эксперимента наибольшим количеством бобов с растения отличились образцы Марина и Весточка, они достоверно превзошли другие изучаемые сортообразцы, количество бобов составило 54,3 и 46,8 шт. С низким количеством бобов выделены образцы: Ланцетная и ВНИИОЗ 11 - 19,1 и 21,9 шт на растении.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что изучаемые линии показали разную селекционную ценность. Следует отметить, что сортообразцы Марина, Цивиль, Красивая Меча, Уркан, и Вейделевская 17 превысили остальные по ряду признаков и рекомендованы для дальнейшего изучения.

## Список литературы

1. Аржанухин, Е.А. Эколого – агрохимическая и агрофизическая оценка систем удобрений орошаемой сои на черноземах Поволжья/Авторед. дис.: канд. с.-х. наук Е.А. Аржанухин.// – Саратов, - 2006. – 20с.
2. Галиченко, А.П. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои/ А.П. Галиченко, Е.М. Фокина.// - Урал, -2022. – 16-25с.
3. Зыков С.А.Соя главные составляющие большого урожая.// Журнал Агрофорум. 2019.–9-16 с.
4. Ибрагимов А. — Соя – решение проблемы белкового дефицита/ Автор: кандидат с.-х. наук А. Ибрагимов.// - Махачкала, -2015.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биологических специальностей вузов - 4-е издание, переработанное и дополненное. //М: Высшая школа. - 1990- 352 с.
6. Методические указания по государственному сортоиспытанию.//Вып. 1(28). – М.: Колос, 1979. – 51 с.
7. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Сост. Н. И. Корсаков, О. П. Адамова, В. И. Буданова;// ВАСХНИЛ, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. - Ленинград: ВИР, 1975. - 59 с.
8. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Под ред. Н.И. Корсакова;// ВИР. – Л., 1975. – 60с.
9. Методические указания по проведению полевых агротехнических опытов с соей и наблюдений в них / В.Ф. Баранов //– Краснодар, 1983. – 10 с.
10. Сингх Гурикбал. Соя: биология, производство, использование // – Киев: Издательский фонд «Зерно», 2014. – 654с.

©Дыжина А.А., Жужукин В.И., 2023

Научная статья

УДК 633.112.9:631.524.8

***Т.И. Дьячук, В.Н. Акинина, О.В. Хомякова, С.В. Жилин, Е.К. Барнашова,  
В.П. Куликова, Э.В. Калашникова***

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

## **СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА ТРИТИКАЛЕ (*TRITICOSECALE WITTMACK*) В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

*Аннотация.* В статье представлены результаты изучения сортов и перспективных линий озимого тритикале, созданных в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». В качестве стандартов служили сорта Зубр и Валентин 90, допущенные к возделыванию в условиях Нижнего Поволжья. Статистически значимые превышения урожая зерна в сравнении со стандартами (+2,0-3,2т/га к Зубру и +1,8-2,5т/га к Валентину 90) выявлены у 7 линий тритикале: №№10 (F<sub>6</sub>Зимогор/оз.мягк. пш.), 11 (ДН-21/Каприз), 12 (F<sub>6</sub>Зубр/АДП-2//Полесский 10/АДП-2///Зубр/Pinokio), 16 (F<sub>13</sub>МАГ/Корнет), 17 (Зимгор/оз.мягк.пш.), 21 (ДН-10/АДМ-7), 24 (F<sub>5</sub>Водолей/АДП-2//Colina///ТИ-17). У большинства перспективных линий высота соломины растений снижена по сравнению с сортом Зубр на 12-25 см. Наиболее высокорослыми были сорт Зубр, Л.№32 и Л.№35. Значение показателя «масса 1000 зерен» у сортов и линий тритикале варьировало от 46 до 57г (НСР<sub>05</sub> – 1,9г). Наибольшее значение отмечено у сорта Зубр (55г) и линий №№3, 16, 23, 24 и 29. При провокации зерна к прорастанию в различные периоды развития зерновки выделены устойчивый сорт КС1 и Л.78/2021.

*Ключевые слова:* тритикале, урожай зерна, высота растений, устойчивость к предуборочному прорастанию зерна



*T.I. Dyatchuk, V.N. Akinina, O.V. Khomyakova, S.V. Zilin, E.K. Barnashova, V.P. Kulikova, E.V. Kalashnikova*

Federal State Budgetary Scientific Organization "Federal Center of Agriculture Research of South-East Region", 410010, Saratov, Russia

## **BREEDING EVALUATION OF THE TRITICALE GENE POOL (*TRITICOSECALE* WITTMACK) IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION**

*Annotation.* The article presents the results of the study of varieties and promising lines of winter triticale, created in the Federal State Budgetary Scientific Institution "FANC of the South-East". The varieties Zubr and Valentin 90, approved for cultivation in the conditions of the Lower Volga region, served as standards. Statistically significant excess of grain yield in comparison with the standards (+2.0-3.2 t/ha to Zubr and +1.8-2.5 t/ha to Valentin 90) was found in 7 lines of triticale: No. 10 (F6 Zymogor/winter common wheat), 11 (DN-21/Kapriz), 12 (F6Zubr/ADP-2//Polesskiy 10/ADP-2///Zubr/Pinokio), 16 (F13MAG/Cornet), 17 (Zimogor/ winter common wheat), 21 (DN-10/ADM-7), 24 (F5 Vodoley/ADP-2//Colina//TI-17). In most promising lines, the height of the straw of plants is reduced by 12-25 cm compared to the Zubr variety. The Zubr, L. No. 32 and L. No. 35 varieties were the tallest. The value of the indicator "weight of 1000 grains" in varieties and lines of triticale varied from 46 to 57 g (HCP<sub>05</sub> - 1.9 g). The highest value was noted in the variety Zubr (55g) and lines Nos. 3, 16, 23, 24 and 29. When grain was provoked to germinate in different periods of grain development, resistant varieties KS1 and L.78/2021 were identified.

*Key words:* triticale, grain yield, plant height, resistance to pre-harvest sprouting

С учетом глобальных и локальных изменений климата решающее значение приобретает биоразнообразие возделываемых культур, использование культур нового поколения, наиболее приспособленных к лимитирующим факторам

окружающей среды. К таким культурам относится тритикале – гибрид пшеницы и ржи. Площади под тритикале в мире постоянно расширяются: в 1986 году они составляли 1075800 га, в 1992г – 2367800 га, в 2012 г – 3389660га и в 2018г – около 4 млн. га. Наибольшее распространение культура получила в странах с низким уровнем плодородия земель и хорошо развитым животноводством (Польша, Германия, Франция, Беларусь). В РФ количество посевных площадей варьирует на уровне 165-251 тыс. га и возросло на 20,5% по сравнению с 2009 годом. По устойчивости к абиотическим стрессам тритикале превосходит другие злаки [1,2,4]. Дальнейшее распространение тритикале сдерживается отсутствием адаптированных сортов, отвечающим разнообразным требованиям производства.

Создание высокоурожайных сортов с групповой комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам и хорошим качеством продукции – приоритетное направление селекции культуры в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». В родословную создаваемых сортов включаются лучшие достижения по мировой селекции этой культуры, а также сорта озимой мягкой пшеницы. Большинство перспективных линий имеют в родословной сорта селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский Аграрный Научный Центр» («ФРАНЦ») (табл.).

Главными недостатками первого созданного в лаборатории клеточной селекции сорта Зубр являются высокорослость соломины и неустойчивость к полеганию в условиях достаточной влагообеспеченности. Как уже отмечалось, одной из важных задач селекции культуры при сохранении потенциала урожайности является снижение высоты соломины. Урожай зерна сортов и перспективных линий варьировал от 3,3 до 6,9т/га (НСР<sub>05</sub> – 1,8т/га). Урожай зерна сортов Зубр, Георг и Валентин 90 составил 3,4; 4,2 и 4,1 га соответственно. Статистически значимые превышения показателя в сравнении со стандартами (+2,0-3,2т/га к Зубру и +1,8-2,5т/га к Валентину 90) выявлены у 7 линий тритикале: №№10 (F<sub>6</sub>Зимогор/оз.мягк. пш.), 11 (ДН-21/Каприз), 12 (F<sub>6</sub>Зубр/АДП-2//Полесский 10/АДП-2///Зубр/Pinokio), 16 (F<sub>13</sub>МАГ/Корнет), 17

(Зимгор/оз.мягк.пш.), 21 (ДН-10/АДМ-7), 24 (F<sub>5</sub>Водолей/АДП-2//Colina///ТИ-17). У большинства перспективных линий высота соломины снижена по сравнению с сортом Зубр на 12-25 см. Наиболее высокорослыми были сорт Зубр, Л.№32 и Л.№35. Сорт Валентин 90 характеризовался минимальной высотой растений.

Таблица – Урожай зерна, масса 1000 зерен и высота растений у сортов и линий тритикале

№ линии, сорта	Происхождение	Урожай зерна, т/га	Высота растений, см	Масса 1000 зерен
4	Зубр, ст.	3,3	133	56
8	Валентин 90, ст.	4,2	101	50
9	Георг	5,3	108	48
3	F <sub>7</sub> Саргау/Полесский 7// Newton/ Саргау//KS88Т-142///Pinokio	4,9	128	51
6	F <sub>13</sub> Водолей/АДП-2//Colina	5,7	123	50
7	F <sub>17</sub> Саргау/Полесский 7	4,7	123	47
10	F <sub>6</sub> Зимогор/оз.пш. Л.39	5,9	110	49
11	F <sub>6</sub> ДН-21/Каприз	6,1	114	51
12	F <sub>6</sub> Зубр/АДП-2//Полесский10/АДП-2///Зубр/Pinokio	6,0	110	57
15	F <sub>8</sub> Кастусь/Губерния	5,2	113	43
16	F <sub>13</sub> МАГ/Корнет	6,1	113	51
17	F <sub>6</sub> Зимогор/оз.пш.Л.39	5,6	108	46
19	F <sub>12</sub> МАГ/Эллада	5,4	127	49
21	F <sub>11</sub> ДН-10/АДМ-7	6,9	128	48
23	F <sub>11</sub> Новинка/Сар.6//Мудрец/Студент	5,0	115	51
24	F <sub>5</sub> Водолей/АДП-2//Colina///ТИ-17	5,4	123	51

28	F <sub>6</sub> Балауса, Казахстан /// Newton/Саргау//KS88Т142///Корнет	4,4	120	45
29	F <sub>6</sub> ДН-18/Зимогор	4,7	125	59
31	F <sub>9</sub> Союз//Полесский/АДП-2	4,5	123	48
32	F <sub>9</sub> ДН-10/АДП-2	4,5	133	44
33	F <sub>6</sub> ДН-18/Зимогор	4,5	128	47
35	F <sub>6</sub> Каприз///Новинка/Сар.6//KS88Т- 142	5,4	140	43
Ффакт.		10,992*	12,585*	28,416*
НСР <sub>05</sub>		1,8	9,2	1,9

Крупность зерна, выраженная показателем «масса 1000 зерен» - интегральный признак, влияющий на потенциальную продуктивность, всхожесть, жизнеспособность и технологические показатели качества семян. Варьирование этого показателя происходит под влиянием погодных условий региона. Значение показателя «масса 1000 зерен» у сортов и линий тритикале варьировало от 43 до 57г (НСР<sub>05</sub> – 1,9г). Наибольшее значение отмечено у сорта Зубр и линий №№3, 12,16, 23, 24 и 29.

Прорастание зерна в колосе приводит к снижению урожайности зерна, его посевных и технологических свойств. Даже в условиях Нижнего Поволжья бывают годы, когда количество осадков за период вегетации в 2-3 раза превышает среднемноголетние нормы, что приводит к предуборочному прорастаню зерна в колосьях. Селекция на этот признак затруднена по причине комплекса генетических факторов, влияющих на устойчивость и их взаимосвязями с факторами окружающей среды. Ведущую роль в устойчивости к предуборочному прорастаню играют Vp-гены, контролирующие развитие зародыша и покой семян [3]. Тритикале является наиболее чувствительной культурой среди зерновых к предуборочному прорастаню зерна. Показана эффективность пирамидирования генов устойчивости к ППЗ, перенесенных из пшеницы, для селекции устойчивых сортов тритикале [5].

Среди различных методов оценки сортов на устойчивость к предуборочному прорастанию применяют искусственную провокацию прорастания свежесобранного зерна в чашках Петри и определение индекса прорастания. Для оценки линий тритикале к предуборочному прорастанию зерна были определены содержание сухого вещества в различные периоды развития зерновки и соответствующий ему индекс прорастания (ИП). ИП определяли по формуле: 
$$\text{ИП} = \frac{7n_1 + 6n_2 + 5n_3 + 4n_4 + 3n_5 + 2n_6 + 1n_7}{\text{количество дней проращивания} \times \text{количество зерен}}$$
 где  $n_1 \dots n_7$  - число проросших зерен на 1,2-й и последующие дни проращивания. Индекс проращивания ранжируется от 0 до 1. К устойчивым к предуборочному прорастанию зерна принято относить сорта, индекс прорастания которых на 7-е сутки не превышает 0,1-0,2.

Зерновки неустойчивых к ППЗ сортов и линий начинали прорастать при отборе проб с содержанием сухого вещества близком к 60%, а ИП составлял более 0,3 (сорт Зубр, линия 422/2021). При увеличении содержания сухого вещества ИП у сорта Зубр увеличился до 0,6, а у линии 422/2021 до 0,9. У устойчивых линий и сортов (КС1, Линия №78) ИП составил 0,1 и оставался без изменения в последующие стадии развития зерновки. Устойчивые к ППЗ линии являются источниками этого ценного признака в селекции тритикале.

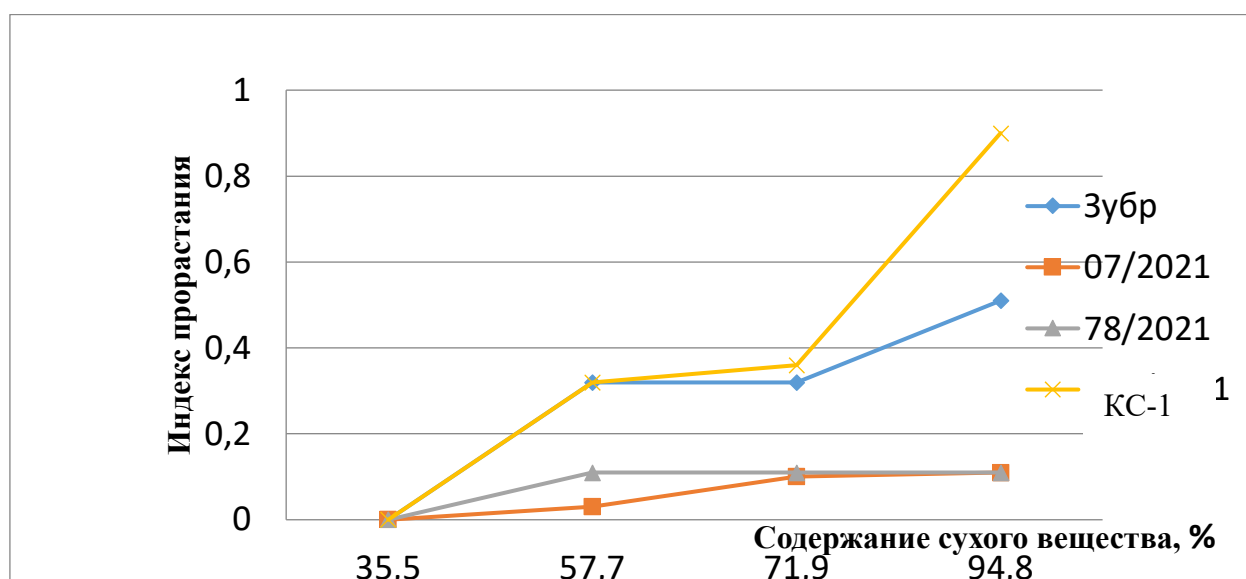


Рисунок – Содержание сухого вещества и индекс прорастания у сортов и линий озимого тритикале

Таким образом, созданные линии сочетают высокий урожай зерна со сниженной высотой растений. Выделены устойчивые к предуборочному прорастанию зерна сорт КС1 и линия №78/2021.

#### Список литературы

1. Грабовец А.И., Крохмаль А.В. ТРИТИКАЛЕ. – Ростов-на Дону: ООО «Издательство «ЮГ», 2019. – 240с

2. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale – a review

//Cereal Res. Com. – 2014. – Vol.42. – P.359-375. DOI: 10.1556/CRC.42.2014.3.1.

3. Tai L., H. Wang, X.xu, W. Sun, W. Liu, W. Li, J. Sun, K.Chen. Pre-harvest sprouting in cereals: genetic and biochemical mechanisms. Journal of Experimental Botany. 2021. Vol.72. P.2857-2876. DOI: 10.1093/Jxb/erab024.

4. Mergoum M., Sapkota S., ElFatih A., ElDoliefy A.,Naraghi S., Pirseyedi M., Alami M. and AbuHammad W. Triticale (Triticosecale Wittmack) Breeding // Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals. Al-Khayri et al.(eds). – Springer Nature Switzerland AG, 2019. – P .405-451. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8\_11.

5. O. Moullet, G. Diaz Bermudez, D. Fossati, C. Brabant, F. Mascher. Pyramiding wheat pre-harvest sprouting genes in triticale breeding. Mol. Breeding. 2022. Vol.42:60. DOI: 10.1007/s11032-022-01327-3.

© Т.И. Дьячук, В.Н. Акинина, О.В. Хомякова, С.В. Жилин, Е.К. Барнашова, В.П. Куликова, Э.В. Калашникова, 2023

Научная статья

УДК 633.37:636.085.552

***С.А.Зайцев, О.С. Башинская, А.Ю. Лёвкина, Д.П. Волков***

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», Россия, 410050, г. Саратов, ул. 1-й Институтский проезд, 4, 8452794969,

## **ЧИНА ПОСЕВНАЯ (*LATHYRUS SATIVUS* L.) В КАЧЕСТВЕ ПИЩЕВОЙ И КОРМОВОЙ КУЛЬТУРЫ**

*Аннотация.* Статья посвящена обзору направлений использования одной из древнейших окультуренных растений – чины посевной. Чина посевная традиционно выращивается на пищевые цели в южных странах с аридным климатом или в засушливый период. Приведены данные по семенной продуктивности, урожайности зеленой массы, результаты оценки селекционного материала по биохимическому составу.

*Ключевые слова:* чина посевная, *Lathyrus sativus*, семена, урожайность, качество, комбикорм, направление использования

***S.A. Zaitsev, O.S. Bashinskaya, A.Yu. Lyovkina, D.P. Volkov***

Russian Research Institute for Sorghum and Maize «Rossorgo»

## **GRASS PEA (*LATHYRUS SATIVUS* L.) AS A FOOD AND FORAGE CROP**

The article is devoted to an overview of the directions of using one of the oldest cultivated plants - the grass pea. Grass pea is traditionally grown for food purposes in southern countries with arid climates or during dry periods. Data on seed productivity,

yield of green mass, results of evaluation of breeding material by biochemical composition are given.

**Введение.** Чина посевная (*Lathyrus sativus* L.) – одна из древнейших окультуренных растений. Семена чины были выявлены между ископаемыми остатками периода неолита, относящихся к эпохе древнего Египта, в гробницах Gebelen и Dra-Abu-Negga. В Античном Риме имелись различные сорта чины, которая использовалась под названием *cicercula* для откорма крупного рогатого скота [1]. Чина – бобовая культура, считается одной из самых устойчивых к климатическим переменам и биотическим стрессорам. Мощная проникающая корневая система позволяет возделывать чину посевную на различных типах почв, в том числе на малопродуктивных. Развивая эффективный симбиоз с азотфиксирующими бактериями, она удовлетворяет собственные потребности в азоте и позитивно влияет на последующие культуры. Ввиду постоянно меняющихся климатических факторов чина посевная заслуживает большого внимания в качестве адаптивной культуры кормового и пищевого направления [2].

На ценность и важность чины посевной как пищевой культуры указывают такие факты как возделывание ее в различных регионах: Индии, Пакистане, Непале, Эфиопии, в меньшей степени, в странах Европы, Ближнего Востока, Северной Африки, Чили, Бразилии [3]. В Индии её выращивают на высоте до 1300 м над уровнем моря, а в некоторых частях Эфиопии на высоте 2500–3000 м при среднем годовом количестве осадков 1000 мм [4, 5]. Как яровую культуру чину возделывают в высокогорных районах Кашмира и Непала и как озимую культуру в низинах, например, в Бангладеш [6]. В силу своих биологических особенностей чина посевная способна занять в сельском хозяйстве РФ агроэкологическую нишу на территориях с недостаточным увлажнением между агрономическими ареалами выращивания гороха и нута (Саратовская область, Самарская область, Республика Крым, Омская область, Орловская область, Курганская область). [7, 8, 9, 10]. Огромный потенциал для возделывания чины имеется в регионах Северного



Кавказа: Республике Дагестан, Республике Северная Осетия-Алания, Ростовской области [11, 12, 13, 14, 15].

**Материал и методы.** Полевые исследования проводились в почвенно-климатических условиях г. Саратова в 2020-2022 гг. Гидротермический коэффициент в период май – сентябрь варьирует от 0,48 до 1,05. В состав модельной популяции чины посевной включены сорта Рачейка, Мраморная, Жемчужина, Елена, а также 14 линий рабочей коллекции, полученные путем отбора из генофонда ФИЦ ВИГГР им. Н.И. Вавилова (ВИР). Повторность опыта – трехкратная. Учетная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. Агротехника в опыте – зональная, разработанная в ФГНУ РосНИИСК «Россорго». Исследование основывалось на методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, методике полевых исследований [16, 17].

**Результаты.** Кормовое направление предполагает возделывание чины посевной на семена (зерно), зеленую массу, сено. Семенная продуктивность является важнейшим показателем при оценке сортов. Высокий потенциал продуктивности сортов чины посевной в почвенно-климатических условиях Саратовской, Омской областей и республики Крым проявляется в зависимости от конкретных условий года, при этом их индивидуальная реакция на условия окружающей среды различна (таблица 1). Результаты исследований указывают на то, что на показатель урожайности семян наибольшее влияние оказывает фактор условий выращивания (А) – 64,2%. Доля генотипа (фактор В) на значение урожайности составила 20,2%, а доля взаимодействия двух факторов (АВ) – 14,8%.

Таблица 1 - Урожайность семян чины в различных регионах РФ, т/га

Сорт	г. Саратов			Республика Крым			г. Омск
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г.
Мраморная	1,05	1,57	0,93	1,46	1,24	1,96	0,88

Рачейка	1,18	2,16	1,24	1,80	1,36	2,12	1,53
Елена	1,19	2,18	1,44	1,62	1,65	2,15	0,97
Жемчужина	1,67	2,22	1,59	1,56	1,60	2,12	1,84
Среднее значение	1,27	2,03	1,30	1,61	1,46	2,09	1,31
НСР <sub>0,5</sub>	0,06	0,08	0,11	0,08	0,09	0,10	0,15
Доля фактора А, %	64,2						
Доля фактора В, %	20,2						
Доля взаимодействия АВ, %	14,8						
Случайное отклонение, %	0,9						

Чина посевная (*Lathyrus sativus* L.) предназначена для различных целей, таких как фураж, комбикорм, пища для человека. Это возможно благодаря высокому содержанию белка в семенах и зеленой массе [18]. Поскольку чина является высокобелковой кормовой культурой, она служит дополнительным источником пополнения белка и повышения качества кормовой базы в засушливых условиях РФ [19, 20]. В зависимости от сорта, образца содержание белка в семенах может варьировать от 26% до 31 % (таблица 2).

Таблица 2 – Биохимический состав семян чины посевной в условиях Саратовской области, 2022 г., %

Линия	Белок	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Л№12	28,7	1,3	5,4	3,5	61,1
Л№21	28,6	1,4	5,0	3,5	61,5
Л№30	29,9	1,3	5,4	3,5	59,9
Л№278	30,2	1,2	6,1	3,6	58,9
Л№748	30,5	1,2	6,1	3,5	58,6
Л№1246	26,0	2,1	6,1	3,6	62,3
Л№1251	29,6	2,3	7,0	3,5	57,7
Л№1253	30,5	1,4	7,0	3,6	57,5
Л№1298	28,6	1,5	6,8	3,1	60,1
Л№1302	31,0	1,7	6,9	3,6	56,9
Л№1341	29,5	1,4	6,7	3,6	58,9
Л№1434	29,5	1,7	6,2	3,5	59,1
Л№1451	26,4	3,7	7,7	3,6	58,6
Л№1512	29,7	1,4	5,4	3,5	60,0
Среднее значение	29,2	1,7	6,3	3,5	59,4
НСР <sub>0,5</sub>	1,1	0,5	0,6	0,2	1,3

Белки чины являются биологически полноценными. [21]. Белки семян чины посевной содержат достаточно много лейцина - 6,6-6,7%; валина – 5,2-5,3%; аргинина – 7,1%-7,6%; аспарагиновой кислоты – 12,7-12,9%; глутаминовой кислоты

–17,1-17,8%. Лимитирующими аминокислотами в белке зернобобовых культур являются метионин (1,3-1,4%), триптофан (1,6-1,7%) и цистеин (0,6-0,8%) [22, 23].

Важным признаком, характеризующим питательные достоинства семян, является растворимость главнейших питательных веществ. В этом отношении белки семян чины очень ценны [24]. Большая их часть принадлежит к водорастворимым (альбумины) белкам (до 84 %), меньшая к солерастворимым (10-41 %) (глобулины) и лишь незначительная часть белков чины является щелочерастворимыми (5-11 %) [25]. Каждая белковая фракция имеет свою биологическую характеристику, в том числе отличается по аминокислотному составу, что определяет пищевую и товарную ценность сельскохозяйственных культур. В составе альбуминов все незаменимые кислоты содержатся почти в оптимальных соотношениях. Глобулиновая фракция также характеризуется довольно сбалансированным аминокислотным составом, в то же время количество некоторых незаменимых аминокислот ниже, чем у альбуминов. Альбумины и глобулины обладают ферментативной активностью. Глютелины и проламины в основном играют запасную функцию [26]. Поэтому добавление в рецептуру комбикормов зерна чины увеличивает уровень обменной энергии. Комбикорм с добавлением чины характеризуется оптимальным сочетанием количества белка и его полноценности [27].

Чина посевная имеет большой агрономический потенциал для применения в области кормопроизводства: для кормовых целей ее высевают на зерно, зеленый корм, травяную муку, сено, силос и для выпаса. При этом ее высевают в смеси с овсом, ячменем или однолетними злаковыми травами [28]. Урожайность зеленой массы чины в зависимости от условий выращивания варьирует от 10,9 т/га до 20,0 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность зеленой массы чины посевной, т/га

Сорт	Урожайность зеленой массы	
	Саратов	Омск

Мраморная	13,5	12,8
Рачейка	16,8	15,0
Елена	14,1	20,0
Жемчужина	13,0	10,9
Среднее значение	14,4	14,7
НСР <sub>0,5</sub>	1,1	2,4

Зеленая масса (в фазу налива бобов) сбалансирована по содержанию белка, сахаров, хлорофилла А и В, каротиноидов, бета-каротина, суммы органических веществ, микроэлементов и по другим параметрам [29] и накапливает много каротина, особенно на ранних фазах развития [30]. Содержание белка в зеленой массе этой культуры достигает 26,2%, жира– 4,1%, клетчатки– 30,6%, золы – 11,9%, каротина – 50,2%, БЭВ– 42,8% (таблица 4). Между содержанием белка и сухого вещества в зеленой массе и эколого-географическим происхождением генотипов определенной зависимости не выявлено. Изменчивость концентрации белка в зеленой массе в значительной степени зависит от погодных условий (доля влияния среды – 89,5%), а наличие в зеленой массе 20 свободных аминокислот, в том числе 8 незаменимых, аскорбиновой кислоты (39-99 мг/100 г), накопление значительного количества каротинов характеризует чину как высокопитательную кормовую культуру [31].

Таблица 4 – Биохимический состав зеленой массы чины посевной, %

Линия	Белок, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зола, %	БЭВ, %	Каротин, мг/кг
Л№12	25,4	3,8	22,1	10,0	38,7	30,8
Л№21	22,5	3,7	23,7	10,7	39,4	29,8

Л№30	25,0	2,3	19,7	10,5	42,8	27,6
Л№278	24,4	3,0	21,6	10,4	40,6	27,1
Л№748	24,0	2,2	21,6	9,6	42,6	28,7
Л№1246	25,7	3,8	26,7	10,3	33,4	34,3
Л№1251	24,7	3,0	26,1	11,0	35,0	49,5
Л№1253	26,2	3,3	21,2	9,6	39,7	45,1
Л№1298	26,1	2,5	25,4	9,4	36,7	29,5
Л№1302	23,2	4,0	27,6	9,4	35,8	46,1
Л№1341	23,0	4,1	28,5	10,3	34,2	34,5
Л№1434	25,4	2,5	26,6	10,2	35,3	50,2
Л№1451	22,6	2,5	25,0	9,9	40,0	45,4
Л№1512	20,6	3,3	30,6	11,9	33,5	17,7
Среднее значение	24,2	3,1	24,7	10,2	37,7	35,5
НСР <sub>0,5</sub>	1,5	0,6	2,8	0,7	2,5	8,0

Сено из чины посевной обладает высокой питательной ценностью, не уступая корму из люцерны. Солома и мякина чины по питательности превосходят солому и мякину овса [32]. Протеина в соломе и мякине чины содержится от 6,8% до 11,4%, что в 2,5 раза больше, чем в соломе и мякине овса, а содержание жира варьирует в пределах 2,0-4,3%, клетчатки – 33,2-39,1% (таблица 5).

Таблица 5 – Биохимический состав соломы чины посевной, %

Линия	Белок	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
-------	-------	-----	-----------	------	-----

Л№12	7,7	2,9	36,6	8,4	44,4
Л№21	8,8	2,7	36,4	8,4	43,8
Л№30	7,6	2,6	35,9	9,0	45,0
Л№278	9,0	2,5	33,2	8,6	46,8
Л№748	10,0	3,0	34,5	10,3	42,3
Л№1246	6,8	4,3	39,1	8,5	41,4
Л№1251	8,3	2,5	35,8	10,0	43,5
Л№1253	11,4	2,0	34,3	9,2	43,2
Л№1298	11,6	2,2	37,3	9,0	39,8
Л№1302	7,8	2,7	38,4	10,4	40,7
Л№1341	8,9	2,7	36,6	10,5	41,3
Л№1434	9,3	2,3	35,8	8,1	44,6
Л№1451	9,8	2,3	34,1	8,8	45,0
Л№1512	11,4	4,0	33,7	10,0	40,9
Среднее значение	9,2	2,8	35,8	9,2	43,1
НСР <sub>0,5</sub>	1,2	0,6	1,6	0,7	1,5

**Выводы.** Чина посевная представляет собой растение, сочетающее исключительные агрономические свойства, таких как устойчивость к засухе, затоплению, засолению, высокая способность азотфиксации, повышающая урожайность последующих культур, простота возделывания с минимальными затратами, адаптивность к различным климатическим условиям и почвам. Как

бобовое растение она является высокопитательной пищевой и кормовой культурой. В условиях преобладающего изменения климата и серьезных опасений по поводу устойчивости сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности во всем мире изучение основ высокой устойчивости чины посевной к засухе, жаре и засолению представляет большой интерес с использованием всех ее преимуществ.

#### Список литературы

1. Донской М.М., Наумкин В.П., Донская М.В., Мазалов В.И. Практическое руководство по возделыванию чины посевной. - Орел, ФГБНУ ВНИИЗБК, 2015. – 32 с.
2. Fernand Lambein, Silvia Travella, Yu Haey Kuo, Marc Van Montagu, Marc Heijde, Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food? // *Planta*. – 2019. – Sep; 250 (3) – 821-838.
3. Campbell C.G., Mehra R.B., Agrawal S.K., Chen Y.Z., Abd El Moneim A.M., Khawaja H.I.T., Yadov C.R., Tay J.U., Araya W.A. Current status and future strategy in breeding grass pea (*Lathyrus sativus*) // *Euphytica*. – 1993. – 73:167–175.
4. Duke J.A. A handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York, 1981 – 346 с.
5. Fikre A., Negwo T., Kuo Y-H., Lambein F., Ahmed S. Climatic, edaphic and altitudinal factors affecting yield and toxicity of *Lathyrus sativus* grown at five locations in Ethiopia // *Food Chem Toxicol*. – 2011. – 49:623–630
6. Girma D., Korbu L. (2012) Genetic improvement of grass pea (*Lathyrus sativus*) in Ethiopia: an unfulfilled promise // *Plant Breed*. – 2012. – 131:231–236.
7. Наумкин В.П., Донская М.В., Донской М.М. Рекомендации по возделыванию чины посевной Орел, 2022. – 23 с.
8. Зайцев С.А., Волков Д.П., Матюшин П.А., Бабушкин Д.Д., Бычкова В.В., Жужукин В.И. Изучение коллекционного материала чины посевной в условиях степной зоны Нижнего Поволжья // *Успехи современного естествознания*. – 2022. – № 5. – С. 19-25.



9. Донская М.В., Донской М.М., Наумкин В.П. Создание и оценка селекционного материала чины посевной в условиях северной части ЦЧР // Биология в сельском хозяйстве. – 2019. – № 1 (22). – С. 18-26.
10. Соловьёва Л.П., Гладков Д.В. формирование урожайности чины посевной в условиях Курганской области в зависимости от сроков посева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – 68-73.
11. Мусаев М.А., Абаев А.А. Элементы технологии возделывания чины посевной на каштановых почвах Предгорного Дагестана // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022. – № 1 (105). – С. 90-97
12. Мусаев М.А., Магомедова А.А., Мусаева З.М. Сравнительная продуктивность сортов чины посевной в условиях предгорной провинции Республики Дагестан // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2021. – № 3 (101). – С. 64-73.
13. Тедеева А.А. Влияние элементов технологии на продуктивность чины посевной // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-1. – С. 24-27.
14. Пимонов К.И., Евтушенко Е.В. Продуктивность и качество чины посевной, возделываемой в условиях Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3 (5). – С. 40-45.
15. Пимонов К.И., Евтушенко Е.В. Чина посевная в зелёном конвейере на чернозёме обыкновенном Ростовской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9 (83). – С. 15-18.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Вып. 2. зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., 1989. 194 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 349 с.
18. Rizvi A.H., Sarker A., Dogra A. Enhancing grass pea (*Lathyrus sativus* L.) production in problematic soils of South Asia for nutritional security // Indian J Genet Plant Breed. – 2016. – 76:583–592.

19. Зайцев С.А., Волков Д.П., Матюшин П.А., Бабушкин Д.Д., Бычкова В.В., Жужукин В.И. Изучение коллекционного материала чины посевной в условиях степной зоны Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 5. – С. 19-25.
20. Донской М.М., Донская М.В., Бобков С.В., Селихова Т.Н., Наумкин В.П. Биохимический состав семян чины посевной // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 70-78.
21. Бурляева М.О. Коллекция видов рода *Lathyrus* L. ВИР им. Н.И. Вавилова – источник исходного материала для селекции высокобелковых кормовых сортов чины // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 4. – С. 62-71.
22. Донской М.М., Донская М.В., Бобков С.В., Селихова Т.Н., Наумкин В.П. Биохимический состав семян чины посевной // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 70-78.
23. Abd El-Moneim A.M., van Dorrestein B., Mulugeta W. Improving the nutritional quality and yield potential of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) // Food and Nutritional Bulletin. – 2000. – Vol. 21. № 4. – P. 493-496
24. Granati E., Bisignano V., Chiaretti D., Polignano G.B., Crino P. Grain quality in accession of *Lathyrus* ssp. // *Lathyrus*Lathyrism Newsletter. – 2001. – Vol. 2. – P. 69-71.
25. Gaborcik N., Pastucha L. Chemical composition of common chickling (*Lathyrus sativus* L.) seeds. I. Domestic ecotypes // *Polnohospodarstvo*. Bratislava: Vydava Ministerstvo Podohospodarstva Slovenskej Republikyvo Vydavatelstve Noi, 1995. – Rocnik 41. – P. 742-748.
26. Сазонова И.А., Ерохина А.В., Бычкова В.В. Экспериментальные комбикорма для цыплят-бройлеров с использованием в качестве компонентов сорго зернового и чины посевной // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – № 3 (43). – С. 51-56.,
27. Ерохина А.В., Бычкова В.В., Светлов В.В., Черных Т.Н. Использование чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) как компонента комбинированных кормов для цыплят-Бройлеров // Эффективное животноводство. – 2022. – № 4 (179). – С. 62-64.)

28. Донской М.М., Наумкин В.П., Донская М.В., Мазалов В.И. Чина посевная - перспективная зернобобовая культура // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 13. – С. 40-45.
29. Вишнякова М.А., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Соловьева А.Е., Шеленга Т.В., Булынец С.В., Буравцева Т.В., Яньков И.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П. Исходный материал для селекции на качество зерна и зеленой массы в коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2(10). – С. 6–16.
30. Жужукин В.И., Горбунов В.С., Зайцев С.А., Волков Д.П. Изучение исходного материала чины посевной для селекции в условиях Нижнего Поволжья // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 6 (54). – С. 48-52.
31. Solovyeva A.E., Shelenga T.V., Shavarda A.L., Burlyayeva M.O. Comparative analysis of wild and cultivated *Lathyrus L. spp.* according to their primary and secondary metabolite contents // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2019. – Т. 23. № 6. – С. 37-44.
32. Poland C., Faller T., Tisor L. Effect of chickling vetch (*Lathyrus sativus L.*) or alfalfa (*Medicago sativa*) hay in gestating ewe diets // *Lathyrus Lathyrism Newsletter*. – 2003. – 3. – P. 38–40.
- © С.А.Зайцев, О.С. Башинская, А.Ю. Лёвкина, Д.П. Волков, 2023

Научная статья

УДК: 633.854.54

*С.А. Зайцев*<sup>1</sup>, *А.Ю. Лёвкина*<sup>1</sup>, *А.А. Садова*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Вавиловский университет»

**ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Аннотация.* В статье обсуждаются результаты изучения коллекционного материала льна масличного. В результате испытания отмечены показатели хозяйственно-ценных признаков, а также выявлены формы-доноры, рекомендованные для включения в селекционный процесс.

*Ключевые слова:* лен, урожайность, селекция, показатель, продуктивность

S.A. Zaitsev<sup>1</sup>, A.Yu. Lyovkina<sup>1</sup>, A.A. Sadovova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

<sup>2</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov (Vavilov University)

## **INITIAL MATERIAL FOR THE BREEDING OF OIL FLAX IN THE SARATOV REGION**

*Abstract.* The article discusses the results of studying the collection material of oil flax. As a result of the test, indicators of economically valuable traits were noted, and donor forms recommended for inclusion in the breeding process were identified.

*Key words:* flax, productivity, selection, indicator, productivity

Масличные культуры, составляют важную нишу в пищевой и технической отраслях производства. При этом, ценной сельскохозяйственной культурой РФ является лен масличный [1]. Саратовская область обладает всеми условиями для широкого возделывания льна масличного и его переработки, поэтому внедрение в производство региона наиболее урожайных сортов особенно актуально [2]. Ценность льна масличного заключается в биохимическом составе семян, в которых содержится 40,0-50,0% высыхающего масла и до 30,0% протеина. Масло, получаемое из семян льна масличного, широко используется в пищевой промышленности, а также в технических целях. Остающийся после отжима масла жмых – ценный корм для всех видов сельскохозяйственных животных [3].

Существует необходимость скрининга генофонда льна масличного для создания и формирования исходного материала, с дальнейшим использованием его при селекции новых перспективных сортов с хорошим качественным составом семян [4]. Для современной селекции льна представляет большой интерес поиск источников высокой продуктивности, отличающихся морфологическими признаками. До недавнего времени разница между отдельными сортами льна масличного была незначительной. Сейчас все большее внимание в селекционной работе уделяется созданию новых сортов, которые отличаются от существующих не только хозяйственно-биологическими, но и морфологическими признаками [5].

Цель и задачи исследования – изучить коллекционные сортообразцы льна масличного, выделить лучшие из них по урожайности, массе 1000 семян, комплексу хозяйственно-ценных признаков для использования в практической селекции.

Материал и методы. Эксперимент по изучению льна масличного заложен на опытных участках ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г. Саратов), В исследование 2022 г. были включены 46 образцов льна масличного, представленных формами из генетической коллекции ФГБНУ ФИЦ «ВИГРР им. Н.И. Вавилова» (ВИР) различного эколого-географического происхождения (рисунок 1) и включенными в Госреестр сортами (Янтарь, Итиль, Рашель, Флиз, Артем, Еруслан Полевой опыт заложен согласно общепринятой методике проведения исследований [6]. Посев (5 мая) произведен сеялкой СКС 6-10, учетная площадь – 5,5 м<sup>2</sup>. Размещение делянок рендомизированное, повторность трехкратная. Густота стояния растений на период уборки принятая для Саратовской области - 2,0-3,0 млн. растений на 1 га. Фенологические наблюдения и учеты проведены в соответствии с Международным классификатором СЭВ [7], методическими указаниями по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [8] и методикой по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность [9].

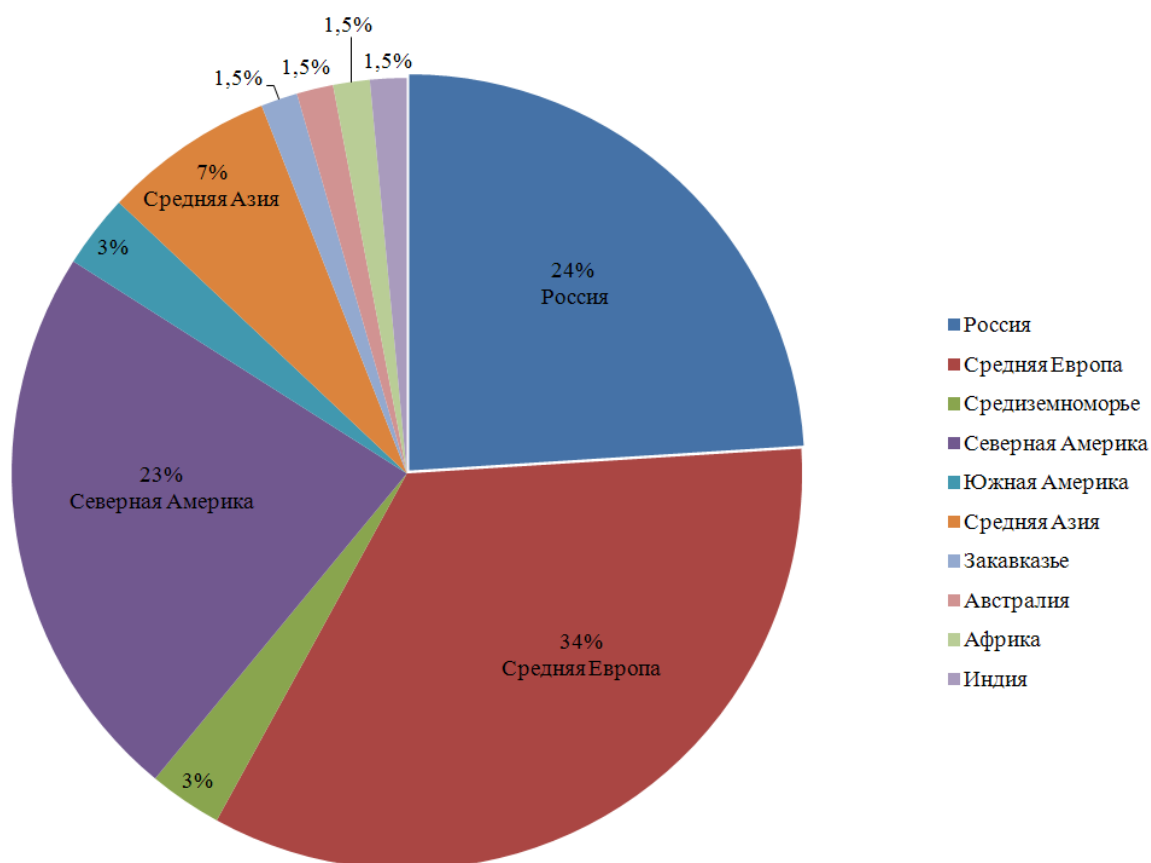


Рисунок 1 - Соотношение коллекционных образцов льна масличного по регионам происхождения

Результаты. В 2022 г. по идентификационным признакам было изучено 46 коллекционных образцов. Изучаемые образцы льна масличного - однолетние; по высоте растения – от 30,6 см 62,4 см с высотой расположения нижней коробочки от 10,8-54 см. По окраске венчика изученные коллекционные образцы льна масличного можно разделить на 2 группы: растения с белыми (6 из изученных) и светло-синими (40 образцов) лепестками. Семена изученных образцов коллекционного питомника льна масличного представлены преимущественно коричневым окрасом различного оттенка: светлокоричневый, коричневый и темнокоричневый (у 34 из исследуемых сортообразцов), желтая окраска семян отмечена у 6 из изученных образцов и варьировала от светло-желтой до желто-зеленого (рисунок 2).



Рисунок 2 – Окраска семян льна масличного

По признаку «масса 1000 семян» исследованные коллекционные образцы можно отнести к группе со средней массой (5,0-6,9 г), отмечены два образца с массой 1000 семян ниже 5 г: к-48, РФ (4,6 г), к-455, Иран (4,8 г), к-6045, Таджикистан (4,7 г), к-6255, Канада (4,4 г), к-7060, Аргентина (4,4 г), и 2 образца, масса 1000 семян, которых превышала 7,9 г: к-8038, Узбекистан (8,1 г), к-8223, Испания (8,2 г), Рашель, РФ (8,0 г), Флиз, РФ (8,0 г).

Среднее число продуктивных коробочек на одном растении колебалось от 3,8 шт. (к-8354, Индия) до 48,0 шт. (к-6634, Италия). Показатель «число семян с одного растения», характеризующий продуктивность, варьировал от 21,2 шт. (к-8223) до 287,6 шт. (к-455, Иран). Урожайность семян исходного материала льна масличного варьировала от 0,667 т/га (к-934, Узбекистан, к-1648, Армения) до 3,88 т/га (к-8178, Австралия). При этом, отмечены формы, сформировавшую урожайность выше среднего значения (>2,02 т/га): к-455, Иран (2,95 т/га), к-1055, Украина (3,51 т/га), к-5530, Сербия (2,11 т/га), к-6045, Таджикистан (2,47 т/га), к-7060, Аргентина (3,55 т/га). К-7107, Аргентина (2,53 т/га), к-7654, Аргентина (3,39 т/га), к-7712, РФ (3,03 т/га), к-8038, Узбекистан (2,40 т/га), к-8092, Канада (2,48 т/га), к-8116, Канада (2,94 т/га), к-8178, Австралия (3,88 т/га).

Закключение. Таким образом, в результате селекционной оценки 46 коллекционных сортообразцов льна масличного выделены источники, имеющие характерные признаки, для селекции по следующим направлениям:

- урожайности семян (>2,02 т/га): к-455, к-1055, к-5530, к-6045, к-7060, к-7107, к-7654, к-7712, к-8038, к-8092, к-8116, к-8178.

- высокой массе 1000 семян (>7,9 г): к-8038, к-8223, Рашель, РФ Флиз, РФ.
- технологичностью (морфометрические параметры растения): к-668, к-934, к-1507, к-1648, к-5817, к-6255, к-6634, к-1224,
- качеством семян (содержание жира >36%): к-661, к-6045, к-8090, к-8117, к-5550, к-6338, к-8101.

Выделившиеся в результате исследований сортообразцы можно рекомендовать для включения в селекционный процесс.

#### Список литературы

1. Ростовцев Р.А., Пучков Е.М., Ущеповский И.В., Галкин А.В., Романенко В.Ю. Стратегия национальной сырьевой безопасности России // В сборнике: Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур. материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ. – 2017. – С. 3-13.
2. Волков Д.П., Зайцев С.А., Носко О.С. Оценка генофонда льна масличного для селекции в Нижневолжском регионе // В сборнике: Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Саратов, 2021. – С. 82-90.
3. Пороховинова Е.А., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Бузовкина И.С., Брач Н.Б. Разнообразие морфологических признаков льна в генетической коллекции ВИР как результат его доместикиации // Экологическая генетика. – 2018. – Т. 16. № 4. – С. 33-50.
4. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М., Брач Н.Б. Использование мировых генетических ресурсов льна коллекции ВИР В создании сортов томской селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176. № 1. – С. 76-87.
5. Пороховинова Е.А., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Слободкина А.А., Якушева Т.В., Брач Н.Б. Коллекция генетических ресурсов льна Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 7. № 2. – С. 75-90.



6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 349 с.

7. Классификатор рода *Linum usitatissimum* L. (лен). – Ленинград, 1979.

8. Кутузова С.Н., Питько А.Г. Изучение коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.): Методические указания // ВНИИЛ. – Ленинград, 1988. – 30 с.

9. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность/ отв. ред. А.М. Старовойтов – Минск.: ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений», 2004. – 274 с.

© С.А.Зайцев, А.Ю. Лёвкина, А.А. Садовава, 2023

Научная статья

УДК 63+631.8

**К.Ю. Карганолова<sup>1</sup>, О.В. Ткаченко<sup>1</sup>, Г.Л. Бурьгин<sup>1,2</sup>, Н.В. Евсеева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов ФИЦ СНЦ РАН, г. Саратов

## **ИЗУЧЕНИЕ КОНСОРЦИУМА PGPR *AZOSPIRILLUM BALDANIORUM* SP245 И *OCHROBACTRUM CYTISI* IPA7.2 ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦЫ**

*Аннотация.* Положительные ассоциации микрорастений и бактерий могут быть использованы для улучшения рост-стимулирующей способности клонов картофеля в культуре *in vitro*, в условиях адаптации *ex vitro* и в теплице. Была исследована инокуляция в культуре *in vitro* штаммами *Azospirillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 по отдельности и в консорциуме микрорастений сортов Невский и Кондор на всех трех этапах (культура *in vitro*,

*ex vitro*, теплица). Установлена зависимость эффективности бактеризации от этапа культивирования, состава инокулята и генотипа картофеля. В культуре *in vitro* штамм *A. baldaniorum* Sp245 и консорциум штаммов стимулировали рост побегов сорта Невский и образование корней на микрорастениях обоих сортов. В условиях *ex vitro* на все ростовые показатели микрорастений сорта Невский положительно влияла инокуляция *O. cytisi* IPA7.2 и консорциумом штаммов. Максимальный положительный эффект бактеризации при выращивании растений в почве в условиях теплицы – по всем показателям вегетативной части побегов, а также по массе мини-клубней.

*Ключевые слова:* *Solanum tuberosum* L.; *Azospirillum baldaniorum* Sp245; *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2; растительно-микробные ассоциации; клональное микроразмножение; эффективность роста растений; адаптационная способность; *in vitro*; *ex vitro*, теплица.

***K. Yu. Kargapolova<sup>1</sup>, O. V. Tkachenko<sup>1</sup>, G. L. Burygin<sup>1, 2</sup>, N. V. Evseeva<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

## **PGPR CONSORTIUM STUDY OF *AZOSPIRILLUM BALDANIORUM* SP 245 AND *OCHROBACTRUM CYTISI* IPA7.2 FOR A POSITIVE EFFECT ON POTATO PLANT GROWTH IN A GREENHOUSE**

*Abstract.* Positive associations of microplants and bacteria can be used to improve the growth-promoting ability of potato clones *in vitro*, *ex vitro* and in the greenhouse. Inoculation *in vitro* with strains of *Azospirillum baldaniorum* Sp245 and *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 was studied separately and in a consortium of microplants

of varieties the Nevsky and Kondor at all three stages (*in vitro*, *ex vitro*, greenhouse). The dependence of the efficiency of bacterization on the stage of cultivation, the composition of the inoculum and the potato genotype was established. *In vitro* strain *A. baldaniorum* Sp245 and a consortium of strains stimulated the growth of shoots of variety the Nevsky and the formation of roots on microplants of both varieties. *Ex vitro* all growth parameters of microplants of the Nevsky were positively affected by the inoculation of *O. cytisi* IPA7.2 and a consortium of strains. The maximum positive effect of bacterization when growing plants in a greenhouse - for all indicators of the vegetative part of the shoots, as well as for the mass of mini-tubers.

*Keywords:* *Solanum tuberosum* L.; *Azospirillum baldaniorum* Sp245; *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2; plant-microbe associations, clonal micropropagation; plant growth efficacy; adaptability; *in vitro*; *ex vitro*, greenhouse.

В настоящее время использование рост-стимулирующих бактерий в практике современного сельского хозяйства является перспективным направлением. Агробиотехнологии на основе микроорганизмов ризосферы, в том числе рост-стимулирующих ризобактерий могут стать перспективным способом оптимизации существующих методов. (Orlikowska, 2017; Soumare, 2021). Бактерии оказывают положительное влияние на рост и развитие растений. При использовании нескольких видов микроорганизмов повышается стимулирующий эффект и адаптационная способность растений картофеля.

В исследовании изучали инокуляцию микрорастений штаммами *Azospirillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 в комплексе и по отдельности. Ранее установлено, что изучаемые штаммы оказывают различное влияние на ростовые процессы микроклонов картофеля: штамм *A. baldaniorum* Sp245 лучше оказывает положительное влияние в условиях культуры *in vitro*, а штамм *O. cytisi* IPA7.2 стимулирует рост растений в условиях *ex vitro* (Tkachenko, 2015; Burygin, 2019; Kargapolova, 2020).

Выращивание микрорастений картофеля сортов Невский и Кондор культуре *in vitro* проводили на жидкой питательной среде Мурасиге-Скуга без гормонов. Инокулировали микрочеренки бактериальными суспензиями с PBS отдельно штамм или в сочетании: *A. baldaniorum* Sp245 (0, 15 сутки) и *O. cytisi* IPA 7.2 (15 сутки). Содержание бактерий каждого штамма в питательной среде составляло  $10^6$  кл/мл. Контролем были стерильно выращенные растения с добавлением PBS в том же объеме, что и опытные растения. После 30 суток культивирования в условиях *in vitro* микрорастения картофеля выращивали в условиях *ex vitro* 20 суток.

Микрорастения сорта Кондор уступали сорту Невский по морфометрическим параметрам в культуре *in vitro*. Как и в культуре *in vitro*, в условиях *ex vitro* показано достоверное влияние генотипа на все изучаемые признаки. Растения сорта Невский имели более крупные побеги с большим числом крупных листьев. После 20 суток адаптации растения высаживали в каркасную теплицу.

Приживаемость растений была в теплице ниже, чем в условиях *ex vitro* (Рисунок 1), так как факторы окружающей среды не контролировались.

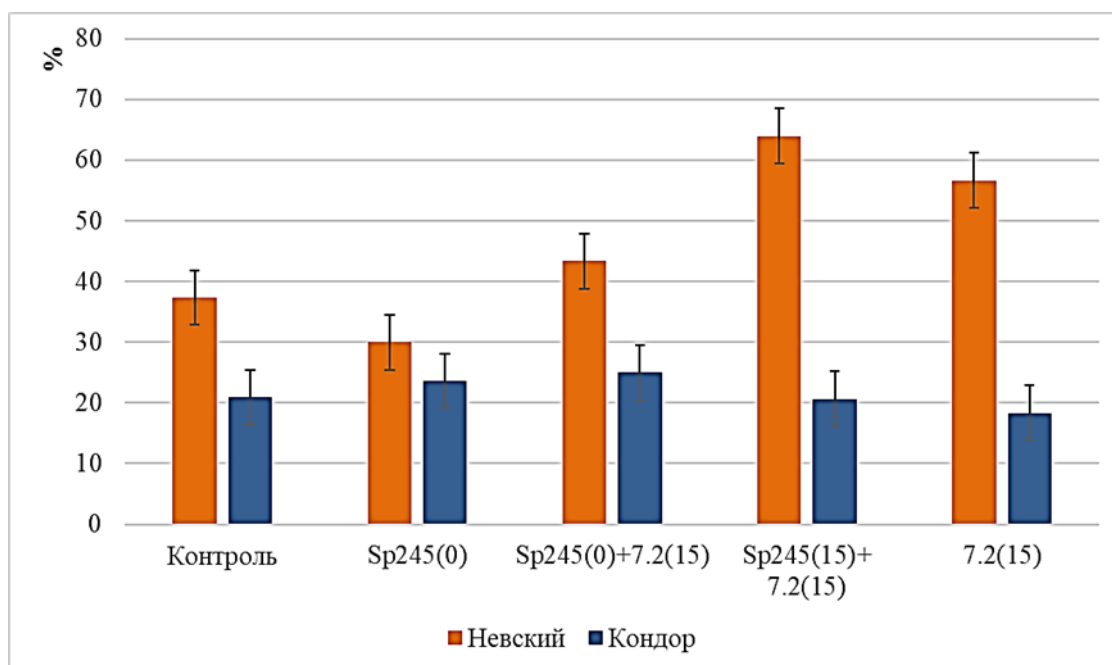


Рисунок 1 – Влияние штаммов *A. baldaniorum* Sp245 и *O. cytisi* IPA7.2 на приживаемость и морфометрические параметры микрорастений картофеля сортов Невский и Кондор в грунтовой теплице

В условиях теплицы установлено выраженное положительное влияние бактеризации, чем в культуре *in vitro* и в условиях *ex vitro*. Только в одном варианте по площади листьев при ко-инокуляции консорциумом последовательно *A. baldaniorum* Sp245 (0 сут) + *O. cytisi* IPA7.2 (15 сут) наблюдался ингибирующий эффект. В остальных вариантах наблюдался положительный эффект инокуляции (Таблица 1).

Таблица 1 – Влияние штаммов *A. baldaniorum* Sp245 и *O. cytisi* IPA7.2 на площадь листовой поверхности картофеля сортов Невский и Кондор в теплице

Вариант	Площадь листовой поверхности, см <sup>2</sup>		
	Невский	Кондор	В среднем (фактор В)
Контроль	24480,09e	6130,29a	15305,19a
Sp245 (0 сут.)	32190,22f	8291,61cd	20240,91b
Sp245 (0 сут.) +7.2 (15 сут.)	37856,79h	6180,43a	22018,61c
Sp245 (15 сут.) +7.2 (15 сут.)	36608,54g	8052,29bc	22330,42c
7.2 (15 сут.)	41869,17i	8643,12d	25256,14d
В среднем (фактор А)	34600,96b	7459,55a	-
Варианты	F <sub>факт.</sub> = 8063,920*, НСР <sub>0,05</sub> = 496,09		
Фактор А	F <sub>факт.</sub> = 66062,758*, НСР <sub>0,05</sub> = 221,86		
Фактор В	F <sub>факт.</sub> = 967,195*, НСР <sub>0,05</sub> = 350,79		
Взаимодействие факторов	F <sub>факт.</sub> = 660,938*, НСР <sub>0,05</sub> = 496,09		

Ко-инокуляция микрорастений консорциумом последовательно *A. baldaniorum* Sp245 (0 сут) + *O. cytisi* IPA7.2 (15 сут) существенно увеличивала количество мини-клубней (Таблица 2).

Таблица 2 – Влияние штаммов *A. baldaniorum* Sp245 и *O. cytisi* IPA7.2 на урожай картофеля сортов Невский и Кондор в теплице

Вариант	Урожай клубней с 1 м <sup>2</sup> , гр.		
	Невский	Кондор	В среднем (фактор В)

Контроль	1171,68h	151,84a	661,76c
Sp245 (0 сут.)	483,65d	266,18b	374,92a
Sp245 (0 сут.) +7.2 (15 сут.)	1418,68i	1034,92g	1226,80d
Sp245 (15 сут.) +7.2 (15 сут.)	820,00ef	317,60b	568,80b
7.2 (15 сут.)	843,44f	475,51cd	659,48c
В среднем (фактор А)	947,49b	449,21a	-
Варианты	F <sub>факт.</sub> =172,300*,HCP <sub>0,05</sub> =95,98		
Фактор А	F <sub>факт.</sub> =594,810*,HCP <sub>0,05</sub> =42,92		
Фактор В	F <sub>факт.</sub> =193,333*,HCP <sub>0,05</sub> =67,87		
Взаимодействие факторов	F <sub>факт.</sub> =45,639*,HCP <sub>0,05</sub> =95,98		

По результатам проведенных исследований обнаружен положительный ответ растений при инокуляции PGPR штаммами *A. baldaniorum* Sp245 и *O. cytisi* IPA7.2 как по отдельности, так и в консорциуме. Показана зависимость рост-стимулирующего влияния бактерий от генотипа картофеля. Наиболее положительный эффект при взаимодействии двух штаммов отмечен на этапе выращивания инокулированных растений в теплице. Между штаммами бактерий не наблюдалось антагонистического влияния. Отмечена существенная зависимость рост-стимулирующего эффекта бактерий от генотипа картофеля.

#### Список литературы

1. Каргаполова К.Ю., Повышение эффективности клонального микроразмножения картофеля при инокуляции ризосферными бактериями *Azospirillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 / К.Ю. Каргаполова, О.В. Ткаченко, Г.Л. Бурьгин, Н.В. Евсеева, А.А. Широков, Л.Ю. Матора, С.Ю. Щёголев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2022. – Т. 26. – 4. – С. 422-430. doi: 10.18699/VJGB-22-52.
2. Burygin G.L. *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 promotes growth of potato microplants and is resistant to abiotic stress / G.L. Burygin, K.Y. Kargapolova, Y.V. Kryuchkova,

E.S. Avdeeva, N.E. Gogoleva, T.S. Ponomaryova, O.V. Tkachenko // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2019. - №35(4):55. DOI 10.1007/s11274-019-2633-x.

3. Kargapolova K.Y. Effectiveness of inoculation of in vitro grown potato microplants with rhizosphere bacteria of the genus *Azospirillum* / K.Y. Kargapolova, G.L. Burygin, O.V. Tkachenko, N.V. Evseeva, Y.V. Pukhalskiy, A.A. Belimov // Plant Cell Tissue Organ Cult. – 2020. - №141:351 – P. 359. DOI 10.1007/s11240-020-01791-9.

4. Orlikowska T. Bacteria in the plant tissue culture environment / T. Orlikowska, K. Nowak, B. Reed // Plant Cell Tissue Organ Cult. – 2017. №128:487– P. 508. DOI 10.1007/s11240-016-1144-9.

5. Soumare A. Potential role and utilization of plant growth promoting microbes in plant tissue culture / A. Soumare, A.G. Diédhiou, N.K. Arora, L.K.T. Al-Ani, M. Ngom, S. Fall, M. Hafidi, Y. Ouhdouch, L. Kouisni, M.O. Sy //Front. Microbiol – 2021. - №12:649878. DOI 10.3389/fmicb.

6. Tkachenko O.V. Improved potato microclonal reproduction with the plant-growth promoting rhizobacteria *Azospirillum* / O.V. Tkachenko, N.V. Evseeva, N.V. Boikova, L.Y. Matora, G.L. Burygin, Y.V. Lobachev, S.Y. Shchyogolev //Agron. Sustain. Develop. – 2015. - №35:1167– P. 1174. DOI 10.1007/s13593-015-0304-3.

© Каргаполова К.Ю., Ткаченко О.В., Бурьгин Г.Л., Евсева Н.В., 2023

Научная статья

УДК 577.21:576.08

**Ю.В. Красова<sup>1,2</sup>, В.В. Фадеев<sup>1,2</sup>, Е.М. Мусеева<sup>2</sup>, Ю.С. Гусев<sup>1,2</sup>, М.И. Чумаков**

**<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского (СГУ), Россия, 410012, г. Саратов, ул.

Астраханская, д. 83

<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра “Саратовский научный центр Российской академии наук” (ИБФРМ РАН), Россия, 410049, г. Саратов, просп. Энтузиастов, д. 13

## **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ И ПЭГ-ОБРАБОТКИ НА ПРОТОПЛАСТЫ КУКУРУЗЫ**

*Аннотация.* Проведена оценка воздействия электропорации и обработки полиэтиленгликолем (ПЭГ) на целостность протопластов мезофилла листа кукурузы в течение времени. Подсчет клеток 4-х типов показал достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение в 2,8 раза остаточного количества сферических протопластов через 24 ч. после проведения электропорации. Количество сферических прозрачных протопластов с ободком через 24 ч. после ПЭГ-обработки достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличивалось в 2,1 раза. Через 72 ч. после проведения электропорации и ПЭГ-обработки наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение процентного содержания несферических протопластов без ободка, с вакуолями внутри в 2,0 и 2,5 раза, соответственно. В ходе эксперимента наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение числа остаточных фрагментов сферических протопластов в контроле и после обработки в течение времени. Выявлено, что в процентном отношении число неразрушившихся клеток достоверно ( $p < 0,05$ ) снижалось в 1,7 раза через 24 ч. после проведения электропорации.

*Ключевые слова:* протопласты, кукуруза, электропорация, ПЭГ-трансформация

*Yu.V. Krasova*<sup>1,2</sup>, *V.V. Fadeev*<sup>1,2</sup>, *Ye.M. Moiseeva*<sup>2</sup>, *Yu.S. Gusev*<sup>1,2</sup>, *M.I. Chumakov*<sup>2,\*</sup>



<sup>1</sup>Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky (SGU), 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

<sup>2</sup>Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), 13 Entuziastov prospect, Saratov 410049, Russia

## **EVALUATION OF THE EFFECT OF ELECTROPORATION AND PEG TREATMENT ON MAIZE PROTOPLASTS**

*Annotation.* The impact of electroporation and polyethylene glycol (PEG) treatment on the integrity of maize leaf mesophyll protoplasts over time was evaluated. Counting cells of 4 types showed a significant ( $p < 0.05$ ) decrease by 2.8 times in the residual number of spherical protoplasts 24 hours after electroporation. The number of spherical transparent protoplasts with a rim 24 hours after PEG treatment significantly ( $p < 0.05$ ) increased by 2.1 times. 72 hours after electroporation and PEG treatment, a significant ( $p < 0.05$ ) increase in the percentage of non-spherical protoplasts without a rim, with vacuoles inside, was observed by 2.0 and 2.5 times, respectively. During the experiment, a significant ( $p < 0.05$ ) increase in the number of residual fragments of spherical protoplasts was observed in the control and after treatment over time. It was found that, in percentage terms, the number of non-destroyed cells significantly ( $p < 0.05$ ) decreased by 1.7 times 24 hours after electroporation.

*Keywords:* maize, protoplasts isolation, electroporation, PEG transformation

### **Введение**

Применение технологии генетической трансформации растений открывает новые возможности для решения фундаментальных проблем, связанных с

созданием новых сортов сельскохозяйственных культур с улучшенными качественными и количественными характеристиками. Введение чужеродных генов в геном растений помогает изучать как функции отдельных генов, так и функционирование различных метаболических путей и регуляторных систем растений [1].

Существуют различные методы доставки РНК, ДНК, белки и комплексы белков с нуклеиновыми кислотами, с эффективностью, позволяющей регулировать различные клеточные процессы [2].

Основным препятствием на пути генетического материала в растительные клетки является клеточная стенка. Ее химический состав и особенности расположения составляющих ее компонентов способствуют связыванию нуклеиновых кислот и белков различной структуры, ограничивая тем самым доступ их к мембране клетки. При использовании не вирусных векторов, например, несущей целевой ген бактериальной плазмидной ДНК, эффективность прямой трансформации оказывается очень низкой. Альтернативными являются методы введения ДНК в протопласты растений, лишенные клеточной стенки с помощью ферментов [2]. Подбор ферментов проводят на основании сведений об особенностях тканей и данных, имеющихся в литературе для тканей определенного типа и вида растений [3]. Показано, что протопласты остаются жизнеспособными после трансфекции, что делает возможным их дальнейшее культивирование и размножение растительных тканей [4].

В первых работах по геномному редактированию разных видов растений доставка генетического материала к месту редактирования производилась преимущественно с помощью *Agrobacterium tumefaciens*. Данный метод предполагает встраивание Т-ДНК в геном и стабильную или транзientную экспрессию генов в случае агроинфильтрации. Некоторым преимуществом транзientной экспрессии является теоретически меньшее число нецелевых сайтов, подвергнувшихся редактированию ввиду относительно кратковременной экспрессии трансгенов.

Широкое распространение имеют способы трансформации клеток растений посредством электропорации [5, 6]. В 1988 году были получены первые полноценные трансгенные растения кукурузы из изолированных протопластов суспензионной культуры эмбриогенных клеток кукурузы инбредной линии A188, успешно трансформированных методом электропорации [7]. В основе метода электропорации лежит воздействие на клетку электрического поля высокой интенсивности, которое временно дестабилизирует мембрану и приводит к образованию пор, при этом мембрана становится проницаема для экзогенных молекул, присутствующих в реакционной среде. В литературе есть данные о гибели около 50 % обрабатываемых клеток в результате неравномерной интенсивности воздействующего электрического поля [6]. При этом трансформации подвергаются от 30 до 70 % выживших клеток [8] и количество трансформированных клеток находится в зависимости от таких параметров, как напряжение, подаваемое на электрод, напряженность электрического поля, размеры кюветы и время импульса [9]. В связи с этим подбор параметров и условий проведения электропорации осуществляется эмпирически для каждого вида растений, варьируя в зависимости от типа прибора для электропорации, метода и буферов, используемых для выделения протопластов.

Трансформация с использованием ПЭГ представляет собой наиболее часто используемый метод трансформации протопластов, применимый к клеткам различных растений. Считается, что ПЭГ стимулирует трансформацию путем осаждения ДНК в присутствии двухвалентных катионов на поверхности протопластов, где она затем проникает внутрь клетки через образующиеся поры. Выживание протопластов после обработки ПЭГ, по оценкам с помощью прижизненного окрашивания с использованием флюоресцеин диацетата, составляет >90%. Обработка ПЭГ оказывает незначительное воздействие на эффективность регенерации, которая падает приблизительно на 10%, что незначительно по сравнению с другими методами трансформации [10].

Целью данной статьи была оценка воздействия электропорации и обработки ПЭГ на целостность протопластов мезофилла листа кукурузы в течение времени.

## **Материалы и методы**

### **Растительный материал**

Материалом для исследования послужили растения кукурузы (*Zea mays* L.) линии Коричневый маркер (КМ), созданной Чейзом [11] и полученной из Национального зернового центра имени Лукьяненко (Краснодар, Россия).

### **Изоляция протопластов**

Протопласты выделяли из клеток мезофилла листа кукурузы в два этапа по методике [12] с модификациями [3]. Зерновки инкубировали в течение 14 суток при 24 °С при интенсивности освещенности 4400 лк (продолжительность светового дня – 16 часов).

Измельчение ткани вторичных и третичных листьев осуществляли с помощью скальпеля для облегчения доступа смеси ферментов к клеткам и получения протопластов в растворе ферментной смеси. Растительную массу (~ 100 мг) переносили в чашку Петри (3,0 мл), содержащую 2,5 мл раствора для ферментной обработки [3], вакуумировали 30 мин. (- 500 мбар, - 0,495 атм) и инкубировали при 26 °С в темноте в течение ~ 4,5 ч. После инкубации среду несколько раз перемешивали до помутнения. Раствор, содержащий растительный материал и протопласты, дважды фильтровали через нейлоновые фильтры с размерами пор 70×70 мкм и центрифугировали (100 g, 3 мин.), пипеткой аккуратно удаляли супернатант. Осадок, содержащий протопласты, дважды ресуспендировали в 300 мкл раствора *W5* [13] и центрифугировали (300 g, 3 мин.), 20 мкл суспензии микроскопировали. На всех этапах манипуляций с

суспензией протопластов использовали наконечник на 1000 мкл со срезанным наискосок носиком.

Суспензию протопластов подвергали дальнейшей очистке методом разделения в градиенте концентрации Percoll (Pharmacia fine chemicals, Швеция) [12; 14; 15]. В пробирку Эппендорф последовательно наслаивали 50 %, 25 %, 6 % Percoll в растворе *W1* [13]. Поверх по стенке пробирки наслаивали суспензию протопластов. Далее центрифугировали (200 g, 5 мин.) и ресуспендировали в 300 мкл раствора *W1*.

### **Электропорация**

Для проведения электропорации протопласты центрифугировали (500 g, 3 мин.) и ресуспендировали в 300 мкл раствора для промывки и (0,6 М маннит, 4 мМ MES, рН 5,7, 20 мМ KCl) и проводили электропорацию при следующих условиях: 5 мс, 400 В, 200 мкФ и 15 импульсов. После электропорации суспензию протопластов помещали на лед на 10 мин., затем осаждали при 500 g, 3 мин и ресуспендировали в растворе для инкубации [16]. Протопласты помещали в холодильник (+ 4 °С) и микроскопировали через ~ 24 часа. В качестве отрицательного контроля использовали протопласты, полученные после фильтрации и отмывки в растворе *W5*.

### **Обработка протопластов ПЭГ**

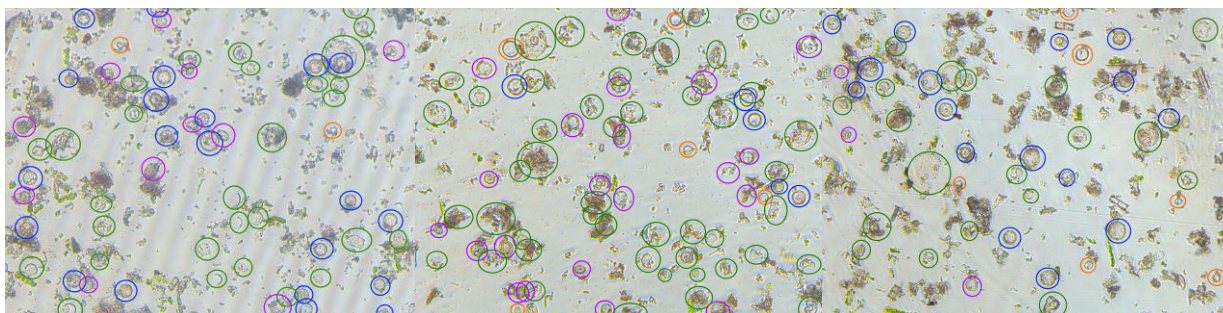
Полученную суспензию протопластов выдерживали на льду в течение 30 мин., центрифугировали (200 g 3 мин.) и концентрировали в 200 мкл раствора *MMg* [17]. К 200 мкл суспензии протопластов аккуратно добавляли 220 мкл раствора 40% ПЭГ-4000 и инкубировали при комн. темп. в течение 18 минут. Далее добавляли 800 мкл раствора *W5*, центрифугировали, ресуспендировали в 500 мкл раствора *W5*, центрифугировали, к осадку добавляли 1 мл раствора *W1* и инкубировали в холодильнике при +4 °С в течение ~ 24 ч. В качестве отрицательного контроля использовали протопласты, полученные после фильтрации и отмывки в растворе *W5*.

## **Подсчет протопластов**

Плотность суспензии протопластов определяли при помощи камеры Горяева на микроскопе (Leica DM 2500) при увеличении объектива 20× по 5 большим ( $S = 0,16 \text{ мм}^2$ ) квадратам [3]. Затем суспензию протопластов наносили в лунки 96-луночного планшета и инкубировали 1 ч. при +4 °С. Для оценки воздействия электропорации и обработки ПЭГ на целостность протопластов производили подсчет клеток 4-х типов через 24, 48, 72 ч. после обработки (1 - сферические с ободком (оболочкой); 2 - непрозрачные; сферические с ободком, без содержания (прозрачные); 3 - несферические, без ободка, с вакуолями внутри или прозрачные; 4 - фрагменты сферических протопластов). Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программ Microsoft Office Excel 2010.

## **Результаты и их обсуждение**

Проведенная оценка воздействия электропорации и обработки ПЭГ на целостность протопластов показала достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение в 2,8 раза остаточного количества сферических протопластов через 24 ч. после проведения электропорации (Рис. 1, Б). Количество сферических прозрачных протопластов с ободком через 24 ч. после ПЭГ-обработки достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличивалось в 2,1 раза (Рис. 1, В), что может свидетельствовать о нарушении внутриклеточных процессов после образования пор с использованием ПЭГ. Через 72 ч. после проведения электропорации и ПЭГ-обработки наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение процентного содержания несферических протопластов без ободка, с вакуолями внутри в 2,0 и 2,5 раза, соответственно (Рис. 3, Б, В). В ходе эксперимента наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение числа остаточных фрагментов сферических протопластов в контроле и после обработки в течение времени (Рис. 1-3).

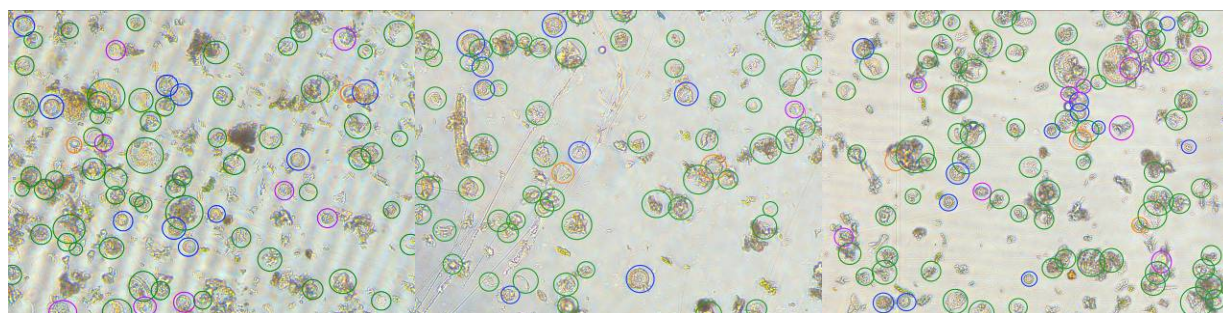


А

Б

В

Рис. 1 – Световая микроскопия (Leica DM 2500) протопластов (контроль - А, электропорация - Б, обработка ПЭГ-4000 - В) при увеличении объектива 20× через 24 ч. после обработки. Синие – протопласты типа 1; оранжевые – протопласты типа 2; фиолетовые – протопласты типа 3; зеленые – остатки сферических протопластов (тип 4).

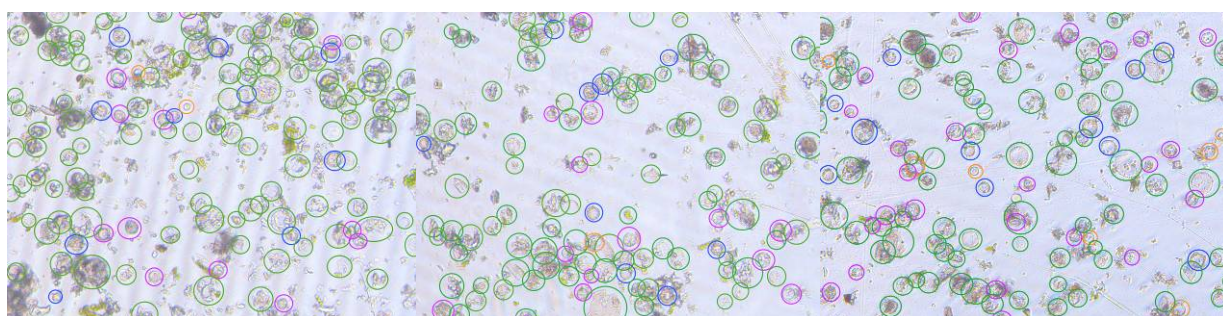


А

Б

В

Рис. 2 – Световая микроскопия (Leica DM 2500) протопластов (контроль - А, электропорация - Б, обработка ПЭГ-4000 - В) при увеличении объектива 20× через 48 ч. после обработки. Синие – протопласты типа 1; оранжевые – протопласты типа 2; фиолетовые – протопласты типа 3; зеленые – фрагменты сферических протопластов (тип 4).





А

Б

В

Рис. 3 – Световая микроскопия (Leica DM 2500) протопластов (контроль - А, электропорация - Б, обработка ПЭГ-4000 - В) при увеличении объектива 20× через 72 ч. после обработки. Синие – протопласты типа 1; оранжевые – протопласты типа 2; фиолетовые – протопласты типа 3; зеленые – фрагменты сферических протопластов (тип 4).

В таблице приведено процентное содержание протопластов 4-х типов через 24 (Рис. 1), 48 (Рис. 2) и 72 ч. (Рис. 3) после проведения электропорации и обработки ПЭГ.

*Таблица / Table*

**Количество протопластов различных типов в зависимости от типа обработки в течение времени (24, 48, 72 ч.)**

**The number of protoplasts of various types depending on the type of treatment during the time (24, 48, 72 h.)**

Тип воздействия на протопласты / Тип протопластов	Контроль			Электропорация			ПЭГ-обработка		
	24 ч.	48 ч.	72 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
Сферические с ободком (оболочкой), непрозрачные, %	33,1± 8,8	15,3± 2,7	14,6± 4,7	11,7± 3,6	15,7± 5,4	13,5± 6,7	25,7± 6,9	17,9± 3,1	13,2± 3,1



Сферические с ободком, без содержания (прозрачные), %	8,9 ± 4,8	4,5 ± 4,5	2,6 ± 1,4	9,8 ± 2,9	2,3 ± 2,2	0,9 ± 0,8	10,7 ± 5,5	3,3 ± 1,9	4,3 ± 2,4
Несферические, без ободка, с вакуолями внутри или прозрачные, %	25,0 ± 7,4	11,5 ± 5,5	5,4 ± 4,0	17,7 ± 7,1	7,5 ± 3,6	10,9 ± 2,7	24,0 ± 10,9	4,9 ± 3,9	13,8 ± 6,0
Фрагменты сферических протопластов, %	33,0 ± 14,3	68,8 ± 5,7	77,4 ± 4,5	60,8 ± 5,2	74,5 ± 6,1	74,8 ± 5,1	39,6 ± 6,3	73,9 ± 4,3	68,7 ± 5,1

Выявлено, что в процентном отношении число неразрушившихся клеток достоверно ( $p < 0,05$ ) снижалось в 1,7 раза через 24 ч. после проведения электропорации, что соответствует приведенным в статье литературным данным, в то время как ПЭГ-обработка не показала значительного снижения количества клеток (Табл.).

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-4527.2022.1.4) и Программы фундаментальных исследований Государственных академий наук на 2021-2023 годы (№ 121031700141-7).

#### Список литературы:

1. Данилова С. А. Получение транспластомных растений табака методом баллистической трансформации // Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. Вл. В. Кузнецова, В. В. Кузнецова, Г. А. Романова. – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2012. – 487 с.

2. Долгов С. В., Калинина Н. О., Макаров В. В. и др. Способ доставки биологически активных макромолекул в клетки растений // Патент. RU2663347C1. – 2018. Опубликовано: 03.08.2018. Бюл. № 22. – 20 с.
3. Красова Ю. В., Фадеев В. В., Мусеева Е. М. и др. Оптимизация методики получения протопластов кукурузы и их нативность после электропорации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2022. – Т. 22, вып. 4. – С. 445-454. DOI:10.18500/1816-9775-2022-22-4-445-454
4. Kanchiswamy C. N. DNA-free genome editing methods for targeted crop improvement // Plant Cell Rep. – 2016. – V. 35. – P. 1469-1474.
5. Данилова С. А. Методы генетической трансформации зерновых культур // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 5. – С. 645-658.
6. Bates G. W. Plant transformation via protoplast electroporation // Plant Cell Culture Protocols. – 1999. – V. 111. – P. 359-366. <https://doi.org/10.1385/1-59259-583-9:359>.
7. Rhodes C. A., Pierce D. A., Mettler I. J. et al. Genetically transformed maize plants from protoplasts // Science. – 1988. – V. 240, № 4849. – P. 204-207. <https://doi.org/10.1126/science.283294>.
8. Gomez-Cano L., Yang F., Grotewold E. Isolation and efficient maize protoplast transformation // Bio-protocol. – 2019. – P. e3346-e3346. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3346>.
9. Lyznik L. A., Kamo K. K., Grimes H. D. et al. Stable transformation of maize: the impact of feeder cells on protoplast growth and transformation efficiency // Plant Cell Reports. – 1989. – V. 8. – P. 292-295. <https://doi.org/10.1007/BF00274133>.
10. Бюндок П., Де Бот М. Т. Я., Лейсцир Ф. Улучшенный способ мутагенеза с использованием полиэтиленгликоль-опосредованного введения мутагенных нуклеиновых оснований в растительные протопласты // Патент. RU2515110C2. – 2014. Опубликовано: 10.05.2014. Бюл. № 13. – 20 с.
11. Chase S. S. Monoploids and monoploid-derivatives of maize (*Zea mays* L.) // The Botanical Review. – 1969. – V. 35, № 2. – P. 117-168. <https://doi.org/10.1007/BF02858912>.

12. *Wolter F., Edelmann S., Kadri A., Scholten S.* Characterization of paired Cas9 nickases induced mutations in maize mesophyll protoplasts // *Maydica*. – 2018. – V. 62, № 2. – С. 1-11.
13. *Yoo S. D., Cho Y. H., Sheen J.* *Arabidopsis* mesophyll protoplasts: a versatile cell system for transient gene expression analysis // *Nature protocols*. – 2007. – V. 2, № 7. – P. 1565-1572.
14. *Barceló M., Wallin A., Medina J.J. et al.* Isolation and culture of strawberry protoplasts and field evaluation of regenerated plants // *Scientia Horticulturae*. – 2019. – V. 256 (108552). <https://doi:10.1016/j.scienta.2019.1085>.
15. *Kikuta Y., Fujino K., Saito W. et al.* Protoplast culture of potato: An improved procedure for isolating viable protoplasts // *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*. – 1986. – V. 62, № 4. – P. 429-439.
16. *Sheen J.* A transient expression assay using *Arabidopsis* mesophyll protoplasts // 2002. <http://genetics.mgh.harvard.edu/sheenweb/>.
17. *Zhu J., Song N., Sun S. et al.* Efficiency and inheritance of targeted mutagenesis in maize using CRISPR-Cas9 // *Journal of Genetics and Genomics*. – 2016. – V. 43, № 1. – P. 25-36.

© Ю.В. Красова, В.В. Фадеев, Е.М. Моисеева, Ю.С. Гусев, М.И. Чумаков, 2023

Научная статья

УДК 633.174:631.527.53

**С.С. Куколева, О.П. Кибальник**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», г. Саратов, Россия

**КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОБРАЗЦОВ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ ПО МЕТОДУ ТОПКРОССА**

*Аннотация.* В статье представлены результаты оценки комбинационной способности образцов суданской травы в тестерных скрещиваниях с ЦМС-линиями зернового сорго А<sub>2</sub> О-1237, А<sub>2</sub> КВВ 114, А<sub>2</sub> Судзерн по высоте растений и урожайности надземной биомассы при созревании. Выделены родительские формы с высокой общей (ОКС) сорта Лаура и Камышинская 51 и специфической (СКС) комбинационной способностью – Краснодарская 75, Саратовская 1183, Фаина.

*Ключевые слова:* суданская трава, топкросс, ОКС, СКС, ЦМС-линии

***S.S. Kukoleva, O.P. Kibalnik***

Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution RosNIISK "Rossorgo",  
Saratov, Russia

## **COMBINATIONAL ABILITY OF SAMPLES OF SUDANESE GRASS BY THE TOPCROSS METHOD**

*Annotation.* The article presents the results of evaluating the combinational ability of samples of Sudanese grass in test crosses with CMS lines of grain sorghum А<sub>2</sub> О-1237, А<sub>2</sub> КVV 114, А<sub>2</sub> Sudzern in plant height and yield of aboveground biomass during maturation. Parental forms with high general (GCA) varieties Layra and Kamyshinskaya 51 and specific (SCA) combinational ability Krasnodarskaya 75, Saratovskaya 1183, Faina were identified.

*Keywords:* Sudanese grass, topcross, GCA, SCA, CMS lines

Наибольший практический интерес при селекции на гетерозис является оценка комбинационной способности (общая и специфическая). ОКС представляет собой среднюю величину признака, которая наблюдается по всем гибридным комбинациям, полученным с участием линий; СКС – отражает отклонение признака от средней величины.

Наиболее эффективный путь выявления комбинационной способности – оценка урожайности и других хозяйственно-ценных признаков и свойств гибридов, созданных с участием изучаемых образцов [1]. Комбинационная способность родительских пар (сортов, линий) проводится в основном методами диаллельного скрещивания, топкросса, поликросса и свободного опыления [7]. Топкросс – широко распространенный и наиболее приемлемый метод изучения комбинационной способности исходного материала селекции сорговых культур [2; 4; 6; 8]. Важнейшая роль отводится правильному подбору родительских пар при создании гетерозисных продуктивных гибридов – самоопыленных линий для проведения топкроссных скрещиваний с целью выделения наиболее ценных для гетерозисной селекции. В наших исследованиях для анализа общей комбинационной способности (ОКС) образцов суданской травы выбрано 10 сортов и линий, в качестве тестеров использованы стерильные линии А<sub>2</sub> О-1237, А<sub>2</sub> КВВ 114 и А<sub>2</sub> Судзерн. Исследованы

**Материал и методика.** Объектами исследования являются сортообразцы суданской травы (всего 10) и сорго-суданковые гибриды (всего 30), полученные в тестерных скрещиваниях с ЦМС-линиями (А<sub>2</sub>О-1237, А<sub>2</sub>КВВ 114, А<sub>2</sub> Судзерн), по селекционно-ценным показателям: высота растений при созревании и урожайность надземной биомассы. Посев проводился на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» во второй декаде мая 2022 г. сеялкой СКС-6-10. Густота стояния – 100 тыс. растений/га. Площадь делянки составила 7,7 м<sup>2</sup>. Посев проведен широкорядным способом с междурядьем 70 см. Повторность – трехкратная. Размещение делянок рендомизированное [3]. Агротехника выращивания – зональная: разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья. Измерения проводили согласно принятым методикам. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью программы «AGROS 2.09». Комбинационную способность родительских форм определяли по методу топкросса [5].

**Результаты исследований.** При анализе комбинационной способности образцов суданской травы проведены расчеты определения эффектов ОКС и

дисперсии СКС (специфическая комбинационная способность) по высоте растений, которые позволили распределить родительские формы на следующие классы: высокая ОКС (образцы МЕВ-728, Приобская 97, Камышинская 51) и СКС (Камышинская 51, Лаура, Фаина); по урожайности биомассы высокая ОКС отмечена у сортов Лаура и Камышинская 51; СКС – Краснодарская 75, Саратовская 1183, Фаина (таблица 1).

Таблица 1 – Комбинационная способность образцов суданской травы по высоте растений при созревании и урожайности биомассы

Образец	Высота растений		Урожайность	
	эффекты ОКС	дисперсия СКС	эффекты ОКС	дисперсия СКС
Краснодарская 75	-21,10	82,10	-1,47	15,43
Зональская 6	-1,67	86,68	0,20	9,63
МЕВ-728	13,34	93,97	0,84	1,70
Саратовская 1183	-0,65	148,63	-0,10	15,03
Камышинская 51	9,00	1068,18	1,54	4,51
Элегия	-7,04	10,71	-0,87	2,19
Лаура	5,07	451,45	2,55	5,12
Ташебинская	7,52	95,04	0,10	3,44
Приобская 97	9,96	278,84	-2,68	4,29
Фаина	-14,43	427,46	-0,12	14,55
F факт.(линий)	12,38*	9,87*	16,54*	21,15*
A <sub>2</sub> О-1237	4,28	185,07	-0,25	1,75
A <sub>2</sub> КВВ 114	-11,21	176,96	0,90	5,71
A <sub>2</sub> Судзерн	6,93	247,54	-0,65	9,41
F факт.(тестеров)	31,10*		16,15*	
НСР <sub>05</sub>		15,72		1,79

Интервал варьирования эффектов СКС по высоте растений при созревании составил -23,76...37,32; урожайности надземной биомассы: -4,45...3,97. Положительные эффекты СКС выявлены у гибридов A<sub>2</sub> О-1237/Лаура, A<sub>2</sub> О-

1237/Саратовская 1183, А<sub>2</sub> КВВ 114/Фаина, А<sub>2</sub> КВВ 114/Приобская 97, А<sub>2</sub> КВВ 114/Краснодарская 75, А<sub>2</sub> КВВ 114/Зональская 6, А<sub>2</sub> Судзерн/Камышинская 51, также по урожайности – А<sub>2</sub> Судзерн/Фаина (таблица 2).

Таблица 2 – Эффекты СКС образцов суданской травы по высоте растений при созревании и урожайности биомассы (F<sub>1</sub>)

Образец	Высота растений			Урожайность		
	тестер			тестер		
	А <sub>2</sub> О- 1237	А <sub>2</sub> КВВ 114	А <sub>2</sub> Судзерн	А <sub>2</sub> О- 1237	А <sub>2</sub> КВВ 114	А <sub>2</sub> Судзерн
Краснодарская 75	-9,62	8,38	1,24	0,11	3,87	-3,98
Зональская 6	-3,87	10,62	-6,75	0,97	2,50	-3,47
МЕВ-728	8,79	1,61	-10,40	-0,12	-1,24	1,36
Саратовская 1183	12,60	-11,73	-0,87	2,65	1,80	-4,45
Камышинская 51	-13,77	-23,55	37,32	0,03	-2,14	2,11
Элегия	2,66	0,99	-3,65	0,27	1,33	-1,60
Лаура	23,38	-18,12	-5,26	0,30	-2,40	2,10
Ташебинская	-11,23	4,94	6,30	-1,93	0,15	1,78
Приобская 97	-18,84	12,99	5,85	-1,94	-0,24	2,18
Фаина	9,88	13,88	-23,76	-0,33	-3,64	3,97

Заключение. Таким образом, выделены наиболее ценные для гетерозисной селекции образцы суданской травы: по урожайности биомассы высокая ОКС отмечена у сортов Лаура и Камышинская 51; высокая СКС – у сортов Краснодарская 75, Саратовская 1183, Фаина. Так же отмечены перспективные высокогетерозисные гибридные комбинации по высоте растений урожайности надземной биомассы: А<sub>2</sub> О-1237/Саратовская 1183, А<sub>2</sub> КВВ 114/Зональская 6, А<sub>2</sub> Судзерн / Камышинская 51

#### Список литературы

1. Вольф В.Г., Кадыров В.Г., Литун П.П., Ховелова А.В., Кузьменко Р.И. Методические рекомендации по применению методов для анализа

экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. – Харьков. – 1980. – 76 с.

2. Гаршин А.Ю. Изучение комбинационной способности сахарного сорго в тестерных скрещиваниях: автореф. дис. ... канд. с.-х наук / А.Ю. Гаршин. – Саратов, 2014. – 23 с.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос. – 2011. – 352 с.

4. Куколева С.С. Создание и изучение исходного материала для селекции травянистого сорго в условиях Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х наук / С.С. Куколева. – Пенза, 2022. – 22 с.

5. Савченко В.К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм // Методики генетико-селекционного и генетического экспериментов. – Минск. – 1973. – С. 48-77.

6. Старчак В.И. Изучение комбинационной способности зернового сорго в тестерных скрещиваниях: автореф. дис. ... канд. с.-х наук / В.И. Старчак. – Краснодар, 2021. – 22 с.

7. Шепель Н.А. Селекция и семеноводство гибридного сорго. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1985. – 256 с.

8. Kibalnik O, Kukoleva S., Semin D., Efremova I. Starchak V. Evaluation of the combining ability of CMS lines in crosses with samples of grain sorghum and Sudan grass // Agronomy Research. – 2021. – V. 19(4). – P. 1781-1790.

© С.С. Куколева, О.П. Кибальник, 2023

Научная статья

УДК 58.084:633.491:631.532:579.64

*А.А. Куликов<sup>1</sup>, О.В. Ткаченко<sup>1</sup>, Н.В. Евсеева<sup>1,2</sup>, К.Ю. Каргаполова<sup>1</sup>, А.Ю. Денисова<sup>1</sup>, Н.Н. Позднякова<sup>2</sup>, Г.Л. Бурьгин<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия



<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов ФИЦ Саратовский научный центр РАН, г. Саратов, Россия

## **ПРИМЕНЕНИЕ РИЗОБАКТЕРИЙ ПРИ АККЛИМАТИЗАЦИИ МИКРОКЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ К УСЛОВИЯМ *EX VITRO***

*Аннотация.* Адаптация микрорастений *ex vitro*, в частности в аэропонике, оказывает на них негативное воздействие. Целью данного исследования являлось изучение механизмов *ex vitro* адаптации микроклонов картофеля в аэропонике при инокуляции рост-стимулирующими ризобактериями (PGPR). В экспериментах были использованы микрорастения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский, инокулированные *in vitro* двумя штамма бактерий *Azospillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2. Контроль адаптации микрорастений проводился по морфометрическим, цитологическим и биохимическим показателям.

*Ключевые слова:* *Solanum tuberosum* L., адаптация *ex vitro*, аэропоника, рост-стимулирующие бактерии, антиоксидантные ферменты

*A.A. Kulikov<sup>1</sup>, O.V. Tkachenko<sup>1</sup>, N.V. Evseeva<sup>1,2</sup>, K.Y. Kargapolova<sup>1</sup>, A.Y. Denisova<sup>1</sup>, N.N. Pozdnyakov<sup>2</sup>, G.L. Burygin<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms FITZ Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

## **THE USE OF RHIZOBACTERIA IN ACCLIMATIZATION OF POTATO MICROCLONES TO *EX VITRO* CONDITIONS**

*Annotation.* The *ex vitro* adaptation of microplants, in particular in aeroponics, has a negative impact on them. The purpose of this study was to study the mechanisms

of *ex vitro* adaptation of potato microclones in aeroponics during inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Potato microplants (*Solanum tuberosum* L.) of the Nevsky cultivar inoculated *in vitro* with two strains of bacteria *Azospillum baldaniorum* Sp245 and *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 were used in the experiments. Control of adaptation of micro-plants was carried out according to morphometric, cytological and biochemical parameters.

*Keywords:* *Solanum tuberosum* L., adaptation *ex vitro*, aeroponic, plant-growth-promoting bacteria, antioxidant enzymes

Для повышения качества и количества мини-клубней из микрорастений, получаемых методом микроклонального размножения *in vitro*, в последние годы активно применяется метод aeropоники, позволяющий значительно повысить коэффициент размножения и ускорить процесс производства оздоровленных семян. Кроме того, безсубстратная технология может применяться для моделирования физиологических процессов адаптации микрорастений к условиям *ex vitro* [2].

Высокий интерес в системе производства и семеноводства картофеля вызывает метод бактеризации растений полезной микрофлорой. Активно-функционирующие растительно-микробные ассоциации между микрорастениями и ризосферными стимулирующими рост растений бактериями (PGPR) позволяют повысить темпы роста микроклонов, а также ускорить формирование защитных систем растений к абиотическим и биотическим стрессовым факторам внешней среды.

Целью данного исследования являлось изучение механизмов *ex vitro* адаптации микроклонов картофеля в aeropонике при инокуляции PGPR.

В качестве изучаемого материала использовали два сорта картофеля – Невский и Кондор. В качестве инокулянтов использовались 2 штамма бактерий из коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН *Azospillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2.

Микрорастения картофеля, культивируемые в жидкой питательной среде Мурасиге-Скуга без гормонов, на этапе черенкования инокулировали суспензией бактерий *A. baldaniorum* Sp245, а через 14 суток культивирования дополнительно суспензией бактерий *O. cytisi* IPA7.2. Концентрация бактерий обоих штаммов в среде культивирования на момент инокуляции составляла  $10^6$  кл/мл. Контролем служили растения без инокуляции бактериями. На 30 сутки растения высаживали в аэропонную установку и выращивали в условиях длинного дня (16 часов свет/ 8 часов темнота), при температуре 25°C днем и 20°C ночью на питательном растворе [1]. Продолжительность этапа выращивания в аэропонике составляла 3 недели. На 21 сутки выращивания в аэропонике оценивались морфометрические, физиологические и биохимические показатели растений картофеля.

Было установлено, что консорциум штаммов *A. baldaniorum* Sp245 и *O. cytisi* IPA7.2 обладает ростстимулирующим эффектом на микроклоны картофеля. Показано, что опытные варианты превосходили контрольные растения по длине побегов (на 7,4%), сырой и сухой массе побегов (соответственно на 29 и на 44%) и корней (соответственно на 21,6 и на 80%). У бактеризованных растений достоверно увеличивалось количество корней (на 4,2%) при уменьшении их средней длины (на 11,7%). Это совпадает с нашими ранними исследованиями по влиянию бактерий на рост и развитие растений картофеля *in vitro* и *ex vitro* [3].

После высадки в аэропонную установку выживаемость микрорастений составила 100%. Все растения к третьим суткам адаптации начали формировать новые корни, через неделю образовались новые листья, а площадь имеющихся значительно увеличилась. Анализ после 3 недель выращивания показал, что бактеризованные растения сорта Невский достоверно превосходили контрольные по длине побега на 38,9%, сырой и сухой массе на 26 и 33,3% соответственно, а также по количеству листьев на 17,8% и их площади на растении на 27,9%. Достоверных различий в росте корней в контроле и опыте не установлено.

Под влиянием бактеризации в условиях *in vitro* на листьях увеличивалось количество устьиц у сорта Невский на 27,3%, у сорта Кондор на 74,2%. При этом размер устьиц в этих вариантах уменьшался на 47,8 и 27,3% соответственно. В аэропонной установке у бактеризованных растений формировалось значительно меньше устьиц у обоих сортов в среднем в 2 раза, но размер замыкающих клеток увеличивался к 21 суткам, особенно у сорта Невский. Размер устьичной щели к концу этапа адаптации выравнивался во всех вариантах опыта, что вероятно говорит о функциональном выравнивании механизмов транспирации.

На 1 и 7 сутки адаптации растений к условиям *ex vitro* в 1,5-2 раза возрастала активность каталазы и пероксидазы в листьях бактеризованных растений по сравнению с контрольными вариантами. На 14 и 21 сутки выращивания показатели активности каталазы и пероксидазы выравнивались в контроле и опыте. Более высокая активность аскорбатпероксидазы наблюдалась в листьях контрольных растений на всем протяжении культивирования растений *ex vitro*.

У бактеризованных растений по сравнению с контрольными снижалось содержание МДА на 13,2% в условиях *in vitro*, а в аэропонике постепенно выравнивалось к 14 суткам. Содержание перекиси водорода, как основного компонента активных форм кислорода, было высоким в момент высадки растений в аэропонику и в течение первой недели, но постепенно уменьшалось как в листьях контрольных, так и опытных вариантов после двух недель выращивания.

В процессе культивирования растений в аэропонных условиях происходило резкое снижение содержания инокулированных бактерии на корнях до  $10^5$  клеток на 1 см корня и далее сохранялось на данном уровне до 21 суток культивирования включительно.

Анализ урожая показал, что на опытных растениях обоих сортов формировалось больше мини-клубней в среднем на 30,4% для сорта Невский и 50% для сорта Кондор, что является наиболее важным показателем для семеноводства оздоровленного посадочного материала. Размер и масса клубней

значимо не различались, так как проводился сбор стандартизированных мини-клубней. По массе мини-клубней с одного растения опытный вариант сорта Невский превзошел контроль на 37%, а сорта Кондор – на 19%, в среднем по сортам – на 27,6%. В пересчете с 1 м<sup>2</sup> урожайность бактеризованных растений выросла в среднем по сортам на 18%.

Таким образом, нами показаны некоторые механизмы защиты растений картофеля от неблагоприятных факторов внешней среды, опосредованный рост-стимулирующими ризобактериями, в условиях aeropоники.

#### Список литературы

1. Аэропонные технологии в растениеводстве / Ю. Ц. Мартиросян [и др.] // Проблемы агробиотехнологии. – 2012. – С. 227-240.
2. Терентьева, Е. В. Аэропонный способ получения мини-клубней картофеля / Е. В. Терентьева, О. В. Ткаченко // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 75-84.
3. Improved production of high-quality potato seeds in aeroponics with plant-growth-promoting rhizobacteria / O. V. Tkachenko et al. // Potato Res. – 2021. – 64. P. 55-66. Doi: 10.1007/s11540-020-09464-y.

© Куликов А.А., 2023

Научная статья

УДК 631.51.01: 633. 11 (470. 44)

*А.Ю. Лёвкина<sup>1</sup>, Н.В. Степанова<sup>1,2</sup>, А.М. Тарабрин<sup>1</sup>*

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», Саратов, Российская Федерация

**ВЛИЯНИЕ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ**

*Аннотация.* Изучены приёмы на основе применения агрохимикатов при минимизации основной обработки почвы для повышения продуктивности, и адаптации озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. Достигнуть высокого урожая озимой пшеницы обеспечила комбинированная обработка – 2,65 т/га. Наибольшая эффективность от применения удобрений отмечена по минимальной обработке повышение урожайности на 8,5%.

*Ключевые слова:* отвальная, безотвальная, минимальная и комбинированная обработки почвы, листовые подкормки, темно-каштановые почвы, влажность почвы.

*A.Yu. Lyovkina, N.V. Stepanova, A.M. Tarablin*

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russian Federation

## **THE EFFECT OF LEAF FERTILIZING ON THE RESISTANCE OF WINTER WHEAT TO STRESS FACTORS**

*Annotation.* Techniques based on the use of agrochemicals while minimizing the main tillage to increase productivity and adaptation of winter wheat in the conditions of the Lower Volga region are studied. To achieve a high yield of winter wheat was provided by combined processing – 2.65 t/ ha. The greatest efficiency from the use of fertilizers was noted for minimal processing, an increase in yield by 8.5%.

*Keywords:* *dump, dumpless, minimal and combined tillage, leaf fertilizing, dark chestnut soils, soil moisture.*

**Введение** Основная цель внедрения инновационных технологий возделывания озимой пшеницы состоит в получении прироста производства зерна высокого качества с меньшими трудовыми и материально-денежными затратами на единицу продукции. Эти технологии представляют собой

совокупность мероприятий, применение которых в хозяйствах позволит наиболее полно использовать биологический потенциал растений, агроклиматические условия и производственные ресурсы, добиться максимальной продуктивности. Основой их внедрения является научно обоснованная система земледелия и ее главные звенья - правильный севооборот, учитывающий конкретные экономические и почвенно-климатические особенности хозяйств и обеспечивающие систематическое повышение плодородия почвы и сорт, обладающий высокой урожайностью, адаптивностью и устойчивостью к основным биотическим и абиотическим стресс-факторам.

**Материал и методика.** Исследования проводились на опытном поле УНПО «Поволжье» Вывиловского университета в 2020- 2021 году. Содержание гумуса в пахотном слое 2,8%, темно – каштановые почвы. Под боронование посевов озимой пшеницы в фазу кущения было внесено 100 кг/га аммиачной селитры. Внекорневая подкормка агрохимикатами согласно схеме опыта по фактору Б - выполнялась в фазу кущения и фазу колошения.

Был заложен двухфакторный опыт по следующей схеме:

Фактор А – способы основной обработки почвы чистого пара:

1. Отвальная обработка плугом ПЛН-8-35 на 23-25 см (контроль 1);
2. Безотвальная обработка глубокорыхлителем SSD – 4 на 30-32 см;
3. Минимальная обработка дискатором БДМ 7х3 на 10-12 см;
4. Комбинированная обработка плугом Бойкова ПБС- 8 М на 23-25 см

Фактор Б – агрохимикаты:

1. Контроль 2 (без удобрений);
2. АгроВерм - 3 л/га ;
3. Реасил микро (Cu) - 1,5 л/га;
4. Мегамикс №10 - 0,5 л/га;
5. Микровит - 0,5 л/га;
6. НаноКремний 100 г/га.

Площадь делянок по фактору А – общая 1500 м<sup>2</sup>, учётная 1000 м<sup>2</sup>, по фактору Б – общая 30 м<sup>2</sup>, учётная 20 м<sup>2</sup>. Повторность трёхкратная. Расположение

делянок рендомизированное. Сорт озимой пшеницы Новоршевская. Предшественник – чистый пар.

Основным фактором для получения урожая на уровне 3,5 – 4 т/га является оптимальная густота стояния, не меньше 200-250 растений на 1 м<sup>2</sup>[2].

В 2020 году через 25 дней после посева наибольшая густота стояния фиксировалась на вспашке 3,40 млн шт./га. На комбинированной обработке данный показатель составил 3,33 млн шт./га или 97,9% от контроля. Наиболее изреженные всходы отмечались на варианте с глубоким безотвальным рыхлением 3,03 млн шт./га или 89% от классической вспашки. Засушливые условия в конце лета 2021 года и первой половины сентября, (осадки выпали только 20 сентября) оказали негативное влияние на всхожесть озимой пшеницы. Она составляла 63% на минимальной обработке, 63,9% безотвальной, 71,5 % комбинированной и 75,8 % на контрольном варианте (таблица 1).

Таблица 1 - Густота стояния всходов озимой пшеницы и влажность почвы по вариантам опыта в 2020-2021 гг.

Показатели	Варианты опыта по фактору А							
	ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)		SSD - 4 на 30-32 см		БДМ 7х3 на 10-12 см		ПБС -8 М на 23-25 см	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Влажность почвы в слое 0- 10 см, %	14,1	10,4	13,3	9,0	13,3	9,2	13,4	10,8
Влажность почвы в слое 0- 30 см, %	15,1	13,0	14,5	12,1	14,1	12,1	14,8	13,3
Густота стояния, млн шт./га	3,38	2,69	3,01	2,27	3,11	2,24	3,31	2,54



Густота стояния в % к контролю	100	100	89,0	8,44	92,0	83,3	97,9	94,4
Густота стояния в % к норме высева (3,5 млн шт./га	96,6	76,9	86,0	64,9	88,8	64,0	94,6	72,6

**Примечание:** 05.09.2020 - посев озимой пшеницы; 29.09.2021 - через 25 дня после посева; 28.08.2021- посев озимой пшеницы; 25.09.2021 – через 28 дня после посева.

В вегетационный период с незначительным количеством атмосферных осадков основным источником влаги в почве, служит вода, накопленная от осенних дождей, зимних и ранневесенних атмосферных осадков. Количество продуктивной влаги в почве в весенне-летний период значительно зависит от способа и глубины основной обработки почвы[3].

Определение влажности почвы по изучаемым способам и глубине основной обработки показали, что в засушливую осень 2019 г. и особенно после подсолнечника, который сильно иссушает глубокие слои почвы, наименьшее увлажнение метрового слоя отмечались на вспашке – 9,7 % от массы абсолютно сухой почвы, а максимальное на безотвальной глубоком рыхлении – 10,8%. Различия по данным вариантам составили 1,1 % или 154 м<sup>3</sup>/га[4].

В апреле 2020 года на чистых парах максимальная влажность почвы отмечалась по комбинированной (ПБС -8 М) и безотвальной (SSD – 4) обработкам, превышение контроля 1 составило 154 м<sup>3</sup>/га и 112 м<sup>3</sup>/га.

При посеве озимой пшеницы (5.09.2020) максимальное увлажнение метрового слоя отмечалось на контроле 15,1% и на комбинированной обработке – 15,0%, а минимальное при обработке дисковым орудием на 12-14 см – 14,6%.

Осенью 2020 года в метровом слое почвы влажность изменялась от 10 % на отвальной обработке до 11 % на глубокой безотвальной обработке.

Весной 2021 года (20.04) наибольшие запасы влаги в почве после весеннего снеготаяния формировались на варианте, обработанном SSD – 4, что превышало контроль на 112 м<sup>3</sup>/га, наименьшие с минимальной обработкой, что ниже контроля на 56 м<sup>3</sup>/га.

Во время посева озимой пшеницы в метровом слое влажность почвы возрастала от 12,8 % по дискованию до 14,3 % на комбинированной обработке.

Двухлетние наблюдения показали, что на отвальной обработке происходят меньшие потери влаги из почвы на 140 м<sup>3</sup>/га по сравнению с безотвальной обработкой, 105 м<sup>3</sup>/га минимальной и 63 м<sup>3</sup>/га комбинированной. Суммарные потери влаги в чистых парах составляют 46-49 %(таблица 2).

В апреле 2021 года влажность почвы в посевах озимой пшеницы верхнего полуметра по отвальной обработке составила 22,2 % на минимальной - 21,0 %.

Таблица 2 – Потери влаги в чистых парах в среднем за два года (2020 - 2021)

Варианты опыта	Запас влаги в почве весной, м <sup>3</sup> /га	Запас влаги в почве перед посевом, м <sup>3</sup> /га	Баланс влаги в почве, м <sup>3</sup> /га	Эффективные осадки, мм	Суммарный расход воды	
					м <sup>3</sup> /га	в % к общему запасу влаги
ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)	1960	2044	+84	184	1756	46,2
SSD - 4 на 30-32 см	2072	2016	-56	184	1896	48,5
БДМ 7х3 на 10-12 см	1939	1918	-21	184	1861	49,2
ПБС – 8 М на 23-25 см	2030	2051	+21	184	1819	47,0

При наступлении фенологической фазы – выхода в трубку озимой пшеницы максимальная влажность почвы метрового горизонта фиксировалась на комбинированной обработке – 13 %, а наименьшая влажность - на минимальной обработке – 12,3 %, что ниже контроля на 0,5 %[5].

13 июня в период цветения озимой пшеницы влажность почвы по вариантам опыта выравнивалась и изменялась от 10,2 % на варианте обработанного дискатором, до 11,0 % по комбинированной обработке.

В восковую спелость влажность почвы снижалась до ВУЗ 9,7 – 10,1 %.

Влажность почвы близкая к ВУЗ в период от фазы цветения до восковой спелости и отсутствие атмосферных осадков (всего 9 мм эффективных осадков - 19.06.21) способствовали формированию удовлетворительной урожайности озимой пшеницы на уровне 2,20 – 2,64 т/га и низкой эффективности, изучаемых агрохимикатов 2,0 – 11,4% [6] (таблица 3).

Таблица 3 - Влажность почвы в посевах озимой пшеницы, % от массы абсолютно сухой почвы

Основная обработка почвы – фактор А	Слой почвы, см				Отклонение от контроля 1	
	0-30	0-50	50-100	0-100	%	м <sup>3</sup> /га
20 апреля 2021 года (фенологическая фаза - кущение)						
ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)	22,4	22,2	17,6	19,9	-	-
SSD - 4 на 30-32 см	22,1	21,8	17,6	19,7	-0,2	-28
БДМ 7х3 на 10-12 см	21,3	21,0	17,4	19,2	-0,7	-98
ПБС – 8 М на 23-25 см	22,3	22,1	17,9	20,0	+0,1	+14
23 мая 2021 года (фенологическая фаза - выход в трубку)						
ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)	11,3	11,9	13,7	12,8	-	-

SSD - 4 на 30-32 см	11,1	11,6	13,6	12,6	-0,2	-28
БДМ 7х3 на 10-12 см	10,6	11,2	13,4	12,3	-0,5	-70
ПБС – 8 М на 23-25 см	11,5	11,8	14,2	13,0	+0,2	+28
13 июня 2021 года (фенологическая фаза - цветения)						
ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)	9,9	10,3	11,1	10,7	-	-
SSD - 4 на 30-32 см	10,4	10,7	10,5	10,6	-0,1	-14
БДМ 7х3 на 10-12 см	10,0	10,3	10,1	10,2	-0,5	-70
ПБС – 8 М на 23-25 см	10,2	10,6	11,4	11,0	+0,3	+42
3 июля 2021 года (фенологическая фаза – восковая спелость)						
ПЛН -8-35 на 23-25 см (контроль 1)	9,2	9,8	10,2	10,0	-	-
SSD - 4 на 30-32 см	9,3	9,8	10,0	9,9	-0,1	-14
БДМ 7х3 на 10-12 см	9,1	9,6	9,8	9,7	-0,3	-42
ПБС – 8 М на 23-25 см	9,3	9,9	10,3	10,1	+0,1	+14

Минимизация обработки почвы в чистых парах под озимую пшеницу снижает ее урожайность на 13,7%. Получение максимального урожая озимой пшеницы обеспечивает комбинированная обработка – 2,64 т/га.

Опрыскивание посевов озимой пшеницы АгроВермом увеличивала урожайность на 2,0-7,3%, Реасилом микро 2,7-6,8%, Мегамиксом 7,2 – 10,4%, НаноКремнием 3,8-8,2%, Микровитом 4,2-11,4%.

Наивысший эффект от применения листовых подкормок отмечен прибавкой урожайности по минимальной обработке - 8,8%. Данный показатель составил на вспашке 5,7 %, безотвальной обработке 4,9 %, комбинированной 5,5 %.

### Выводы

1. Безотвальная обработка снижала густоту стояния всходов озимой пшеницы на 13%, минимальная – 11,9%, комбинированная – 3,6 % по отношению к контролю 1.

2. Максимальная влажность почвы метрового слоя складывалась на безотвальной глубокой обработке SSD-4: в конце октября отклонения от контроля составили +147 м<sup>3</sup>/га, в апреле 112м<sup>3</sup>/га и в июне +56м<sup>3</sup>/га. Наибольшая влажность почвы в период посева озимой пшеницы отмечена на вспаханных вариантах, что превышало показатели минимальной обработки на 126 м<sup>3</sup>/га, безотвальную на 28м<sup>3</sup>/га.

3. В период весеннего кущения озимой пшеницы максимальная влажность метрового слоя - на комбинированной обработке (20,0%), а минимальная на варианте обработанная дискатором (19,2%). К восковой спелости озимой пшеницы различия по вариантам сглаживались.

4. Минимизация обработки почвы в чистых парах под озимую пшеницу снижает ее урожайность на 13,7%. Получение максимального урожая (2,64 т/га) обеспечивает комбинированная обработка.

5. Опрыскивание посевов озимой пшеницы препаратом «АгроВерм» стимулировала рост урожайности на 2,0-7,3%, «Реасил Микро» 2,7-6,8%, «Мегамикс» 7,2 – 10,4%, «НаноКремний» 3,8-8,2%, «Микровит» 4,2 -11,4%.

### Список литературы

1 Влияние абиотических факторов на урожайность озимой пшеницы в сухостепной зоне Заволжья/ Ф.П. Четвериков, Е.П. Денисов, М. Н. Панасов, А. П. Солодовников// Зерновое хозяйство России. -2012.- №6(24). –С.27-30.

2 Изменение стрессовой ситуации растений яровой пшеницы при внекорневой подкормке удобрениями и биопрепаратами / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Б.З. Шагиев, Д.С. Степанов, И.С. Полетаев, А.О. Кудашова // Аграрный научный журнал. - 2018. - №4 - С. 9-12.

3 Денисов, Е.П. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве/ Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Линьков// Вестник Саратовского госагроуниверситета. -2014. - №8. –С. 10-15.

4 Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность нута на чернозёме южном/ Е.Н. Михайличенко, К.И. Пимонов, А.Н. Данилов, Н.Н. Гусакова// Аграрный научный журнал. – 2018. - №4. – С. 16 – 21.

© Лёвкина А.Ю., 2023

Научная статья

УДК 63.631

***Ю.В. Лобачев, Е.А. Вертикова, Л.Г. Курасова, О.В. Ткаченко***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ, БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ВАВИЛОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются результаты генетических, биотехнологических и селекционных исследований, проведенные авторами за последние тридцать лет.

*Ключевые слова:* генетика, биотехнология, селекция растений

***Yu.V. Lobachev, E.A. Vertikova, L.G. Kurasova, O.V. Tkachenko***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## GENETIC, BIOTECHNOLOGICAL AND PLANT BREEDING RESEARCH IN VAVILOV UNIVERSITY

*Abstract.* The article discusses the results of genetic, biotechnological and plant breeding research conducted by the authors over the past thirty years.

*Keywords:* genetics, biotechnology, plant breeding

В 2023 г. исполняется 150 лет со дня рождения крупного ученого и организатора Георгия Карловича Мейстера, который в 1918 г. возглавил отдел селекции Саратовской сельскохозяйственной опытной станции, а в 1920 г. стал ее директором, проработав в этом учреждении до своего ареста в 1937 г. Г.К. Мейстер в своей автобиографии так оценил свой вклад в развитие Саратовской сельскохозяйственной опытной станции: «Подведу краткие итоги моей работы в Саратове. Состоя директором областной опытной станции, я поднял ее на большую научную высоту... Станция все время расширялась и неизменно шла вперед; при ней был организован семхоз, а позднее Госсемкультура, открыт отдел животноводства и садово-огородная станция. Генетика и селекция под моим руководством развились и окрепли... Под моим руководством выведен и введен в культуру хозяйства ряда областей целый ряд сортов яровой и озимой пшеницы, проса, подсолнечника, начаты работы по доннику и ржи...Селекционная станция имеет и целый ряд научных достижений... Впервые в широком размахе поставлены здесь проблемы межвидовой и межродовой гибридизации, как-то: скрещивание твердой пшеницы с мягкой, ржи с пшеницей и пшеницы с пыреем... На всех научных съездах и конференциях по генетике и селекции Саратовская станция занимает видное место. Мною написана книга «Критический очерк основных понятий генетики»...Станцию следовало бы уже давно реорганизовать в институт генетики и селекции...» [1]. По мнению В.В. Рязанова: «Он прошел многотрудный путь от уездного агронома до академика (1935) и вице-президента

ВАСХНИЛ (1935-1937) и в конце своей жизни (1938) разделил участь жертв политических репрессий» [1].

Свои знания по генетике и селекции Г.К. Мейстер на правах совместителя передавал студентам Саратовского СХИ.

Развитие Саратовской селекционно-генетической школы, к которой принадлежал Г.К. Мейстер, продолжается до сегодняшнего дня в научных и образовательных профильных учреждениях региона.

Исследования по генетике и селекции мягкой и твердой пшеницы, и подсолнечника проводил Ю.В. Лобачев с 1981 по 1993 гг. в НИИСХ Юго-Востока, где когда-то работал Г.К. Мейстер, а с 1993 г. по настоящее время со своими учениками в Саратовском СХИ (Саратовской ГСХА, Саратовском СГАУ), а ныне Саратовском государственном университете генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова.

Используя изогенный метод анализа у мягкой пшеницы удалось изучить в едином генофоне эффекты пятнадцати генов короткостебельности (*Rht*-гены) различного происхождения от *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf. и *Triticum aestivum* L. ssp. *sphaerococcum* (Perc.). Были определены эффекты *Rht*-генов у яровой мягкой пшеницы на хозяйственно-биологические признаки; засухоустойчивость и жаростойкость; стабильность, пластичность и гомеостатичность признаков; варьирование селекционных признаков; качественное и количественное влияние уровня ploидности на эффекты *Rht*-генов у пшеницы. Была разработана новая классификация *Rht*-генов по их влиянию на долю колоса и междоузлий от высоты растения. Разработана модель короткостебельного сорта яровой мягкой пшеницы. Разработаны методы создания короткостебельных и высокорослых, устойчивых к полеганию форм пшеницы, на которые выданы авторские свидетельства [2].

Изогенным методом анализа у яровой твердой пшеницы были изучены эффекты семи *Rht*-генов [2].

В дальнейшем Ю.В. Лобачевым и Е.А. Вертиковой на искусственных агрофонах проведен отбор *Rht*-генов, пригодных для создания в условиях



Поволжья сортов яровой мягкой пшеницы с потенциалом урожайности зерна 5-6 т/га [3].

Был создан исходный материал, с использованием которого селекционерами НИИСХ Юго-Востока, Самарского НИИСХ, Краснокутской селекционно-опытной станции, Ершовской опытной станции орошаемого земледелия выведены сорта яровой мягкой пшеницы ППГ 596, Краснокутка 9, Тулайковская 5, Юго-Восточная 2, ЮВ-4, Белянка и др. [4].

Ю.В. Лобачев и О.В. Ткаченко провели исследования по изучению эффектов *Rht*-генов в культуре клеток и тканей *in vitro*. Было установлено, что *Rht*-гены обладают разными качественными и количественными эффектами на процессы андрогенеза и выхода растений-регенерантов. У мягкой пшеницы ген *Rht-B1c* положительно влиял на все этапы андрогенеза *in vitro*. Ген *Rht-B1b* увеличивал выход растений-регенерантов, а ген *Rht-14* отрицательно влиял на выход новообразований. У твердой пшеницы ген *Rht-B1b* не влиял на этапы культивирования пыльников *in vitro*, а ген *Rht-14* положительно влиял на выход растений-регенерантов. В культуре незрелых зародышей мягкой и твердой пшеницы эти гены также обладали разными по направлению и степени влияния эффектами [5, 6].

Нами были подобраны эффективные режимы культивирования тканей пшеницы и запатентовано новое химическое вещество, обладающее морфогенетической активностью [7]. Был выявлен специфический белок ПАИ (пролиферативный антиген инициалий), который может использоваться как молекулярный маркер эмбрионного каллуса пшеницы. [8, 9]. Также изучено влияние бактерии *Azospirillum baldaniorum* 245 и ее липополисахарида на процессы морфогенеза каллусных клеток пшеницы [10, 11].

Также нами совместно с сотрудниками НИИСХ Юго-Востока и Российского НИПТИ сорго и кукурузы (Россорго) выведены следующие сорта сельскохозяйственных культур, занесенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: амарант хвостатый Ангелина (2006\*); могогар Аскет (2006), Стоик (2007), Красавец (2010); пайза

Готика (2006), Росита (2008), Ода (2009); чумиза Рубиновая (2006), Янтарная (2007), Фиеста (2010), Анастасия (2014); сорго веничное Трудовой (2007); сорго зерновое Триумф (2008), Гарант (2016), Альмарин (2018); амарант метельчатый Вулкан (2009); чина Рачейка (2009), Мраморная (2009); вигна Олеся (2013), Алия (2013); подсолнечник декоративный Ореол (2013), Радуга (2013), Солнечный салют (2020); клещевина Юлия (2014) [4].

\* – год внесения в Госреестр.

#### Список литературы

1. Научно-полевой роман. К 110-летию НИИСХ Юго-Востока: очерки, интервью, воспоминания / Авт.-сост. В.В. Рязанов. – Саратов, 2021. – 448 с.

2. Лобачев, Ю.В. Проявление генов низкорослости у яровых пшениц в Нижнем Поволжье / Ю.В. Лобачев; под общ. ред. и с предисл. В.А. Крупнова. – Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т, 2000. – 264 с.

3. Lobachev, Yu.V. Studies and selection of Rht-genes for breeding short-stemmed spring bread wheats of the Volga region / Yu,V. Lobachev, E.A. Vertikova, A.I. Zavarzin, O.V. Krupnova // J. of Huazhong Agricultural University (China). – 2000. – V. 19. – No. 3. – P. 209-212.

4. Сохранение и развитие научного наследия Н.И. Вавилова в Саратовском государственном аграрном университете / Н.В. Рязанцев, Ю.В. Лобачев, Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, И.Д. Еськов, Л.И. Чекмарева, И.В. Сергеева, А.Л. Пономарева, Е.Н. Шевченко; под общ. ред. проф. Н.И. Кузнецова и проф. И.Л. Воротникова. – Саратов: Саратовский ГАУ, ООО «Амирит», – 2017. – 228.

5. Ткаченко, О.В. Культура тканей *in vitro* короткостебельной мягкой и твердой пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ткаченко Оксана Викторовна. – Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т, 2001. – 24 с.

6. Tkachenko, O.V. Genes Rht influence on an androgenesis *in vitro* of spring bread wheat and durum wheat lines / O.V. Tkachenko, T.I. Djatchouk, Yu.V. Lobachev

// J. of Huazhong Agricultural University (China). – 2000. – V. 19. – No. 3. – P. 219-222.

7. Пат. 2186768. Российская Федерация. Тетрагидрат(+)-гидротартрата(+)-цис-[2S, SR-1,5-диметил-2-(1-окси-3-пропил)]-пирролидиния, проявляющий морфогенетическую и росторегулирующую активность / Норицина М.В., Ключкова И.Н., Сусллова Т.А., Барадачева В.М., Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В., Дьячук Т.И., Семенова И.Н., Титов В.Н.; патентообладатель: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова; № 2001103941; приоритет от 12.02.2001. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10.08.2002.

8. Evseeva, N.V. Studies on the embryogenic processes in the *in vitro* culture of wheat somatic tissues by using a proliferative antigen of initial cells / N.V. Evseeva, O.V. Tkachenko, Yu.V. Lobachev, A.Yu. Mitrophanov, T.I. Djatchouk, S.Yu. Shchyogolev // Wheat Inform. Service (Japan). – 2002. – No 94. – P. 1-4.

9. Евсеева Н.В. Биохимическая оценка морфогенетического потенциала каллусных клеток пшеницы *in vitro* / Н.В. Евсеева, О.В. Ткаченко, Ю.В. Лобачев, И.Ю. Фадеева, С.Ю. Щеголев // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. № 2. – С. 306-311.

10. Ткаченко, О.В. Влияние липополисахарида *Azospirillum brasilense* sp 245 на морфогенетический потенциал каллусных клеток пшеницы *in vitro* / О.В. Ткаченко, Н.В. Евсеева, Ю.В. Лобачев, Л.Ю. Матора, В.В. Дмитриенко, Г.Л. Бурыгин, С.Ю. Щеголев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2012. – № 3. Т. 8. – С. 13-18.

11. Лобачев, Ю.В. Влияние липополисахаридов бактерий на эмбриогенную способность каллусов пшеницы в культуре *in vitro* / Ю.В. Лобачев, О.В. Ткаченко, Н.В. Евсеева, Л.Ю. Мотора, Г.Л. Бурыгин, С.Ю. Щеголев // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 3 (часть 2). – С. 158-159.

© Лобачев Ю.В., Вертикова Е.А., Курасова Л.Г., Ткаченко О.В.

Научная статья

УДК 633.31/37

***Г.А. Маслова, И.В. Ерюшева***

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», г. Саратов, Россия

## **СПОСОБЫ ПОСЕВА НУТА В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследований по изучению крупносемянных сортов нута – Бенефис, Бонус, Галилео, Сфера селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Ширина междурядий и предшественники повлияли на показатели продуктивности, которые позволили определить оптимальные способы посева для каждого из сортов: Бенефис – при междурядье 45 см и 60 см по предшественнику яровая пшеница; Бонус– при междурядьем 45 см и 60 см; Галилео – при всех междурядьях, кроме сплошного способа посева; Сфера – при междурядьем 45 см.

*Ключевые слова:* нут, сорт, междурядье, предшественник, масса тысячи зерен, урожайность

***G.A. Maslova, I.V. Yeryusheva***

*FGBNU Russian Research Institut for Sorghum and Maize «Rossorgo», Saratov*

## **WAYS OF SOWING CHICKEA IN THE LOWER VOLGA REGION**

*Abstract.* The article presents the results of research on the study of large-seeded varieties of chickpeas - Benefis, Bonus, Galileo, Sphere of selection of the FGBNU RosNIISK «Rossorgo». Row spacing and predecessors affected the productivity indicators, which made it possible to determine the optimal sowing methods for each of the varieties: Benefis - with a row spacing of 45 cm and 60 cm according to the

spring wheat predecessor; Bonus - with a row spacing of 45 cm and 60 cm; Galileo - at all row spacings, except for the continuous sowing method; Sphere - with a row spacing of 45 cm.

*Key words:* chickpea, variety, row spacing, predecessor, mass of a thousand grains, yield

В условиях Нижнего Поволжья активно ведется работа по подбору засухоустойчивых сортов. Это коснулось и такую зернобобовую культуру как нут, так как в изучаемом регионе складываются благоприятные условия для его выращивания [3,4,6,12]. Расширение посевных площадей под данной культурой является одной из главных задач в Поволжье – повысить высокобелковость как продуктов питания, так и животноводческих кормов [1,3,9].

Влияние на урожайность и качество зерна нута оказывают множество факторов внешней среды, а также агротехнологические элементы [1,9,10,11].

Труды ученых показывают, что при увеличении междурядий отмечалось небольшое снижение на 2-4% всхожих семян нута [11], данную тенденцию мы отмечали и в своих работах. В рекомендациях ученых отмечен рядовой посев шириной 45 см как наиболее эффективный [7,11]. Без сомнений так же должны учитываться и специфические требования современных сортов нута (особенно крупносемянных) [2,3].

В наших исследованиях изучались способы посева нута крупносемянных сортов местной селекции [8], что является актуальной задачей (при имеющейся плотности почвы в зависимости от междурядий и предшественников урожайность различалась значимо).

**Материалы и методы.** Полевые опыты заложены в селекционном севообороте ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2019 г. по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» и общепринятым методикам полевого опыта [5].

Исследования направлены на изучение крупносемянных сортов нута – Бенефис, Бонус, Галилео, Сфера селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Общая

площадь опыта – 0,50 га, площадь учетной делянки – 25 м<sup>2</sup>, количество вариантов – 40, повторность 4-х кратная.

Почва опытного участка - южные маловыщелочные черноземы с среднесуглинистым механическим составом. В пахотном слое почвы содержание гумуса 3,3 %.

Агротехника возделывания нута - зональная, разработана в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» [7]. Погодные условия соответствовали средним многолетним значениям (ГТК составил 0,67).

Статистическую обработку результатов исследований выполняли с помощью программы AGROS 2.09 методом дисперсионного анализа. Оценку существенности различий между полученными экспериментальными данными проводили по величине наименьшей существенной разницы (НСР<sub>05</sub>).

**Результаты исследований.** Наши исследования, связанные с изучением новых сортов нута (фактор А), влиянием на их структуру урожая и продуктивность способов посева (фактор В) и предшественников (фактор С) представлены в таблице 1.

Число растений в уборку снижалась у всех изучаемых сортов с увеличением ширины междурядий, исключением стал сорт Бонус при ширине междурядий 70 см, также Галилео и сорт Сфера при ширине междурядий 60 см. По предшественникам – по сорго зерновому растений оставалось больше, но они были более щуплыми и показатели структуры урожая в сравнении с вариантами по яровой пшенице оказались ниже. Можно предположить, что на данный результат повлияли остатки влаги в почве после изучаемых предшественников. Проведя статистический анализ по числу растений в уборку доля в общей изменчивости фактора А составила 7,07%, фактора В – 30,60%, фактора С – 15,55%, взаимодействие АВ – 28,71%, АС – 0,68%, ВС – 1,41%, АВС – 3,54%, остаток (неучтенные факторы) – 12,45%.

Число зерен на 1 растении увеличивалось с увеличением ширины междурядий до 60 см и снижалось при междурядье 70 см. Данная тенденция прослеживалась по всем изучаемым сортам. Доля в общей изменчивости фактора А – 10,62%,

фактора В – 64,84%, фактора С – 9,74%, взаимодействие АВ – 6,71%, АС – 0,35%, ВС – 0,42%, АВС – 1,53%, остаток (неучтенные факторы) – 5,79%. Отметим варианты с массой зерен с одного растения > 10 г: Бенефис с междурядьем 45 и предшественником яровая пшеница, междурядьем 60, предшественниками сорго зерновое и яровая пшеница, междурядьем 70 и предшественником яровая пшеница; Бонус междурядьем 60 и предшественником яровая пшеница; Сфера с междурядьем 45 и предшественником яровая пшеница. Доля в общей изменчивости фактора А – 13,84%, фактора В – 55,93%, фактора С – 11,44%, взаимодействие АВ – 13,68%, АС – 0,10%, ВС – 0,39%, АВС – 1,00%, остаток (неучтенные факторы) – 3,62%.

При подсчете дисперсионного анализа по массе тысячи зерен выявили общую изменчивость и доля фактора А в ней составила 29,11%, фактора В – 24,53%, фактора С – 4,82%, взаимодействие АВ – 18,26%, АС – 0,78%, ВС – 0,24%, АВС – 0,82%, остаток (неучтенные факторы) – 21,44%.

Таблица 1 – Влияние способов посева и предшественников на основные элементы продуктивности нута, 2019 г.

Сорта	Способ посева	Число растений в уборку, шт./м <sup>2</sup>		Число зерен на 1 растении, шт.		Масса зерна с 1 растения, г		Масса 1000 зерна, г	
		СЗ	ЯП	СЗ	ЯП	СЗ	ЯП	СЗ	ЯП
Бенефис	15	35	33	15,40	16,60	4,66	5,61	302,41	337,71
	30	35	32	17,40	19,40	5,94	7,00	341,54	360,82
	45	28	24	24,33	30,40	8,57	11,08	352,30	364,58
	60	23	22	29,80	32,20	10,91	12,64	366,21	392,43
	70	24	20	26,73	30,47	7,92	10,00	296,17	328,19
Бонус	15	31	22	11,40	16,40	3,65	5,55	319,75	338,14
	30	32	27	15,80	17,80	5,19	6,44	328,32	362,05
	45	25	22	21,40	24,13	7,52	8,82	351,40	365,44
	60	20	19	25,53	26,27	9,20	10,53	360,36	400,70
	70	27	21	21,40	25,53	5,37	7,62	250,95	298,44

Сорта	Способ посева	Число растений в уборку, шт./м <sup>2</sup>		Число зерен на 1 растении, шт.		Масса зерна с 1 растения, г		Масса 1000 зерна, г	
		СЗ	ЯП	СЗ	ЯП	СЗ	ЯП	СЗ	ЯП
Галилео	15	35	27	10,40	15,07	3,49	5,00	335,16	331,79
	30	34	34	15,47	16,40	4,97	5,44	321,30	331,78
	45	29	22	19,13	25,20	6,24	8,55	326,26	339,11
	60	26	21	20,27	26,93	6,81	9,43	335,85	350,11
	70	30	25	18,53	23,47	5,87	7,88	316,60	335,75
Сфера	15	35	28	12,00	16,07	3,20	4,54	266,67	282,25
	30	26	21	17,40	21,67	4,73	6,48	271,88	298,86
	45	24	21	26,67	30,27	9,25	11,00	346,83	363,40
	60	33	28	22,27	27,53	5,82	7,25	261,26	263,35
	70	28	28	19,53	21,40	4,43	5,04	226,76	235,31
Коэффициент вариации, %		15,94	18,24	27,44	24,07	34,23	30,45	12,61	12,37
Ошибка средней, sx		1.11		0.77		0.26		12.56	
F <sub>факт</sub> ,		(A)– 21.16*, (B)– 68.69*, (AB)–21.48*, (C)– 139.64*, (AC)–2.02, (BC)– 3.16*, (ABC)– 2.65*	(A)– 80.52*, (B)– 368.54*, (AB)–12.72*, (C)– 221.41*, (AC)– 2.65, (BC)– 2.37, (ABC)– 2.89*	(A)– 159.64*, (B)– 483.86*, (AB)– 39.44*, (C)– 395.77*, (AC)– 1.129, (BC)– 3.35*, (ABC)– 2.88*	(A)– 51.93*, (B)– 32.81*, (AB)– 8.14*, (C)– 25.79*, (AC)– 1.40, (BC)– 0.31, (ABC)– 0.37				
НСР <sub>05</sub>		(A)– 0.99, (B)– 1.10, (AB)– 2.21, (C)– 0.70, (BC)– 1.56, (ABC)– 3.12	(A)– 0.69, (B)– 0.77, (AB)– 1.531, (C)– 0.48, (ABC)– 2.17	(A)– 0.23, (B)– 0.26, (AB)– 0.51, (C)– 0.16, (BC)– 0.360, (ABC)– 0.36	(A)– 11.18, (B)– 12.49, (AB)– 24.99, (C)– 7.90				

Примечание: СЗ – сорго зерновое, ЯП – яровая пшеница

В результате множественных сравнений частных средних по фактору А за 2019 г. наблюдались значимые различия. Однако по показателю – число растений в уборку Бенефис не существенно отличался от Галилео и Сфера; массе зерен с одного растения – не существенные различия между Галилео и Сфера; массе



тысячи зерен – между Бенефис и Бонус, Галилео и Бонус; урожайностью семян – между Бонус и Сфера (таблица 2).

Таблица 2 – Множественные сравнения частных средних по фактору А

Показатели	Сорта			
	Бенефис	Бонус	Галилео	Сфера
Число растений в уборку, шт./ м <sup>2</sup>	27.60bc	24.60a	28.30c	27.20b
Число зерен на 1 растении, шт.	24.27d	20.57b	19.09a	21.48c
Масса зерна с 1 растения, г	8.43c	6.99b	6.37a	6.17a
Масса 1000 зерна, г	344.23c	337.58bc	332.34b	281.66a
Урожайность семян, т/га	2.21c	1.65a	1.73b	1.61a

Примечание: Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана.

В 2019 г. при сравнении частных средних по фактору выявились существенные различия по представленным в статье показателям. Отсутствовали различия по числу растений в уборку между вариантами с междурядьями 15 см и 30 см; между 45 см и 60/70 см. По массе зерен с одного растения не существенно различались способы посева на 45 см и 60 см, аналогичные результаты и по массе тысячи зерен и урожайности семян (таблица 3).

Таблица 3 – Множественные сравнения частных средних по фактору В

Показатели	Междурядье				
	D	E	F	K	L
Число растений в уборку, шт./ м <sup>2</sup>	30.75d	30.13cd	24.38ab	24.00a	25.38b
Число зерен на 1 растении, шт.	14.17a	17.67b	25.19d	26.35e	23.38c
Масса зерна с 1	4.46a	5.77b	8.88d	9.07d	6.77c

растения, г					
Масса 1000 зерна, г	314.18b	327.07c	351.20d	341.28d	286.02a
Урожайность семян, т/га	1.35a	1.73b	2.14d	2.10cd	1.67b

Примечание: D – 15 см, E– 30 см, F -45см, K – 60см, L - 70см;

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана.

В таблице 4 указаны существенные различия частных средних по изучаемым предшественникам (таблица 4).

Таблица 4 – Множественные сравнения частных средних по фактору С

Показатели	Предшественник	
	СЗ	ЯП
Число растений в уборку, шт./ м <sup>2</sup>	29.00b	24.85a
Число зерен на 1 растении, шт.	19.54a	23.16b
Масса зерна с 1 растения, г	6.19a	7.80b
Масса 1000 зерна, г	313.87a	334.03b
Урожайность семян, т/га	1.72a	1.87b

Примечание: СЗ – сорго зерновое, ЯП – яровая пшеница;

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана.

При анализе результатов исследований по способам посева было отмечено, что урожайность сначала увеличивалась, а затем снижалась (рисунок). Следует отметить, что максимальной урожайностью обладали сорта посеянные с шириной междурядий 45 см и 60 см, так как при таком способе посева увеличивалось число зерен с растения и зерна оказались более выполненными, соответственно с большей массой тысячи зерен.

В результате трехфакторного дисперсионного анализа доля в общей изменчивости фактора А – 31,12%, фактора В – 47,11%, фактора С - 3,03%, взаимодействие АВ – 11,04%, АС – 0,17%, ВС – 0,07%, АВС – 0,25%, остаток (неучтенные факторы) – 7,21%

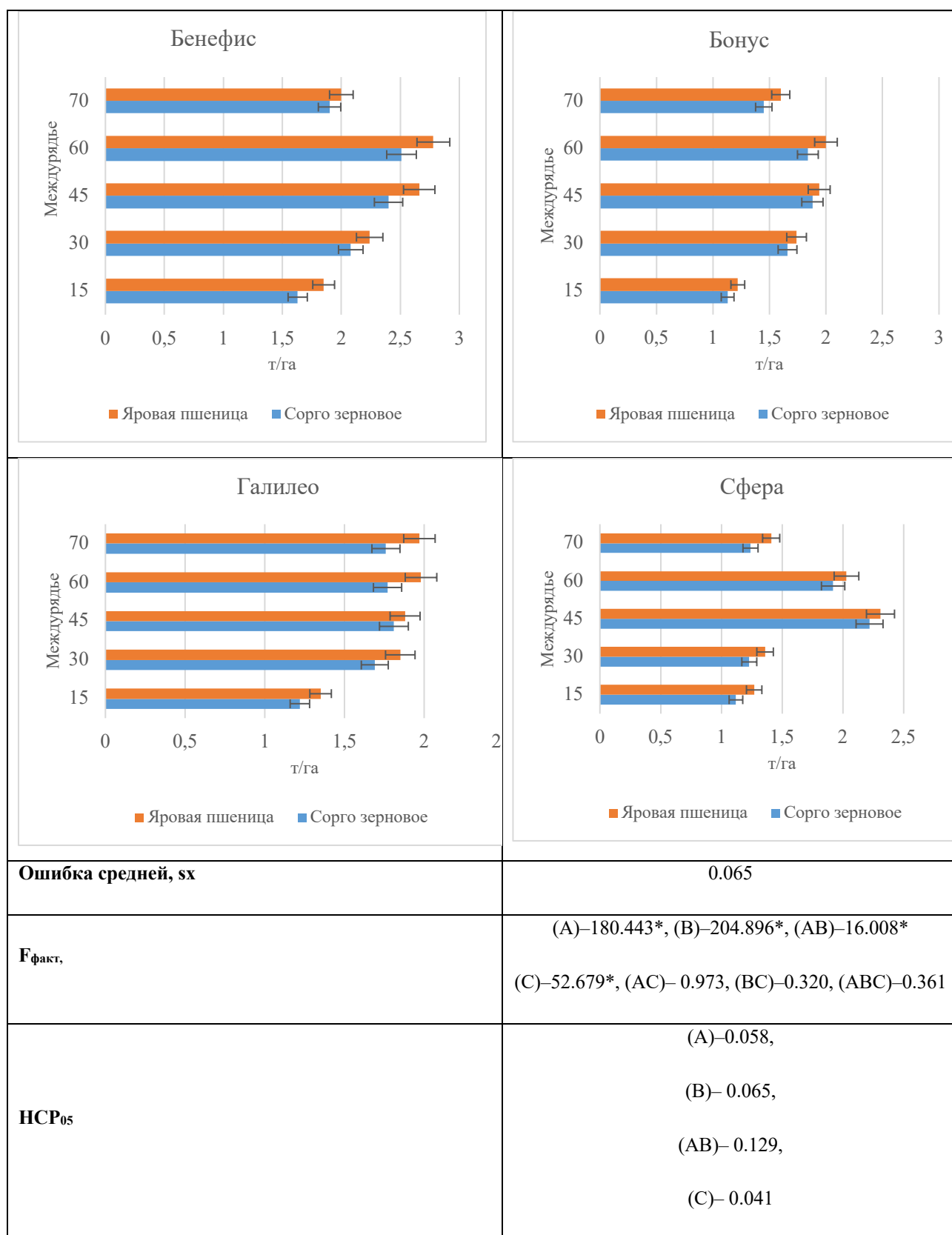


Рисунок - Урожайность семян сортов нута при различных междурядьях и предшественниках, 2019 г.

Таким образом, способ посева повлиял на показатели продуктивности сортов

нута и можно указать оптимальный способ посева для каждого из них: Бенефис – с междурядьем 45 см и 60 см по предшественнику яровая пшеница; Бонус– с междурядьем 45 см и 60 см; Галилео – при всех междурядьях сорт показывал хорошие результаты, кроме сплошного способа посева; Сфера – высокими результатами сорт отличился при способе посева с междурядьем 45 см.

#### Список литературы

1. Балашов В.В., Балашов А.В., Малахова А.А., Балашов В.А. Особенности роста и развития сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 36-45.
2. Волков Д.П., Гудова Л.А., Поминов А.В., Зайцев С.А., Носко О.С. Технология возделывания крупносемянного сорта нута «Галилео». В сборнике: Эффективные решения в приоритетных отраслях АПК в засушливых регионах. Материалы Международной заочной научно-практической конференции. – 2020. – С. 47-54.
3. Волков Д.П., Зайцев С.А., Лёвкина А.Ю., Кагин Д.В. Селекция и возделывание нута в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. Сборник материалов II международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов, 2022. – С. 33-38.
4. Вошедский Н.Н. Особенности влияния элементов технологии при возделывании нута на засорённость посевов и урожайность зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – С. 80-84.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 2011. – 352 с.
6. Зотиков В.И. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В.И. Зотиков, А.А.

Полухин, Н.В. Грядунцова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17.

7. Маслова Г.А., Кондаков К.С., Башинская О.С. Зависимость урожайности новых сортов нута от способа посева в Нижнем Поволжье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 2 (53). – С. 25-32.

8. Методические указания ВИР по изучению зернобобовых культур – Л., 1975. – 40 с.

9. Петрова Г.В., Безуглов В.В., Ярцев Г.Ф., Байкасенев Р.К. Урожайность и качество зерна нута в зависимости от технологий выращивания на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – С. 48-50.

10. Пташник О.П. Технологические приемы выращивания нута в условиях степного Крыма // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С.13-19.

11. Жабборов Ф.Б., Абдиев А.А., Абдуазимов А.М. Зависимость продуктивности сортов нута от сроков и норм посева // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – №: 1 (72). – С. 42-45.

12. Жужукин В.И., Горбунов В.С., Зайцев С.А., Волков Д.П. Особенности селекции нута в Поволжье // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 6 (54). – С. 21-24.

© Маслова Г.А., Ерюшева И.В., 2023

Научная статья

УДК: 635.657:631.52

***И.В. Миронов<sup>1</sup>, О.С. Башинская<sup>2</sup>, Д.П. Волков<sup>2</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет)

<sup>2</sup>ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»

## **ИЗУЧЕНИЕ ЧЕЧЕВИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются результаты селекции и экологического изучения сортов чечевицы. В ходе исследования выявлена урожайность сортов чечевицы в различных пунктах испытания. Приведена оценка сортов по показателям адаптивности, коллекционного материала по хозяйственно-ценным параметрам.

*Ключевые слова:* чечевица, сорт, урожайность, коллекция, адаптивность

*I.V. Mironov<sup>1</sup>, O.S. Bashinskaya<sup>2</sup>, D.P. Volkov<sup>2</sup>, S.A. Zaitsev<sup>2</sup>,*

<sup>1</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov (Vavilov University)

<sup>2</sup>Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

## **STUDYING LENTILS UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS**

*Annotation.* The article discusses the results of selection and ecological study of lentil varieties. The study revealed the yield of lentil varieties at various test points. The evaluation of varieties in terms of adaptability, collection material in terms of economically valuable parameters is given.

*Keywords:* lentil, variety, productivity, collection, adaptability

*Введение.* Чечевица в мировом земледелии не может быть отнесена к культурам массового распространения. В России посевы чечевицы занимают около 140 тыс. га, урожайность семян в различных почвенно-климатических условиях и географических зонах нестабильна. Внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов, обладающих определённым набором хозяйственно-ценных параметров и приспособленных к конкретным почвенно-климатическим условиям, позволит расширить ареал возделывания чечевицы [1].

Так, увеличение посевных площадей чечевицы в Российской Федерации и повышение валового сбора продукции с 1 га является важной задачей. Одним из существенных недостатков существующих сортов являются нестабильная урожайность и недостаточная технологичность [2]. Они определяются такими биологическими особенностями растений чечевицы, как короткостебельность, низкое прикрепление нижних бобов, полегаемость. Для её решения необходимо создание сортов с высокими адаптивными способностями и оптимальными морфометрическими характеристиками. Изучение исходного материала в засушливых условиях Саратовской области позволит выделить источники хозяйственно ценных признаков для селекции высокопродуктивных, технологичных, ценных по качеству сортов чечевицы [3]. Чтобы повысить эффективность селекционной работы необходимо вести целенаправленный поиск источников хозяйственно ценных признаков с целью вовлечения их в традиционные и разрабатываемые методы селекции. Одновременно с этим комплексная оценка исходного материала должна базироваться на изучении морфологических, технологических и других биологических особенностей генотипов чечевицы [4].

**Материал и методика.** Изучение коллекционного материала чечевицы проведено на опытном участке ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г.Саратов). Агроэкологическое испытание сортов чечевицы заложен на опытных участках ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г. Саратов), ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Республика Крым), в Ростовской области. Полевые опыты заложены согласно общепринятым методикам проведения исследований [5, 6, 7]. Учетная площадь делянок – 25 м. Агротехника - общепринятая для регионов. Посев ранневесенний: в условиях Саратовской области – 1 декада мая, в условиях Республики Крым, Ростовской области – 3 декада марта – 1 декада апреля.

Результаты исследований. Основной задачей селекции чечевицы, как и других растений, является выведение новых высокоурожайных сортов, приспособленных к определенным почвенно-климатическим и агротехническим условиям, отличающихся хорошим качеством продукции (для чечевицы преимущественно семян) и отвечающих возросшим требованиям агропромышленной отрасли. В

селекции чечевицы необходимо выведение сортов, дающих высокие и устойчивые урожаи семян, устойчивых к болезням и пригодных к механизированной уборке (слабополегающих, высокорослых, с высоким расположением нижних бобов). В связи с этим в селекционном процессе приобретает актуальность изучения коллекционного материала по морфометрическим параметрам, вегетационному периоду, урожайности семян (таблица 1).

Таблица 1 – Морфометрические параметры чечевицы, 2020-2022 гг.

Наименование	Вегетационный период, дни	Длина стебля, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Ветвистость, шт.	Урожайность семян, т/га
Фактор «А»					
Надежда	73,3	34,8	16,0	3,8	1.39
Веховская	74,0	39,3	17,7	2,1	1.54
к-10	73,8	33,7	17,2	2,3	0.79
к-101	72,0	36,4	16,2	2,3	1.29
к-102	72,0	31,2	15,0	2,2	0.92
к-1175	71,0	34,9	13,5	2,8	1.68
к-120	70,5	38,2	16,3	2,5	0.97
к-1261	67,8	38,4	20,1	2,7	1.50
к-1400	69,3	41,2	16,0	2,8	1.88
к-1422	75,0	35,3	18,5	2,1	0.50
к-1468	73,3	32,1	13,4	2,1	0.81



K-151	70,0	29,5	11,8	2,5	1.36
K-1512	73,0	36,4	16,7	4,6	1.85
K-1521	72,0	41,0	13,4	2,3	0.97
K-1529	65,3	34,0	15,2	2,2	2.18
K-1540	75,3	33,5	16,0	2,9	1.59
K-1546	75,5	36,0	14,5	2,0	1.02
K-1579	62,8	34,7	16,7	2,0	1.02
K-1695	64,3	37,2	17,0	4,2	1.47
K-1700	68,3	35,3	14,0	3,1	1.40
K-1701	66,3	31,2	17,3	2,6	1.39
K-1731	66,3	35,3	16,1	2,0	1.24
K-1732	69,0	36,8	18,1	2,2	1.28
K-1733	68,8	34,2	15,8	2,8	1.77
K-1734	60,0	37,8	14,0	2,9	1.27
K-1735	70,5	39,3	18,0	2,3	1.31
K-1772	73,3	39,0	15,7	2,1	1.34
K-1778	70,8	37,6	19,8	3,4	1.04
K-1804	67,5	35,5	16,4	2,2	1.56
K-1809 Hrotovicka Velkozrna	65,5	33,4	13,1	2,3	1.46

к-1812	66,5	34,0	15,1	2,3	1,45
Среднее значение	69,8	35,7	16,0	2,5	1,33
V, %	5,6	7,9	12,2	21,2	26,9
Фактор «В»					
2020 г.	70,8	35,6	16,2	2,5	0,89
2021 г.	69,3	35,4	15,6	2,8	1,36
2022 г.	68,9	35,3	15,7	2,5	1,70
НСР <sub>0,05</sub>					
НСР (А)	1,16	0,79	0,44	0,08	0,70
НСР (В)	0,42	0,28	0,16	0,03	0,22
НСР (АВ)	2,32	1,58	0,88	0,17	1,22

Селекция чечевицы должна проводиться с учетом условий региона, в котором предполагается ее возделывать. В степных засушливых условиях Нижнего Поволжья, Республики Крым чечевица реже поражается болезнями, чем в северных регионах с большим количеством осадков и основным направлением в селекции для данных регионов является выведение высокоурожайных засухоустойчивых сортов чечевицы (таблица 2). С учетом влияния почвенных и климатических факторов при возделывании любой культуры, особое внимание следует уделять агроэкологическому испытанию. Результаты исследования в нескольких пунктах указывают на варьирование урожайности семян в зависимости от сорта и условий выращивания. В условиях Саратовской области урожайность семян за годы эксперимента колебалась в следующих пределах: в 2020 г. – 0,54-1,23 т/га, в 2021 г. – 0,70-1,29 т/га, в 2022 г. – 1,21-1,88 т/га. Почвенно-климатические особенности

Республики Крым позволили сформировать урожайность семян в границах: в 2020 г. – 0,70-1,10 т/га, в 2021 г. – 0,86-1,28 т/га, в 2022 г. – 0,94-1,59 т/га. В результате ранжирования сортов по средним значениям отмечены формы, сформировавшие наибольшую продуктивность в двух пунктах испытания: Октава (1,15-1,16 т/га), Дельта (1,19-1,40 т/га). В условиях Ростовской области сорта селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» сформировали в 2021 г. урожайность семян от 1,03 т/га до 1,48 т/га.

Рисунок 2 – Урожайность семян чечевицы, т/га

Сорт	г. Саратов			Республика Крым			Ростовская область
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г
Даная	0,95	0,99	1,56	0,85	0,96	1,46	1,45
Октава	1,10	0,97	1,37	0,92	0,97	1,59	1,03
Дельта	1,21	1,10	1,88	0,95	1,12	1,49	1,48
Пикантная	0,86	0,79	1,42	0,98	0,95	1,59	1,30
Надежда	1,15	0,89	1,87	1,10	0,99	1,05	1,29
Рубиновая	0,92	0,61	1,23	0,85	0,92	1,55	1,23
Светлая	1,23	0,87	1,35	0,70	0,86	1,38	
Рауза	0,83	0,73	1,22	0,92	1,04	1,39	
Аида	0,85	0,83	1,17	0,74	1,03	1,44	
Восточная	0,54	1,29	1,33	0,99	1,12	1,51	
Орловская красная	0,96	0,70	1,21	0,87	1,28	0,94	

При обработке данных агроэкологического сортоиспытания (методика Eberhart S.A в интерпретации В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [8]) сорта

чечевицы распределены на несколько групп (таблица 2). К экстенсивным формам с низкой фенотипической стабильностью относится сорт Орловская красная. Согласно коэффициенту регрессии ( $b_i = 0,54$ ) данный генотип слабо реагирует на изменения условий среды Сорта Октава, Дельта, Надежда, Рубиновая, Светлая, Рауза, Аида, Восточная с очень высокой фенотипической стабильностью вошли во вторую группу. Данные формы слабо отзываются на улучшение условий произрастания, в то же время при ухудшении условий они обладают более низкими темпами снижения продуктивности.

К третьей группе отнесен сорт Даная характеризующиеся как «интенсивные формы с пониженной фенотипической стабильностью». Он способен сформировать высокую урожайность зерна, как в благоприятных условиях возделывания, так и в неблагоприятных. Сорт Пикантная проявил себя как интенсивный с низкой фенотипической стабильностью. Генотип хорошо отзывается на улучшение условий выращивания, но требует более узкой специализации при его использовании.

Таблица 2 – Интерпретация результатов оценки пластичности и стабильности

Сорт	Коэффициент адекватности (B)	Коэффициент регрессии ( $d_1$ )	Ошибка коэффициента регрессии ( $S_b$ )	Критерий значимости отклонения от 1 (t)
Даная	0,81	1,21	0,26	0,81
Октава	0,69	1,02	0,30	0,06
Дельта	0,65	1,03	0,32	0,08
Пикантная	0,89	1,36	0,21	1,71
Надежда	0,24	0,96	0,60	0,06
Рубиновая	0,14	0,98	0,73	0,03
Светлая	0,39	0,91	0,44	0,20
Рауза	0,91	1,04	0,15	0,30

Аида	0,77	1,03	0,25	0,13
Восточная	0,22	0,91	0,59	0,15
Орловская красная	0,16	0,54	0,39	1,18

**Выводы.** Таким образом, в процессе селекционной работы в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» создана линейка сортов чечевицы, отличающихся по биологическим показателям, а также технологическим свойствам. В ходе исследования выявленная урожайность сортов чечевицы варьировала от 0,61 т/га до 1,88 т/га в зависимости от пункта испытания и условий выращивания. Оценка гибридов по показателям адаптивности позволила распределить их в следующие группы: 1 - экстенсивные формы с очень низкой фенотипической стабильностью (Орловская красная); 2 - формы с высокой фенотипической стабильностью (Октава, Дельта, Надежда, Рубиновая, Светлая, Рауза, Аида, Восточная); 3 – интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью (Даная); 4 - интенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью (Пикантная). Основными направлениями селекционной работы продолжают оставаться задачи повышения урожайности и качества семян, улучшение технологических признаков, а также кулинарно-эстетических свойств.

#### Список литературы

1. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А., Тарануха Г. Зернобобовые культуры – Мн.: «ФУ Аинформ», 2000. – 264 с.
2. Кондыков И.В. Культура чечевицы в мире и российской федерации (обзор). Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 2 (2). с. 13-20.
3. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. / Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). с. 6-13.

4. Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А., Жужукин В.И. Экологическое изучение гибридов кукурузы в степной зоне Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 13-17.
  5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник. – М.: Агропромиздат, - 1985. – 351 с.
  6. Методические указания ВИР по изучению зернобобовых культур. Л., 1975. – 40 с.
  7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.– Вып. 2. зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
  8. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – №4. – С. 109–113.
- © Миронов И.В., Башинская О.С., Волков Д.П., Зайцев С.А.

Научная статья

*Е.М. Моисеева,<sup>1</sup> В.В. Фадеев,<sup>1</sup> Ю.В. Красова,<sup>1</sup> Р.В. Долгополов,<sup>2</sup> С.А.,  
Коннова,<sup>2</sup> О.И. Юдакова,<sup>2</sup> М.И. Чумаков<sup>1</sup>*

1 - Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ОСП ФГБУН ФИЦ «Саратовский НЦ РАН», Саратов, Россия;

2 - Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия;

## **АНАЛИЗ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ ГИНОГЕНЕЗА И АВТОНОМНОГО ЭНДОСПЕРМОГЕНЕЗА**

*Аннотация.* Саратовскими селекционерами в 1960-1980-х годах была создана уникальная коллекция линий кукурузы, включающая эффективные

линии-гаплоиндукторы и партеногенетические линии с элементами апомиксиса. Эта коллекция плохо охарактеризована генетически, что важно для понимания механизма апомиктического размножения и современной селекции, а также для генотипирования линий. С помощью методов биоинформатики проведена сравнительная оценка полиморфизма генов гиногенеза (*PLA1*, *CENH3*, *DMP*), генов взаимодействия мембран гамет (*GEX2*, *GSCI*) и партеногенеза (*CHR106*, *HDT104* и *FIE1*) у различных линий кукурузы саратовской селекции. На основании данных секвенирования сделан вывод о возможности использования генов *PLA1*, *GEX2* и *FIE1* для генотипирования линий и гибридов кукурузы. Филогенетических анализ гена *Zm\_PLA1* подтвердил родство гаплоиндуцирующих линий Stock 6, ЗМСП и ЗМС-8 и приобретение линиями ЗМСП и ЗМС-8 части способности к гаплоиндукции за счет мутации в гене *Zm\_PLA1* у Stock 6.

*Ключевые слова:* полиморфизм генов гиногенеза и партеногенеза кукурузы, генотипирование

*Ye. M. Moiseeva<sup>1</sup>, V. V. Fadeev<sup>1,2</sup>, Yu.V. Krasova<sup>1,2</sup>, R. V. Dolgoplov, S.A. Konnova,<sup>2</sup> O.I. Yudakova,<sup>2</sup> M. I. Chumakov<sup>1</sup>*

1 - Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov, Russia;  
2 - Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky (SGU), Saratov, Russia;

## **EVALUATION OF THE MAIZE LINES FOR GYNOGENESIS AND POLLINATION-FREE ENDOSPERMOGENESIS GENE POLYMORFISM**

*Annotation.* In the 60-80s of the 20th century, Saratov breeders created a unique collection of maize lines, including effective haploid-inducing and parthenogenetic lines. This collection is poorly characterized genetically, which is important for

understanding the mechanism of apomictic reproduction and modern breeding. In particular, as an applied aspect, genotyping of these lines. The gynogenesis and parthenogenesis genes in Saratov maize lines was evaluated. In particular, the (*Zm\_GEX2*, *Zm\_GSC1*, *Zm\_PLA1*, *Zm\_CENH3*, *Zm\_DMP7*) genes in haploinducing (ZMS-8, ZMSP) and (*Zm\_CHR106*, *Zm\_HDT104* and *Zm\_FIE1*) genes in parthenogenetic (AT-1, AT-3, AT-4) and ordinary (KM, GPL-1) maize lines. Using bioinformatic approach, gene sequences were compared in different maize lines and changes in nucleotide sequences were revealed. Based on the sequencing data, it is concluded that it is possible to use *Zm\_PLA1*, *Zm\_GEX2*, and *Zm\_FIE1* genes for maize line genotyping. Phylogenetic analysis of the *Zm\_PLA1* gene confirmed the relatedness of the Stock 6, ZMSP and ZMS-8 haploinducing lines and the acquisition by the ZMSP and ZMS-8 lines of a part of the haploinduction ability due to a mutation in the *Zm\_PLA1* gene.

**Keywords:** maize gynogenesis and parthenogenesis genes, mutations, genotyping.

## **Введение**

Саратовскими селекционерами в 1960-1980-х годах была создана уникальная коллекция линий кукурузы, включающая эффективные линии-гаплоиндукторы [1-4] и партеногенетические линии с элементами апомиксиса [5, 6]. Полученные линии в последние сорок лет поддерживаются путем пересева и самоопыления, что несет риски загрязнения, расщепления популяций, исчезновения, ослабления селективируемого признака. Дополнительную трудность представляет тот факт, что генетическая природа мутаций, возникших у гаплоиндуцирующих (ГИ) и партеногенетических (ПГ) линий саратовской селекции только начинает выясняться и не все гены, контролирующие признаки ГИ и ПГ известны. Ряд генов, участвующих в контроле ГИ (*ZmPLA1*, *Zm\_CENH3*, *Zm\_DMP7*), контакте мембран гамет (*Zm\_GEX2*, *Zm\_GSC1*) и ПГ генов (*Zm\_FIE*), описанных в литературе за последние пять лет, представлен в обзоре [7]. Считается, что подавление экспрессии некоторых генов, кодирующие хроматин-модифицирующие белки (ХМБ) кукурузы (*CHR106*, *DMT102*, *DMT103*, *DMT105*,



*HDT104, HON101*), коррелирует с признаками апомиксиса у гибридов кукурузы и трипсакума [8].

Развитие методов секвенирования обеспечило развитие методов генотипирования, позволяющих определить различия в генотипе индивидуума, линии, сорта. К генотипированию прибегают, при выборе родительских пар в селекционных программах, когда требуется идентифицировать родительский организм, гибрид или линию растений. Анализ методов генотипирования и генетических маркеров для растений дан в ряде обзоров [9-11]. Генетический маркер должен иметь высокий уровень полиморфизма [12]; быть мультиаллельным, простым в обнаружении и анализе [9, 11]. Самые удобными и эффективными в использовании в настоящее время являются ДНК-маркеры. Полиморфизм генов гиногенеза и партеногенеза у кукурузы мало изучен и пока не ясно, можно ли использовать эти гены для генотипирования. Целью статьи является изучение полиморфизма генов, контролирующих эмбриогенез (*Zm\_PLA1*, *Zm\_CENH3*, *Zm\_DMP*) и эндоспермогенез (гены ХМФ и *Zm\_FIE*) у образцов кукурузы саратовской селекции.

## **Материалы и методы**

### **Растительный материал. Линии кукурузы.**

В статье использованы РНК образцов из рабочей коллекции кукурузы саратовской селекции: линия ЗМС-8 (частота ГИ – 8%) [2] является прямым потомком линии-гаплоиндуктора Stock 6 [13] и контрольные линии, не обладающие признаком ГИ – Коричневый маркер (КМ), ГПЛ-1, которые использовались в качестве материнских форм в селекционной работе. Линия ЗМСП (частота ГИ – 10%) была получена из потомства самоопыленных гибридов линии ЗМС-8 (материнский родитель) и линии КМС (Коричневый маркер саратовский) (отцовский родитель) [4] селекции кафедры генетики СГУ.

Партеногенетическая (ПГ) линия АТ-1 [5] и ее производные АТ-3 [3, 14] и АТ-4 [15] получены на кафедре генетики СГУ (Саратов).

**Выделение ДНК/РНК** проведено из предварительно замороженных образцов пыльцы, семян, корней и листьев ПГ и ГИ линий кукурузы, как описано нами ранее [16].

**ПЦР-анализ.** Условия проведения ПЦР для генов *ZM\_HAP2/GCS1*, *ZM\_GEX2* описаны нами в работе [16]. Праймеры для обнаружения гена *Zm\_PLA1* описаны в работе [17]. Условия проведения ПЦР для гена *Zm\_CENH3* описаны в работе [18] и для гена *ZmDMP* описаны в работе [19]. Условия проведения ПЦР для генов, кодирующие хроматин-модифицирующие белки (ХМФ) и белок *Zm\_FIE* описаны нами в работах [20,21].

**Секвенирование.** Для секвенирования целевых генов получали ПЦР-продукты с кДНК, с использованием специфических праймеров для перекрывающихся фрагментов последовательностей генов, подобранных с помощью ресурсов Primer3Plus (<http://www.bioinformatics.nl/cgi-bin/primer3plus/primer3plus.cgi>), Primer-BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>). Очищенные при помощи набора для очистки ДНК Cleanup Mini (Кат. BC023S, Евроген, Россия) ПЦР-продукты секвенировали в компаниях Евроген и Синтол (Россия) и сравнивали с помощью программ BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) и ClustalO (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo>) между собой и с референсной последовательностью кукурузы В73 (XM\_008671984.3) из базы данных GenBank (MaizeGDB, <http://www.maizegdb.org>). Нуклеотидные последовательности секвенированных генов (*GEX2*, *CHR106*, *HDT104*, *GSC1*, *FIE1*) кукурузы представлены нами в базе данных GenBank (MN617022.2, OL649773.1, MW195549.1, MW441336.1, MW222955.1, OK557951.1, MW414032.1, MG029204.1, MW222954.1).

**Методы биоинформатики.** Для поиска нуклеотидных изменений в целевых генах линий кукурузы применен метод множественного выравнивания последовательностей с помощью программы MUSCLE (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle>) и скрипта PySnpsites (<https://github.com/bewt85/PySnpsites>).

Эволюционный анализ генов *Zm\_PLA1*, *Zm\_GEX2*, *Zm\_HDT104* и *Zm\_FIE* был проведен в программе MEGA 11 [22]. Эволюционные расстояния были вычислены с использованием метода максимального составного правдоподобия [23] и выражены в единицах количества замен оснований на сайт.

## **Результаты и обсуждение**

### *Полиморфизм генов гиногенеза кукурузы у линий саратовской селекции*

Ген *PLA1*, содержащий вставку четырех нуклеотидов, унаследовало более пятидесяти линий-гаплоиндукторов, производных Stock 6 [13], в том числе линии саратовской селекции ЗМСП и ЗМС-8. Однако, помимо этой вставки у линий ЗМСП и ЗМС-8 нами обнаружены 15 идентичных однонуклеотидных замен (ОНЗ) по сравнению с геном *Zm\_PLA1* референсной линии В73. Т.е. ген *Zm\_PLA1*, ГИ линий ЗМСП и ЗМС-8, несет множество мутаций, что дает возможность использования его для разработки маркеров и генотипирования линий-гаплоиндукторов.

Ген *Zm\_CENH3*, в отличие от *Zm\_PLA1* является достаточно консервативным: у линии ЗМС-8 в гене *Zm\_CENH3* не обнаружено ОНЗ, а у линии ЗМСП обнаружена одна ОНЗ, по сравнению с линией В73.

В нуклеотидной последовательности гена *Zm\_DMP7* линии кукурузы ЗМС-8 обнаружено 6 ОНЗ, а у линии кукурузы ЗМС-П – 5 ОНЗ и одна делеция из трех нуклеотидов, по сравнению с референсной линией В73.

В нуклеотидной последовательности гена *Zm\_GEX2* линий ЗМС-П, ЗМС-8, КМ обнаружены 35, 43 и 37 ОНЗ, соответственно, и одна 9-ти нуклеотидная вставка по сравнению с последовательностью референсной линией В73.

В нуклеотидной последовательности гена *HAP2/GCSI* линии КМ обнаружено 3 ОНЗ и 4 ОНЗ обнаружено у линии ЗМС-П.

### *Полиморфизм генов партеногенеза кукурузы у линий саратовской селекции*

У гена *Zm\_HDT104* партеногенетической линии АТ-4 не обнаружено изменений, а у линии АТ-3 присутствуют 6 ОНЗ. В последовательности гена *Zm\_CHR106* линии АТ-3 обнаружены 6 ОНЗ. У гена *Zm\_FIE1* линии АТ-1

показаны 10 ОНЗ, у линии АТ-3 – 3 ОНЗ и делеция из 6-ти нуклеотидов и у линии АТ-4 – 12 ОНЗ.

Таким образом, нами установлен полиморфизм генов *Zm\_PLA1*, *Zm\_GEX2*, *Zm\_FIE1* кукурузы, который может быть использован в целях генотипирования линий и гибридов кукурузы.

### **Филогения линий кукурузы по генам гиногенеза и партеногенеза с использованием биоинформационных подходов**

Эволюционный анализ генов *Zm\_PLA1*, *Zm\_GEX2*, *Zm\_HDT104* и *Zm\_FIE* был проведен в программе MEGA 11 [23]. Филогенетический анализ гена *Zm\_PLA1* подтвердил родство гаплоиндуцирующих линий Stock 6, ЗМСП и ЗМС-8 и приобретение линиями ЗМСП и ЗМС-8 части способности к гаплоиндукции за счет мутации в гене *Zm\_PLA1* у Stock 6.

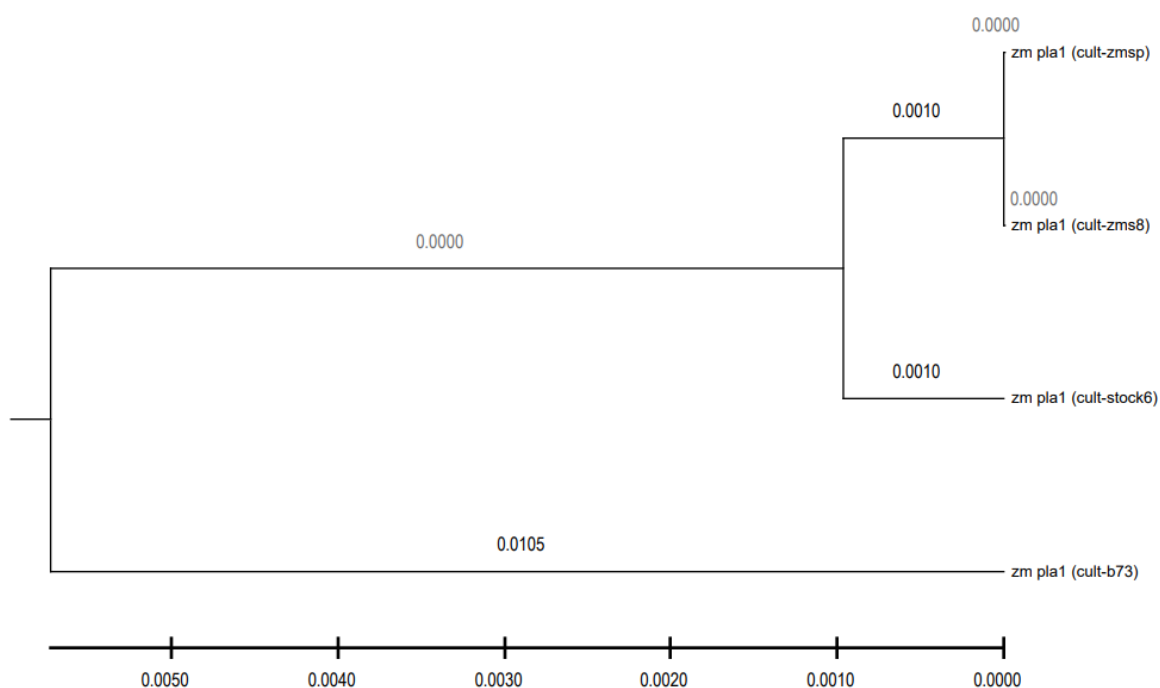


Рисунок 1. Филогенетический анализ гаплоиндуцирующих линий кукурузы по гену *Zm\_PLA1*

В селекционной работе по получению линий ЗМСП и ЗМС-8 линия Stock 6 была использована как источник генов гиногенеза (гаплоиндукции). Связь гена

*Zm\_PLA1* с гаплоиндуцирующей способностью кукурузы была подтверждена [17]. У линий саратовской селекции именно этот ген закрепился в результате селекционной работы на гаплоиндуцирующую способность. Однако, у линий саратовской селекции гаплоиндуцирующая способность выше, чем у линии Stock 6. Причины этой повышенной способности в гаплоиндукции пока неизвестны. Мы проверили возможную связь некоторых генов (*GCSI*, *GEX2*, *DMP7*), предположительно определяющих гаплоиндукцию у линий саратовской селекции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Государственных академий наук на 2021–2023 годы (№ 121031700141-7). Авторы благодарят О.В. Гуторову и А.Ю. Колесову за предоставленные образцы кукурузы.

#### Список литературы

1. *Тырнов В.С., Завалишина А.Н.* Индукция высокой частоты возникновения матроклиных гаплоидов кукурузы // Докл. АН СССР. – 1984. – Т. 276. – С. 735-738.
2. *Zavalishina A.N., Tyrnov V.S.* Induction of matroclinal haploidy in maize *in vivo* // Reproductive biology and plant breeding: XIII EUCARPIA Congr. L. – 1992. – P. 221-222.
3. *Еналеева Н.Х., Тырнов В.С., Селиванова Л.П., Завалишина А.Н.* Одинарное оплодотворение и проблема гаплоиндукции у кукурузы // Докл. АН СССР. – 1997. – Т. 353. – С. 405-407.
4. *Гуторова О.В., Апанасова Н.В., Юдакова О.И.* Создание генетически маркированных линий кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. - № 2. – С. 341-344.
5. *Тырнов В.С., Еналеева Н.Х.* Автономное развитие зародыша и эндосперма у кукурузы // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 272. – №3. – С. 722-725.

6. *Апанасова Н. В., Гуторова О.В., Юдакова О.И., Смолькина Ю.В.* Особенности строения и развития женских генеративных структур у линий кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза // Известия Самарского НЦ РАН. – 2017. – Т. 19. – № 2 (2). – С. 216-219.
7. *Чумаков М.И., Мазилев С. И.* Генетический контроль гиногенеза у кукурузы (обзор) // Генетика. – 2022. – Т.58. – №4. – С. 388–397.
8. *Garcia-Aguilar M., Michaud C., Leblanc O., Grimanelli D.* Inactivation of a DNA methylation pathway in maize reproductive organs results in apomixis-like phenotypes // The Plant Cell. – 2010. – V. 22(10). – P. 3249-3267. doi: 10.1105/tpc.109.072181
9. *Чесноков Ю.В.* Генетические маркеры: сравнительная классификация молекулярных маркеров // Овощи России. – 2018. – №3. – С. 11-15.
10. *Jiang G.L.* Molecular markers and marker-assisted breeding in plants // Plant Breeding from Laboratories to Fields. – 2013. – V. 3. – P. 45-83.
11. *Kumar, P. Gupta, V. K., Misra, A. K. et al.* Potential of molecular markers in plant biotechnology // Plant Omics. – 2009. – V. 2. – N. 4. – P. 141-162.
12. *Serrote C.M.L., Reiniger L.R.S., Silva K.B., dos Santos Rabaiolli S.M., Stefanel C.M.* Determining the polymorphism information content of a molecular marker // Gene. – 2020. – V. 726. – P. 144175. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.144175>.
13. *Hu H., Schrag T.A., Peis R. et al.* The genetic basis of haploid induction in maize identified with a novel genome-wide association method // Genetics. – 2016. – V. 202(4). – P. 1267–1276. doi: 10.1534/genetics.115.184234
14. *Апанасова Н.В., Титовец В.В.* Цитоэмбриологическое изучение проявления апомиксиса у кукурузы линии АТ-3 после опыления // Бюл. Бот. сада СГУ. – 2003. – №2.
15. *Kolesova A.Y.; Tyrnov V.S.* Embryological peculiarities of tetraploid parthenogenetic maize forms // Maize Genetics Cooperation Newsletter. – 2012. – Vol. 85. – P.18.

16. *Moiseeva E.M., Gusev Yu.S., Gutorova O.V., Chumakov M.I.* Анализ генов *HAP2/GCSI, GEX2* у линий кукурузы саратовской селекции // *Генетика*. – 2023. – Т.59. – №3. – С. 327–335. DOI: 10.31857/S0016675823030098
17. *Liu C., Li X., Meng D., Zhong Y. et al.* A 4-bp insertion at *ZmPLA1* encoding a putative phospholipase a generates haploid induction in maize // *Mol. Plant*. – 2017. – V. 10. – № 3. – P. 520–522. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.01.011>
18. *Wang S., Jin W., Wang K.* Centromere histone H3- and phospholipase-mediated haploid induction in plants // *Plant Methods*. – 2019. – V.15. Article number 42 doi: <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0429-5>
19. *Zhong Y., Liu C., Qi X et al.* Mutation of *ZmDMP* enhances haploid induction in maize // *Nature Plants*. – 2019. – V. 5. – P. 575–580.
20. *Volokhina I., Gusev Y., Moiseeva Y., Fadeev V., Kolesova A., Gutorova O., Chumakov M.* Expression of genes coding for chromatin-modifying enzymes maize embryo sacs before and after pollination // *Plant Gene*. – 2020. DOI: 10.1016/j.plgene.2020.100221
21. *Volokhina I., Gusev Y., Moiseeva Y., Gutorova O., Fadeev, V., Chumakov M.* Gene expression in parthenogenic maize proembryos // *Plants* – 2021. – V.10. – P. 964. <https://doi.org/10.3390/plants10050964>
22. *Tamura K., Nei M., and Kumar S.* Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method // *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* – 2004. – V.101. – P. 11030–11035.
23. *Tamura K., Stecher G., and Kumar S.* MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. // *Molecular Biology and Evolution*. – 2021. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.

© Моисеева Е.М., Фадеев В.В., Красова Ю.В., Долгополов Р.В., Коннова С.А., Юдакова О.И., Чумаков М.И.

Научная статья

УДК 635.657:631.527(470.326)

***Ж.Н. Мухатова, В.И. Жужукин***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ НУТА КОЛЛЕКЦИИ ВИР НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ**

*Аннотация.* В данной статье проведена оценка устойчивости сортообразцов нута мировой коллекции ВИР к наиболее распространенным заболеваниям – аскохитозу и фузариозному увяданию. Выявлены наиболее устойчивые сортообразцы к этим заболеваниям, которые рекомендуются использовать в качестве исходного материала для селекции нута в условиях Нижнего Поволжья.

*Ключевые слова:* нут, устойчивость, аскохитоз, фузариозное увядание

***Zh.N. Mukhatova, V.I. Zhuzhukin***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **EVALUATION OF CHICKPEA VARIETIES OF THE VIR COLLECTION FOR RESISTANCE TO BIOTIC STRESSORS**

*Annotation.* This article assesses the resistance of chickpea varieties of the VIR world collection to the most common diseases - ascochitosis and fusarium wilt. The most resistant varieties to these diseases have been identified, which are recommended to be used as starting material for chickpea breeding in the conditions of the Lower Volga region.



*Keywords:* chickpea, resistance, ascochytosis, fusarium wilt

**Введение.** Ежегодные мировые потери нута от болезней составляют 4,8 млн. тонн., а причиной тому наиболее вредоносная болезнь этой культуры - Аскохитоз (*Ascochyta rabie* (Pass.) Lab). Она приносит ощутимые потери урожая во всех регионах мира, где возделывают нут. До последнего времени внутри вида *Cicer arietinum* L. не обнаружены доноры устойчивости к аскохитозу. Возбудитель заболевания – узкоспециализирован и в сильной степени поражает только нут [1,2,3,4].

В связи с чем была проведена оценка сортообразцов нута коллекции ВИР на устойчивость к поражению аскохитозом и фузариозным увяданием.

**Материал и методика исследований.** Объекты исследований - коллекция сортообразцов нута (62 наименования), предоставленная ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР).

Сортообразцы высевали на 3-х рядковых делянках длиной 5,5 м, ширина междурядий 0,7 м, (35 семян на 1,4 м длины делянки). Норма высева - 350 тыс. всхожих семян на 1 га. Повторность трехкратная. Посев провели в начале второй декады мая, уборку урожая – в третьей декаде августа. Основная обработка почвы включала: зяблевую вспашку, прикатывание кольчатыми катками, выравнивание культиваторами КПС - 4. После посева вносили почвенный гербицид гезагард – 3 л/га, расход рабочей жидкости – 250 л/га. Агротехника возделывания зональная. Учеты распространенности болезней и степени поражения растений аскохитозом и фузариозом проводили в фазы полных всходов и цветения сортообразцов нута по Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [5].

**Результаты исследований.** Среди изучаемых сортообразцов нута в годы исследований только два сортообразца (к-1258 Юбилейный и Линия 86) характеризовались абсолютной высокой устойчивостью к аскохитозу (таблица 1). У 49 сортообразцов нута отмечаются единичные симптомы болезни в

пределах 0,1 балла. У 11 сортообразцов наблюдалось значительное поражение листьев, которое не превышало 25% (1 балл).

Таблица 1 – Оценка устойчивости сортообразцов нута к поражению аскохитозом (*Ascochyta rabiei* (Pass)), в баллах

0 - признаков поражения нет	не более 10%, 0,1 балла	не более 25%, 1 балл
к-1258 Юбилейный; Линия 86.	к-109 Нут бухарский; к-1241 Кинельский 17; к-2138 CUNUN-11; к-2286 ILC 266; к-2397 Краснокутский 36; к-2616 Заволжский; к-2944 ILC-6858; Линия 40; к-16 Кубанский 16; к-163 Кубанский 163; к-466; к-495; к-514; к-532; к-542; к-574; к-596; к-1724 Узбекистанский 8; к-2899 Местный; к-3097 ILC-8041; Линия 9; Линия 23; Линия 53; Линия 54; Линия 91; Линия 93; к-416; к-418; к-440; к-468; к-475; к-499; к-531 GARBANZAS; к-534; к-651; к-1238 Крымский 150; к-2307; к-2793 Flip 91-45; к-2797; к-2841 ILC-4766; к-2893 51/B; к-2901 Местный; к-2940 ILC-6816; к-2941 ILC-6842; к-2943 ILC-6856; к-2960 Flip91-46; к-2965 Flip 91-188; к-3073 ILC-1799; Линия 24.	к – 23 ТУРЕ 4; к-388; к-400 Среднеазиатский 400; к-572; к-1201 Красноградский 04; к-2511 СПК-479; к-2799 87AK71112; Линия 10; Линия 52; Линия 92; к-434.

В результате исследований установлено, что наиболее сильно поражаются аскохитозом растения сортообразцов нута (индекс развития составил 12,0...14,7%): к-400 Среднеазиатский 400; к-1238 Крымский 150; к-2899

Местный; Линия 54; к – 23 ТУРЕ 4; к-388; к-416; к-651; к-2138 CUNUN-11; к-2511 СПК-479; к-2799 87AK71112; к-2841 ILC-4766; к-2941 ILC-6842; к-2960 Flip91-46; Линия 40; Линия 9 (таблица 2).

Таблица 2 – Степень заражения сортообразцов нута аскохитозом (*Ascochyta rabiei* (Pass)), % пораженных растений

Номер по каталогу ВИР	Название сортообразца	Происхождение (страна)	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Индекс развития болезни, %
к-16	Кубанский 16	Краснодарский край	12	0	12	8,0
к - 23	ТУРЕ 4	Индия	12	12	16	13,3
к-109	Нут бухарский	Саратовская область	12	0	8	6,7
к-163	Кубанский 163	Краснодарский край	8	8	12	9,3
к-388		Узбекистан	12	8	20	13,3
к-400	Среднеазиатский 400	Узбекистан	12	12	12	12,0
к-416		Мексика	8	12	20	13,3
к-418		Мексика	12	8	12	10,7
к-434		Мексика	12	8	12	10,7
к-440		Мексика	8	8	8	8,0
к-466		Алжир	0	8	8	5,3

к-468		Марокко	8	8	12	9,3
к-475		Тунис	12	12	8	10,7
к-495		Куба	12	8	12	10,7
к-499		Мексика	8	12	12	10,7
к-514		Мексика	12	8	8	9,3
к-531	GARBANZAS	Колумбия	8	12	12	10,7
к-532		Венесуэлла	8	12	8	9,3
к-534		Армения	12	8	12	10,7
к-542		Сирия	8	12	8	9,3
к-572		Азербайджан	12	8	12	10,7
к-574		Азербайджан	12	8	8	9,3
к-596		Турция	12	8	12	10,7
к-651		Армения	8	12	20	13,3
к-1201	Красноградский 04	Украина	8	12	12	10,7
к-1238	Крымский 150	Украина	12	12	12	12,0
к-1241	Кинельский 17	Россия	8	0	8	5,3
к-1258	Юбилейный	Саратовская область	0	0	4	1,3
к-1724	Узбекистанский 8	Узбекистан	8	12	8	9,3

к-2138	CUNUN-11	Алжир	12	8	20	13,3
к-2286	ILC 266	Иран	12	8	12	10,7
к-2307		Испания	8	12	12	10,7
к-2397	Краснокутский 36	Саратовская область	4	0	4	2,7
к-2511	СПК-479	Португалия	12	8	20	13,3
к-2616	Заволжский	Саратовская область	8	4	8	6,7
к-2793	Flir 91-45	Болгария	12	8	12	10,7
к-2797		Турция	8	8	12	9,3
к-2799	87AK71112	Турция	12	8	20	13,3
к-2841	ILC-4766	Сирия	20	8	12	13,3
к-2893	51/В	Португалия	12	12	8	10,7
к-2899	Местный	Тунис	20	8	8	12,0
к-2901	Местный	Тунис	8	8	12	9,3
к-2940	ILC-6816	Сирия	4	8	8	6,7
к-2941	ILC-6842	Сирия	8	12	20	13,3
к-2943	ILC-6856	Сирия	8	4	12	8,0
к-2944	ILC-6858	Сирия	12	8	12	10,7
к-2960	Flir91-46	Болгария	20	12	8	13,3
к-2965	Flir 91-188	Болгария	8	8	4	6,7

к-3073	ILC-1799	Сирия	12	8	4	8,0
к-3097	ILC-8041	Иран	8	12	8	9,3
	Линия 9	Турция	12	20	12	14,7
	Линия 10	Тунис	8	4	12	8,0
	Линия 23	Иран	8	12	8	9,3
	Линия 24	Марокко	4	8	8	6,7
	Линия 40	Турция	8	12	20	13,3
	Линия 52	Сирия	8	8	12	9,3
	Линия 53	Словакия	12	8	8	9,3
	Линия 54	Сирия	20	12	4	12,0
	Линия 86	Россия	0	4	0	1,3
	Линия 91	Болгария	8	4	4	5,3
	Линия 92	Англия	8	4	8	6,7
	Линия 93	Сирия	4	8	12	8,0

При оценке на устойчивость к поражению фузариозом сортообразцы нута сгруппированы следующим образом: 0 баллов – признаков поражения нет (31 сортообразец); также у 31 генотипа нута - 1 балл – растение слабо угнетено, Нижние листья слегка пожелтели (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка устойчивости сортообразцов нута к поражению фузариозным увяданием (*Fusarium oxysporum*)

0 баллов	1 балл
к-1241 Кинельский 17; к-1258 Юбилейный; к-16 Кубанский 16; к-163 Кубанский 163; к-514; к-2397 Краснокутский 36; к-2841 ILC-4766; к-2940 ILC-6816; к-2960 Flip91-46; Линия 86; к – 23 ТУРЕ 4; к-109 Нут бухарский; к-440; к-466; к-468; к-495; к-534; к-542; к-572; к-596; к-1238 Крымский 150; к-1724 Узбекистанский 8; к-2138 CUNUN-11; к-2307; к-2616 Заволжский; к-2797; к-2893 51/В; к-3073 ILC-1799; Линия 9; Линия 54; Линия 91	к-388; к-400 Среднеазиатский 400; к-416; к-418; к-434; к-475; к-499; к-531 GARBANZAS; к-532; к-574; к-651; к-2286 ILC 266; к-2511 СПК-479; к-2793 Flip 91-45; к-2799 87AK71112; к-2899 Местный; к-2901 Местный; к-2941 ILC-6842; к-2943 ILC-6856; к-2944 ILC-6858; к-2965 Flip 91-188; к-3097 ILC-8041; Линия 10; Линия 23; Линия 24; Линия 40; Линия 52; Линия 53; Линия 92; Линия 93; к-1201 Красноградский 04

В таблице 4 представлены образцы дифференцируемые по степени поражения фузариозным увяданием. С наибольшей степенью заражения (12,0...13,3%) выделяются сортообразцы нута - к-1201 Красноградский 04; к-2943 ILC-6856; Линия 10; к-651.

Таблица 4 – Степень заражения сортообразцов нута фузариозным увяданием (*Fusarium oxysporum*), % пораженных растений

Номер по каталогу ВИР	Название сортообразца	Происхождение (страна)	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Индекс поражения, %

к-16	Кубанский 16	Краснодарский край	0	0	8	2,7
к - 23	ТУРЕ 4	Индия	8	0	12	6,7
к-109	Нут бухарский	Саратовская область	12	0	8	6,7
к-163	Кубанский 163	Краснодарский край	0	4	0	1,3
к-388		Узбекистан	4	8	4	5,3
к-400	Среднеазиатский 400	Узбекистан	8	4	8	6,7
к-416		Мексика	4	4	4	4,0
к-418		Мексика	8	8	8	8,0
к-434		Мексика	12	4	8	8,0
к-440		Мексика	4	0	8	4,0
к-466		Алжир	4	0	4	2,7
к-468		Марокко	8	0	4	4,0
к-475		Тунис	12	4	8	8,0
к-495		Куба	0	4	4	2,7
к-499		Мексика	8	8	12	9,3
к-514		Мексика	0	0	4	1,3
к-531	GARBANZAS	Колумбия	4	4	8	5,3
к-532		Венесуэлла	8	4	8	6,7



к-534		Армения	12	0	8	6,7
к-542		Сирия	0	4	4	2,7
к-572		Азербайджан	8	0	8	5,3
к-574		Азербайджан	12	8	12	10,7
к-596		Турция	0	8	8	5,3
к-651		Армения	12	8	20	13,3
к-1201	Красноградский 04	Украина	8	8	20	12,0
к-1238	Крымский 150	Украина	12	0	8	6,7
к-1241	Кинельский 17	Россия	0	0	0	0,0
к-1258	Юбилейный	Саратовская область	0	0	0	0,0
к-1724	Узбекистанский 8	Узбекистан	8	0	4	4,0
к-2138	CUNUN-11	Алжир	4	4	8	5,3
к-2286	ILC 266	Иран	4	4	8	5,3
к-2307		Испания	8	0	8	5,3
к-2397	Краснокутский 36	Саратовская область	0	0	4	1,3
к-2511	СПК-479	Португалия	8	8	8	8,0
к-2616	Заволжский	Саратовская область	4	0	4	2,7

к-2793	Flip 91-45	Болгария	12	4	8	8,0
к-2797		Турция	12	0	12	8,0
к-2799	87AK71112	Турция	8	4	12	8,0
к-2841	ILC-4766	Сирия	0	0	8	2,7
к-2893	51/В	Португалия	4	0	8	4,0
к-2899	Местный	Тунис	8	4	8	6,7
к-2901	Местный	Тунис	20	4	8	10,7
к-2940	ILC-6816	Сирия	0	0	4	1,3
к-2941	ILC-6842	Сирия	4	4	4	4,0
к-2943	ILC-6856	Сирия	12	4	20	12,0
к-2944	ILC-6858	Сирия	4	4	8	5,3
к-2960	Flip91-46	Болгария	0	0	4	1,3
к-2965	Flip 91-188	Болгария	12	4	8	8,0
к-3073	ILC-1799	Сирия	4	0	4	2,7
к-3097	ILC-8041	Иран	8	4	8	6,7
	Линия 9	Турция	4	0	8	4,0
	Линия 10	Тунис	12	12	12	12,0
	Линия 23	Иран	8	8	8	8,0
	Линия 24	Марокко	20	4	8	10,7
	Линия 40	Турция	12	4	8	8,0

	Линия 52	Сирия	8	8	8	8,0
	Линия 53	Словакия	4	4	8	5,3
	Линия 54	Сирия	8	0	8	5,3
	Линия 86	Россия	0	0	4	1,3
	Линия 91	Болгария	20	0	8	9,3
	Линия 92	Англия	8	8	4	6,7
	Линия 93	Сирия	20	4	8	10,7

В результате изучения сортообразцов нута коллекции ВИР установлено, что в качестве исходного материала для селекции нута на устойчивость к аскохитозу целесообразно использовать сортообразцы - к-1258 Юбилейный и Линия 86, а устойчивость к фузариозному увяданию наблюдается у 31 сортообразца нута.

#### Список литературы

Булынцев, С.В. Внутривидовое разнообразие нута *Cicer arietinum* L. по устойчивости к региональным популяциям возбудителя аскохитоза *ascochytabiei* (pass.) Labr / С.В. Булынцев // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1. – № 9. – С. 125-130.

Булынцев, С.В. Нут. Устойчивость к аскохитозу; под ред. М.А. Вишняковой. – СПб., 1999. – Вып. 697. – С. 26.

Вус, Н.А. Формирование рабочей коллекции нута по устойчивости к аскохитозу / Н.А. Вус, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4(24). – С. 19-24.

Германцева, Н.И. Болезни и вредители нута и меры борьбы с ними // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 19. – С. 50-53.

Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко. - Санкт-Петербург, 2009. - 378 с.

© Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., 2023

Научная статья

УДК 635.89

***П.И. Павлов, Д.А. Смотряков, В.А. Курунин***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов

## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУБСТРАТА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБОВ**

*Аннотация:* В данной статье проводится анализ компонентов субстрата для выращивания грибов и основные требования для приготовления грибного субстрата.

*Ключевые слова:* субстрат, грибы, приготовление субстрата, солома, лузга, щепы.

***P.I. Pavlov, D.A. Smotryakov, V.A. Kurunin***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **PREPARATION OF SUBSTRATE FOR CULTIVATION OF MUSHROOMS**

*Annotation.* This article analyzes the components of the substrate for the cultivation of mushrooms and the basic requirements for the preparation of mushroom substrate.

*Keywords:* substrate, mushrooms, substrate preparation, straw, husk, wood chips.

Культивирование грибов выделено в отдельную отрасль сельского хозяйства – грибоводство. Данная отрасль наиболее развита в Китае, Польше, Нидерландах. В России данная область быстро развивается.

К известным культивируемым ксилотрофным грибам относится вешенка обыкновенная, шиитаке, эринги (королевская вешенка), ежовик гребенчатый, опенок тополиный [1].

В основе интенсивной технологии выращивания грибов лежит подготовка субстрата и формирование субстратных блоков. Субстрат для грибов должен соответствовать ряду требований [2]. Среди них:

*Физические.* К ним относятся влажность, размер частиц компонентов субстрата, уровень аэрации субстрата, устойчивость к прессованию.

*Химические.* Требования к pH субстрата, баланс питательных веществ для роста грибов.

*Биологические.* Требования к биологической чистоте субстрата.

*Экологические.* Учитывается количество пестицидов, тяжелых металлов и радионуклидов в субстрате.

Для создания субстрата необходимо сырье, которое содержит легниноцеллюлозу [3]. Основные виды сырья – это лузга подсолнечника, солома злаковых, древесная щепа.

Лузга подсолнечника

Удобное для работы сырье, которое не требует измельчения и предварительной подготовки. Содержит много азота, который используется для питания грибов. Из недостатков можно выделить низкую способность к впитыванию влаги у некоторых сортов подсолнечника.



Рисунок 1. Лузга подсолнечника

### Солома

Можно использовать для приготовления субстрата солому ржи, овса или пшеницы. Недостатком использования соломы является необходимость её измельчения до размера частиц 3-5 см. Солому необходимо качественно стерилизовать, так как она заражена агрессивными грибами и спорами плесени. Преимущество соломы в том, что она содержит большое количество целлюлозы и лигнина.



Рисунок 2. Измельченная солома для выращивания грибов

## Древесная щепа

Используется щепа лиственных пород древесины. Размер частиц должен напоминать стружку толщиной 1-2 мм и длину 3-5 см. Изначально щепа имеет достаточно высокий уровень биологической чистоты. Преимущества использования щепы в том, что она применима для выращивания всех видов целлюлозоразрушающих грибов. Определенные виды древесины влияют на вкус выращенных грибов. К недостаткам можно отнести низкую аэрацию субстратного блока, состоящего из древесной щепы.



Рисунок 3. Древесная щепа для выращивания грибов

Субстрат необходимо обеззаразить, увлажнить и инокулировать мицелием необходимого штамма грибов. После чего необходимо сформировать субстратный блок. Блок формируется с помощью специальных машин – формовщиков субстратных блоков. В качестве примера субстратный блок представлен на рисунке 4.



Рисунок 4. Субстратный блок, инокулированный мицелием

Проведенный анализ исходных компонентов для приготовления субстрата показывает, что исследований по выбору оптимального сырья для субстрата мало представлены. Сравнительные оценки научными методами не проводились. Нами предполагается исследовать влияние выбора сырья на урожайность и качество выращиваемых грибов. Так же важным параметром является плотность наполнения субстратных блоков, что так же планируется исследовать в дальнейшем.

#### Список литературы

1. Матершев В.Г. Субстратные машины для подготовки субстрата вешенки и других экзотических грибов // Школа грибоводства. – 2001. - №2. – С. 22-25.
2. Способ выращивания съедобных грибов из рода *Pleurotus* / Камзолкина О.В., Новоселова Д.Н., Дьяков М.Ю., Кудрявцева О.А.: патент 2442823 Россия, МПК7 C12N 1/146 C12N 1/14ю № 2009127497/10; заявл. 17.07.09; опубл. 20.02.12. // Бюл. №5.
3. Зыков Д. Вырастим грибы по новым технологиям! (вешенка) / Д. Зыков // Гл. агроном. – 2004. - №4. – С. 76-77.

© Павлов П.И., Смотряков Д.А., Курунин В.А., 2023

Научная статья

УДК633.8:631.547.51

***В.И. Пронина<sup>1</sup>, И.А. Сазонова<sup>2,1</sup>***

1 Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

2 Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, г. Саратов, Россия



## **ОЦЕНКА СОРТОВ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ РОСНИИСК «РОССОРГО» ПО ОСНОВНЫМ ХИМИЧЕСКИМ КОМПОНЕНТАМ.**

*Аннотация.* В статье представлена биохимическая характеристика сортов эфиромасличных культур селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»: нигеллы, расторопши и кориандра. Изучен состав основных химических компонентов семян. Оценен потенциал данных культур в качестве сырья для кормовых и пищевых добавок.

*Ключевые слова:* нигелла, расторопша, кориандр, биологически активные вещества, масличность, минеральные вещества, протеин, клетчатка.

***V.I. Pronina<sup>1</sup>, I.A.Sazonova<sup>2,1</sup>***

1Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

2 Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

## **EVALUATION OF VARIETIES OF ESSENTIAL OIL CROPS OF THE SELECTION OF ROSNIISK "ROSSORGO" BY THE MAIN CHEMICAL COMPONENTS**

*Annotation.* The article presents the biochemical characteristics of two types of nigella bred by the Federal State Budgetary Scientific Institution RosNIISK "Rossorgo": nigella, milk thistle and coriander. The composition of the main chemical components of seeds has been studied. The potential of these crops as a raw material for feed and food additives was assessed.

*Keywords:* nigella, milk thistle, coriander, biologically active substances, oil content, minerals, protein, fiber.

В последнее время в сельскохозяйственной практике активно изучаются растения, содержащие биологически активные вещества, так называемые фитогеники [4]. Существует огромное разнообразие источников фитогенных продуктов. Их общей чертой является сложный комплекс биологически активных веществ в различных комбинациях, а не одно действующее вещество, как в случае лекарственных препаратов. В исследованиях ряда ученых отмечено, что действие активных веществ проявляется в большей степени при сочетании нескольких растительных компонентов [2, 5, 6, 7, 8].

Фитобиотики включаются в рационы сельскохозяйственных животных и продукты питания человека в качестве иммуномодулирующих веществ, противовоспалительных и антимикробных компонентов. Они стимулируют метаболизм и оказывают благоприятное действие на иммунную систему организма [3].

Целью настоящих исследований было изучить биологический потенциал семян растений-фитогеников селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» по основным химическим компонентам. Для проведения эксперимента были отобраны сорта эфиромасличных культур: нигеллы двух видов (посевная, дамасская), расторопши и кориандра. Биохимический состав изучали по стандартным методикам ГОСТ.

Род нигелла (*Nigella L.*) относится к семейству лютиковых (*Ranunculaceae Juss.*), насчитывает около 20 видов, распространенных в основном в странах Востока и Южной Европы, на Кавказе, в Средней Азии [1]. Наиболее распространенные виды – это нигелла дамасская (*Nigelladamascena L.*) и нигелла посевная (*Nigellasativa L.*). Эти виды, обладая широким набором хозяйственно-полезных свойств, имеют большее значение как лекарственные, пряно-ароматические в пищевой промышленности, эфиромасличные растения в сфере медицины, в декоративном садоводстве, а также в кормлении животных и птицы.

Расторопша пятнистая *Silybum marianum (L.) Gaertn.*, семейства Сложноцветные (*Asteraceae*). Растение широко применяется на территории РФ. В Государственную Фармакопею Российской Федерации в качестве

лекарственного растительного сырья (ЛРС) включены плоды данного растения. Оно нашло широкое применение в медицине в форме источника гепатопротекторных и антиоксидантных пероральных лекарственных препаратов. Широкий спектр активности связан с содержанием в плодах расторопши ценного флаволигнанового комплекса (силимарина), обеспечивающего помимо гепатопротекторного эффекта противовоспалительное, антисклеротическое, противofиброзное, а также противоопухолевое действие. Расторопша характеризуется высокой биологической пластичностью и адаптивностью, превосходно сочетает высокую продуктивность с отличной экологической устойчивостью, рационально использует агроклиматические условия зоны, обладает устойчивым семеноводством.

Одним из перспективных сырьевых источников является кориандр посевной (*Coriandrum sativum L.*) из семейства зонтичных (*Umbelliferae*), который, будучи пищевым растением, возделывается в промышленных масштабах для сбора семян. При этом под посевы выделяется более половины всех площадей, отводимых под эфирномасличные культуры. До настоящего времени химические исследования кориандра посевного преимущественно посвящены только изучению состава и биологической активности компонентов эфирного масла плодов.

Результаты наших исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимический состав семян эфиромасличных культур, %

№ п/п	Наименование показателя	Нигелла посевная (сорт Черный бархат)	Нигелла дамасская (сорт Витольдина)	Расторопша (сорт Амулет)	Кориандр (сорт Арома)
1	Влажность	6,91 ± 0,13	7,91 ± 0,10	8,72±0,10	8,88±0,10

2	Протеин	18,87 ± 0,11	19,37 ± 0,20	15,19±0,11	15,61±0,11
3	Жир	43,07 ± 0,13	38,72 ± 0,21	27,68±0,12	26,68±0,12
4	Зола	4,70 ± 0,10	6,44 ± 0,11	6,63±0,10	6,32±0,10
5	Клетчатка	4,90 ± 0,12	7,40± 0,10	19,55±0,11	17,83±0,16
6	БЭВ	28,46 ±0,12	28,07 ± 0,12	30,95±0,20	33,56±0,21

Среди основных химических компонентов семян изучаемых культур выделяется жир (26,68 – 43,07 %), причем нигелла имеет преимущество среди всех фитогеников по данному показателю. В то же время, расторопша и кориандр имеют достаточно высокое количество клетчатки по сравнению с нигеллой – среднее значение 18,7 %. Содержание минеральных веществ находилось в пределах 4,7–6,6 %. Значительная часть биологически активных веществ находится во фракции безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), количество которых в семенах эфиромасличных растений отмечается на высоком уровне (от 28 до 34 %).

Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале исследуемых нами культур и необходимости дальнейшего изучения их компонентов, биологической активности и эффективности действия.

#### Список литературы

1. Дудченко, А.Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения / А.Г. Дудченко, А.С. Козьяков, В.В. Кривенко. – К.: Наукова Думка, 1989. – 304 с.
2. Казачкова, Н.М. Использование природных антибиотиков в рационе сельскохозяйственных животных и птицы / Н.М. Казачкова // Инновационные технологии в образовании и науке: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 14-16.

3. Пронина, В.И. Потенциал растений-фитобиотиков для развития отечественного животноводства и птицеводства (обзор) / В.И.Пронина, И.А.Сазонова, А.В.Ерохина, С.Н. Чемоданкин// АгроЭкоИнфо. – 2023. - № 1(55).

4. Тимофеев, Н.П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) / Н.П. Тимофеев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22(6). – С. 804-825.

5. Cabarkapa, I. Aromatic plants and their extracts pharmacokinetics and in vitro/in vivo mechanisms of action / I.Cabarkapa,N. Puvaca,S. Popovic [et al.] // Feed Additives. Academic Press. –2020. – P. 75-88.

6. Harrington, D. Application of aromatic plants and their extracts in the diets of laying hens / D.Harrington, H.Hall,D.Wilde,W. Wakeman// Feed Additives. Academic Press. –2020. – P. 187-203.

7. Jin, L-Z. Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens / L-Z.Jin,Y. Dersjant-Li, I.Giannenas// Feed Additives. Academic Press. – 2020. –P. 159-185.

8. Skiba, G. Role of polyphenols in the metabolism of the skeletal system in humans and animals – a review / G.Skiba, S.Raj,M. Sobol[et al.]// Annals of Animal Science. –2021. –21(4). –P.1275-1300.

© Пронина В.И., Сазонова И.А., 2023

Научная статья

УДК 631.81.036:633.11

***И.В. Сергеева, Ю.М. Мохонько, Ю.М. Андриянова, Н.Н. Гусакова***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЛЕН-СОДЕРЖАЩИХ БАВ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Аннотация.* В настоящей работе представлены результаты исследования динамики морфофизиологических показателей трех сортов яровой пшеницы за период 2017-2022 гг., проведенного в лабораторных условиях. По результатам исследования энергии прорастания, лабораторной всхожести, активности фермента пероксидазы в проростках пшеницы выявлены оптимальные концентрации селенсодержащих БАВ, оказывающие максимальный росторегулирующий эффект. Приведены результаты изучения ростостимулирующего и антистрессового воздействия известных (ИМ, ИУК) и новых селенсодержащих БАВ на процессы прорастания семян 3-х сортов яровой пшеницы в лабораторных условиях при моделировании стрессового воздействия ионов тяжелых металлов на примере ионов свинца.

*Ключевые слова:* энергия прорастания, лабораторная всхожесть, активность фермента пероксидазы, проростки пшеницы

*I.V. Sergeeva, Yu.M. Mokhonko, Yu.M. Andrianova, N.N. Gusakova*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

**STUDYING THE EFFECT OF SELENIUM-CONTAINING BAS ON THE MORPHO-PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SPRING WHEAT**

*Annotation.* This paper presents the results of a study of the dynamics of morphophysiological indicators of three varieties of spring wheat for the period 2017-2022, carried out in laboratory conditions. According to the results of the study of germination energy, laboratory germination, activity of the peroxidase enzyme in wheat seedlings, the optimal concentrations of selenium-containing biologically active substances, which have the maximum growth-regulating effect, were revealed.

The results of studying the growth-stimulating and anti-stress effects of known (IM, IAA) and new selenium-containing biologically active substances on the germination of seeds of 3 varieties of spring wheat in laboratory conditions when modeling the stress effect of heavy metal ions on the example of lead ions are presented.

*Keywords:* germination energy, laboratory germination, peroxidase enzyme activity, wheat seedlings

В настоящее время при возделывании зерновых культур применяются технологии инокуляции семян перед посевом различными биологически активными веществами, производными серы-, селена, азота и других [1-8]. Литературные данные свидетельствуют о неоднозначности влияния соединений селена на рост и развитие растений. В работах А.Ф. Блинохватова и др. (2001), В.А. Вихревой, Т.Б. Лебедевой, Е.В. Надежкиной (2011) показано, что в высоких дозах соединения селена могут оказывать токсическое воздействие на рост и развитие растений. Исследованиями Н.И. Крончева, С.Н. Сергатенко, В.М. Жаркова (2002), В.М. Жаркова (2005), В.А. Вихрева, Т.Б. Лебедева, Т.В. Клейменовой (2009), В.А. Вихревой, Т.Б. Лебедевой, Е.В. Надежкиной (2011) установлено, что максимальный положительный росторегулирующий эффект на некоторых сельскохозяйственных культурах можно получить при использовании селената и селенита натрия и Дафс-25 в интервале рабочих концентраций от  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  % раствора БАВ.

Нами были изучены новые селенсодержащие препараты: перхлорат 2-фенил-4-(2,4-диметоксифенил)-7,8-бензо-5,6-дигидро-селено-хромилия (перхлорат селенохромилия или ПСХ) и 2-(п хлорфенил)-4-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидроселено-хромен (селенохромен или СХ), для сравнения взяты известные препараты иммуноцитопит (ИМ) и индолилуксусная кислота (ИУК).

Для определения всхожести смеси семян использовали ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

В литературе имеются сведения о выборе оптимального интервала концентраций новых селенсодержащих БАВ для предпосевной обработки семян ячменя [5], сведений для других зерновых культур в литературе не обнаружено.

Цель исследования – изучить влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы новыми селен-содержащими биологически активными веществами на морфофизиологические показатели яровой пшеницы.

Объектом исследования являлись районированные сорта мягкой яровой пшеницы «Саратовская 42», «Белянка» и «Прохоровка», широко возделываемые в условиях Саратовской области.

В связи с этим, первым этапом проведенных нами лабораторных экспериментов являлось исследование влияния растворов селенсодержащих БАВ различных концентраций на процессы прорастания семян яровой пшеницы и выявление диапазона концентраций БАВ, оказывающих максимальный росторегулирующий эффект.

Для этого проращивание семян яровой пшеницы проводили в рулонах фильтровальной бумаги, помещенных в стаканы с водными растворами селенсодержащих БАВ, размах варьирования концентраций которых составлял  $10^{-1}$  –  $10^{-6}$  %. В ходе лабораторных экспериментов нами были определены энергия прорастания, лабораторная всхожесть и содержание фермента



пероксидазы в проростках яровой пшеницы различных сортов. Результаты приведены в таблице 1.

Представленный материал позволяет заключить, что водные растворы селенсодержащих БАВ в интервале концентраций  $10^{-1}$  –  $10^{-2}$  % снижают относительно контроля энергию прорастания на 2,3–7,9 %, лабораторную всхожесть на 4,3–9,9 % и активность фермента пероксидазы на 14–31 %. Приближаются к контрольным значения названных показателей при использовании для предпосевной обработки растворов селенсодержащих БАВ при концентрации  $10^{-6}$  %. Максимальный эффект стимуляции энергии прорастания (до 6,2 %), лабораторной всхожести (до 5,8 %) и активности фермента пероксидазы до 71 % на семенах трех сортов яровой пшеницы наблюдается в интервале концентраций водных растворов БАВ  $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  %, причем оптимальной является концентрация селенсодержащих БАВ  $10^{-4}$  %. В связи с этим, во всех дальнейших исследованиях нами была использована концентрация водных растворов селенсодержащих БАВ  $10^{-4}$  %.

Таблица 1

Влияние различных концентрации растворов БАВ на посевные качества семян яровой пшеницы (n=10)

Культура	БАВ	Показатели	Концентрация растворов БАВ							НСР <sub>05</sub>
			К <sub>H2O</sub>	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	
Фактор А	Фактор Б									
Яровая пшеница «Саратовская 42»	ПСХ	Энергия прорастания	86,4	80,1	82,6	86,4	90,9	90,1	86,7	0,04
		Лабораторная всхожесть	89,7	82,8	85,3	89,9	93,0	92,8	90,1	0,01
		Активность	2787	1987	2348	3365	4180	3890	3002	0,11

		фермента пероксидазы								
	СХ	Энергия прорастания	86,4	79,8	82,1	85,9	1,4	90,8	87,3	0,02
		Лабораторная всхожесть	89,7	81,8	84,7	88,8	94,2	93,7	90,3	0,06
		Активность фермента пероксидазы	2787	2079	2388	2911	4321	4120	3098	0,41
Яровая пшеница «Белянка»	ПСХ	Энергия прорастания	87,2	81,7	84,8	87,9	91,0	89,8	88,0	0,02
		Лабораторная всхожесть	89,8	80,9	84,5	88,6	93,0	92,7	90,3	0,04
		Активность фермента пероксидазы	2892	1996	2343	2776	4679	4251	3354	0,40
	СХ	Энергия прорастания	87,1	80,4	82,9	85,7	92,4	91,7	88,5	0,05
		Лабораторная всхожесть	89,8	82,7	86,7	88,3	94,1	93,8	90,5	0,02
		Активность фермента пероксидазы	2892	2016	2287	3123	4772	4078	3487	0,25
	Яровая я пшеница	ПСХ	Энергия	87,6	80,9	85,2	88,1	92,3	91,8	88,9

		прорастания								
		Лабораторная всхожесть	89,9	81,3	86,1	88,5	93,5	93,0	91,5	0,06
		Активность фермента пероксидазы	2954	2157	2423	3098	4987	4123	3651	0,36
	СХ	Энергия прорастания	87,7	81,3	84,6	87,9	93,8	92,5	88,2	0,01
		Лабораторная всхожесть	89,9	82,7	86,9	91,3	94,9	93,6	90,7	0,01
		Активность фермента пероксидазы	3018	2089	2428	3107	5160	4920	3772	0,21

Одними из основных показателей качества семян, включенными в Государственные стандарты являются энергия прорастания и лабораторная всхожесть. Мы определяли эти показатели для каждого сорта яровой пшеницы, с учетом моделирования стрессового воздействия ионов свинца (+2), результаты на примере сорта «Саратовская 42» приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы селен-содержащими БАВ на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и силу роста (средние за 2017-2022 г.), сорт «Саратовская 42» (n=10)

Куль тура	БАВ	[Pb <sup>+2</sup> ],%	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть	Длина проростков	Длина корешков
-----------	-----	-----------------------	---------------------	------------------------	------------------	----------------

Фактор А	Фактор Б	Фактор С	%	% к контр	%	% к контр	см	% к контр	см	% к контр
Яровая пшеница «Саратовская 42»	H <sub>2</sub> O	Без Pb <sup>+2</sup> контроль	88,4	0	89,7	0	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-3</sup>	80,8	-8,6	84,5	-5,8	3,3	-8,3	5,0	-7,4
		10 <sup>-4</sup>	82,5	-6,7	86,2	-3,9	3,4	-5,5	5,2	-3,7
		10 <sup>-5</sup>	85,7	-3,1	87,7	-2,2	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-6</sup>	89,6	+1,4	91,2	+1,7	3,7	+2,7	5,5	+1,8
	ИМ	Без Pb <sup>+</sup>	89,0	+0,7	90,5	+0,9	3,7	+2,7	5,5	+1,8
		10 <sup>-3</sup>	81,2	-8,2	84,8	-5,5	3,4	-5,5	5,1	-5,5
		10 <sup>-4</sup>	82,6	-6,6	86,1	-4,0	3,5	-2,7	5,3	-1,8
		10 <sup>-5</sup>	85,7	-3,1	87,8	-2,1	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-6</sup>	89,8	+1,6	91,3	+1,8	3,7	+2,7	5,5	+1,8
	ИУК	Без Pb <sup>+</sup>	89,7	+1,3	91,6	+2,1	3,7	+2,7	5,5	+1,8
		10 <sup>-3</sup>	81,4	-7,9	85,1	-5,1	3,4	-5,5	5,2	-3,7
		10 <sup>-4</sup>	82,8	-6,3	86,4	-3,7	3,5	-2,7	5,3	-1,8
		10 <sup>-5</sup>	84,7	-4,2	87,9	-2,0	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-6</sup>	89,9	+1,7	91,4	+1,9	3,7	+2,7	5,5	+1,8
	ПСХ	Без Pb <sup>+</sup>	90,9	+2,8	93,0	+3,4	3,8	+5,5	5,5	+1,8
		10 <sup>-3</sup>	88,0	-0,4	88,9	-0,8	3,5	-2,7	5,3	-1,8
		10 <sup>-4</sup>	89,7	+1,5	91,1	+1,6	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-5</sup>	90,2	+2,1	92,1	+2,7	3,7	+2,7	5,5	+1,8
		10 <sup>-6</sup>	91,8	+3,9	92,7	+3,3	3,8	+5,5	5,6	+3,7
	СХ	Без Pb <sup>+</sup>	91,4	+3,4	94,2	+4,5	3,9	+8,3	5,6	+3,7
		10 <sup>-3</sup>	89,7	+1,3	89,9	+0,2	3,6	0	5,4	0
		10 <sup>-4</sup>	90,7	+2,6	91,4	+1,9	3,7	+2,7	5,5	+1,8
		10 <sup>-5</sup>	91,8	+3,8	92,4	+3,0	3,8	+5,5	5,6	+3,7
		10 <sup>-6</sup>	92,2	+4,3	93,4	+4,1	3,9	+8,3	5,7	+5,5
НСР <sub>05</sub>			0,01	0,16	0,26	0,19	0,04	0,09	0,07	0,07

Анализ результатов изменения энергии прорастания яровой пшеницы (табл. 2) показал, что в контроле энергия прорастания семян составила 88,4–89,6

%, при использовании ИМ показатель возрос на 0,4–0,7 %, при действии ИУК показатель вырос на 1,3–1,7 %, обработка растворами ПСХ привела к увеличению энергии прорастания семян на 2,0–3,0 %, обработка семян растворами СХ способствовала росту энергии прорастания на 3,4–4,7 %.

Максимальный эффект стрессового воздействия ионов свинца на энергию прорастания мы наблюдали для всех трех сортов пшеницы в интервале концентраций  $10^{-3}$  –  $10^{-5}$  %, при этом показатель снижался на 2,8–9,5 %, вместе с тем при  $C_{Pb} = 10^{-6}$  % фиксировался небольшой положительный эффект в 0,9–1,5 %. Моделирование антистрессового эффекта при последовательной обработке семян яровой пшеницы растворами БАВ, а затем токсиканта показало, что известные препараты ИМ и ИУК не снимают стрессового воздействия ионов свинца – тенденция влияния различных концентраций его на показатель сохраняется, наблюдается его сокращение на 6,8–8,2 % по сравнению с контролем. Обработка семян растворами ПСХ и СХ приводила к тому, что несмотря на последующее моделирование стресса с помощью растворов нитрата свинца энергия прорастания семян возрастала. ПСХ снимал негативное воздействие в интервале концентраций свинца  $10^{-4}$  –  $10^{-6}$  %, а препарат СХ полностью нивелировал стрессовое воздействие ионов свинца, при этом энергия прорастания увеличивалась на 0,2–4,5 %.

Результаты изменения лабораторной всхожести семян трех сортов яровой пшеницы представлены на рисунках 1, 2, 3.

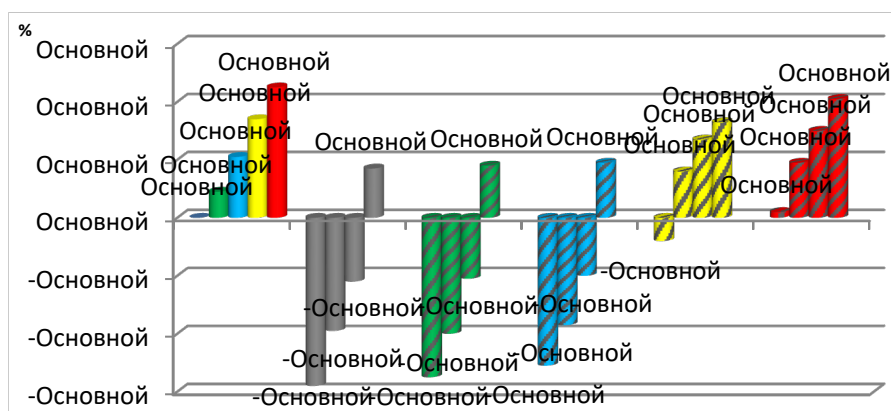


Рис. 1. Влияние БАВ (2-5), ионов свинца (6-9) и их сочетаний с ИМ (10-13),

ИУК (14-17), РСХ (18-21) и СХ (22-25) (10-25) на лабораторную всхожесть  
яровой пшеницы сорта «Саратовская 42»

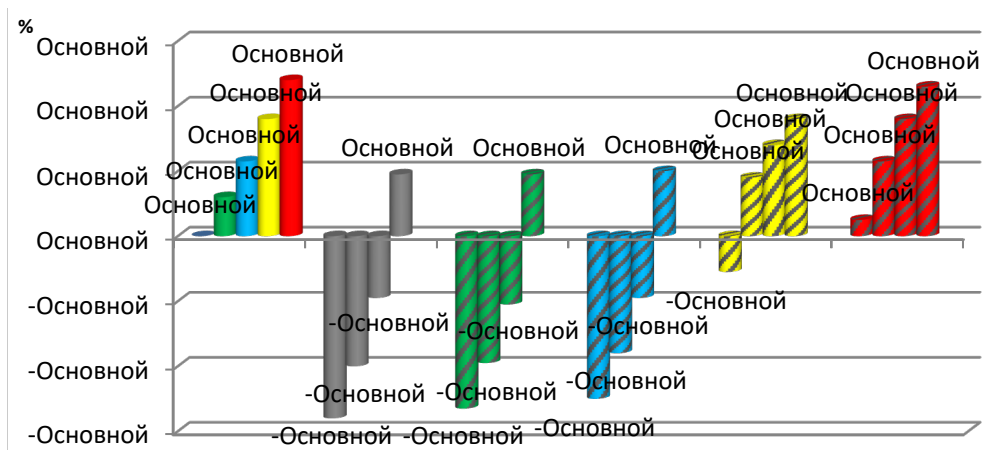


Рис. 2. Влияние БАВ (2-4), ионов свинца (5-9) и их сочетаний с ИМ (10-13),  
ИУК (14-17), РСХ (18-21) и СХ (22-25) (10-25) на лабораторную всхожесть  
яровой пшеницы сорта «Белянка»

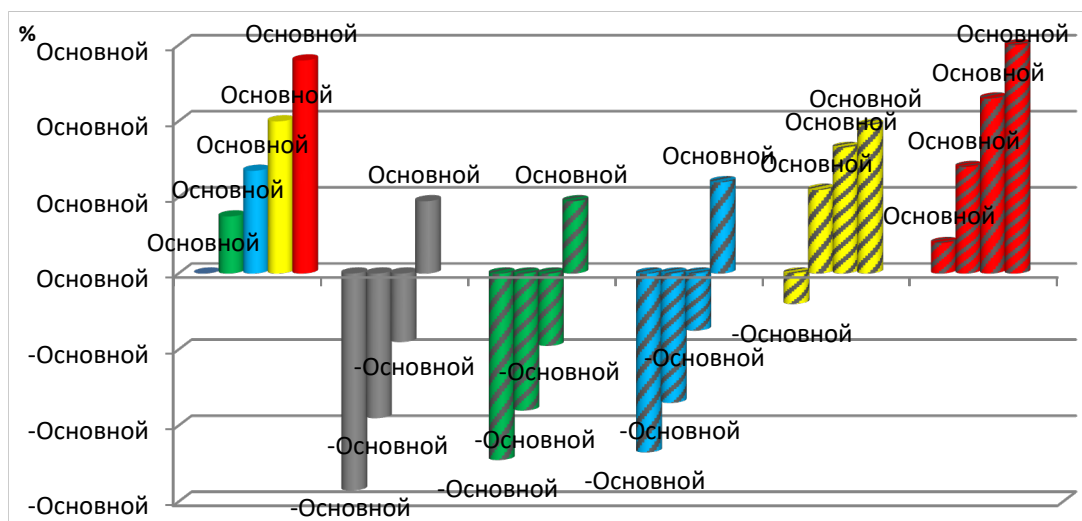


Рис. 3. Влияние БАВ (2-4), ионов свинца (5-9) и их сочетаний с ИМ (10-13),  
ИУК (14-17), РСХ (18-21) и СХ (22-25) (10-25) на лабораторную всхожесть  
яровой пшеницы сорта «Прохоровка»

Анализ полученных результатов изменения лабораторной всхожести семян яровой пшеницы под действием предпосевной обработки растворами БАВ показал, что в контроле данный показатель составил 89,7–89,9 %, при использовании ИМ он возрос на 0,9–1,5 %, при действии ИУК показатель вырос на 2,1–2,7 %, обработка растворами ПСХ привела к увеличению лабораторной всхожести на 3,4–4,0 %, обработка растворами СХ способствовала росту на 3,4–5,6 %.

Эффект стрессового воздействия ионов свинца на лабораторную всхожесть мы наблюдали для пшеницы в интервале концентраций  $10^{-3}$  –  $10^{-5}$  %, при этом показатель снижался на 1,8–5,8 %, при  $C_{Pb} = 10^{-6}$  % был положительный эффект в 0,9–1,5 %. Моделирование антистрессового эффекта показало, что ИМ и ИУК не снимают стрессового воздействия ионов свинца – мы наблюдали сокращение показателя на 1,5–5,5 % по сравнению с контролем. Обработка семян растворами ПСХ и СХ показала, что несмотря на последующее моделирование стресса лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы возрастала.

ПСХ нивелировал токсическое воздействие свинца в интервале концентраций  $10^{-4}$  –  $10^{-6}$  %, а препарат СХ полностью снимал стрессовое воздействие ионов свинца, при этом показатель возрастал на 0,2–6,0 %.

Важными показателями при оценке силы роста семян являются длина проростков и зародышевых корешков. Результаты изучения длины проростков представлены в таблице 2. Анализ их показал, что длина проростков в контроле составила 3,6–4,0 см, при обработке ИМ и ИУК она возросла на 2,5–2,7 %, применение ПСХ способствовало росту показателя на 5,0–5,5 %, использование СХ привело к еще большему возрастанию длины проростков на 7,8–10,0 %. Эффект стрессового воздействия ионов свинца на длину проростков наблюдали в интервале концентраций  $10^{-3}$  –  $10^{-5}$  %, где показатель снижался на 2,5–8,3 %, при  $C_{Pb} = 10^{-6}$  % был отмечен положительный эффект в 0–2,7 %.

Моделирование антистрессового эффекта показало, что ИМ и ИУК не снимают стрессового воздействия свинца при  $C = 10^{-3} - 10^{-4} \%$ , при этом фиксировали сокращение показателя на 2,6–5,5 %, при  $C = 10^{-5} \%$  токсического воздействия не наблюдали и при  $C = 10^{-6} \%$  показатель возрастал для всех трех сортов на 2,5–2,7 %. ПСХ нивелировал стрессовое воздействие ионов свинца в интервале концентраций  $10^{-4} - 10^{-6} \%$ , рост показателя составил 0–7,5 %, препарат СХ полностью снимал стрессовое воздействие, длина проростков возрастала на 2,5–10,0 %.

Результаты изучения длины корешков представлены в таблицах 1 и 2. Анализ полученных данных показал:

- в контроле длина зародышевых корешков составляла 5,4–6,2 см, ИМ и ИУК способствовали возрастанию данного показателя на 1,6–1,8 %, ПСХ и СХ приводили к увеличению показателя на 1,8–4,8 %,

- стрессовое воздействие ионов свинца на длину корешков регистрировали в интервале концентраций  $10^{-3} - 10^{-5} \%$ , показатель снижался на 3,7–9,7 %, при  $C_{Pb} = 10^{-6} \%$  наблюдали рост длины корешков на 1,7–1,8 %,

- ИМ и ИУК не снимают отрицательного воздействия свинца при  $C = 10^{-3} - 10^{-4} \%$ , при этом наблюдается сокращение показателя на 1,8–6,5 %, при  $C = 10^{-5} \%$  токсического воздействия не наблюдали, и при  $C = 10^{-6} \%$  показатель возрастал для всех трех сортов на 1,6–1,8 %,

- препарат ПСХ снимал стрессовое воздействие ионов свинца в интервале концентраций  $10^{-4} - 10^{-6} \%$ , рост данного показателя составил 0–5,3 %, препарат СХ полностью снимал стрессовое воздействие токсиканта, длина корешков возрастала на 1,8–7,1 %.

В целом, нами показано, что в максимальной степени позитивный эффект на процессы прорастания семян трех сортов яровой пшеницы оказывала обработка растворами селенсодержащих препаратов – ПСХ и СХ, при этом СХ



был более эффективным, например, оказывал антистрессовое воздействие во всем изучаемом интервале концентраций ионов свинца. Из трех сортов мягкой яровой пшеницы наиболее отзывчивым оказался сорт «Прохоровка».

Установленный нами росторегулирующий эффект перхлората селенохромилия и селенохромена совпадает с результатами исследований В.М. Жаркова (2005), В.А. Вихревой, Т.Б. Лебедевой, Т.В. Клейменовой (2009), которые установили стимулирующие эффекты селената и селенита натрия. Вместе с тем, нами впервые установлен антистрессовый эффект селенсодержащих БАВ на примере ионов тяжелых металлов для яровой пшеницы.

#### Список литературы

1. Андриянова, Ю. М. Экологические аспекты влияния азотсодержащих биологически активных веществ на рост и развитие некоторых зерновых культур Поволжья / Ю. М. Андриянова, Н. Н. Гусакова, Ю. М. Мохонько // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 8. – С. 3-12.
2. Блинохватов, А. Ф. Селен в биосфере / А. Ф. Блинохватов [и др.]. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 324 с.
3. Вихрева, В. А. Влияние селена на активность компонентов антиоксидантной системы растений / В. А. Вихрева, Т. Б. Лебедева, Т. В. Клейменова // Нива Поволжья. – 2009. – № 1(2). – С. 1-3.
4. Вихрева, В. А. Применение антистрессовых препаратов при гербицидной обработке посевов ярового ячменя / В. А. Вихрева, Т. Б. Лебедева, Е. В. Надежкина // Агрехимия. – 2011. – № 5. – С. 58-62.
5. Голубева, Е. А. Исследование нивелирующего влияния биологически активных Se-содержащих веществ на показатели продуктивности ячменя в Пугачевском районе Саратовской области / Е. А. Голубева // Вестник Орел ГАУ. – 2009. – № 4(19). – С. 21-24.
6. Жарков, В. М. Влияние обработки семян селеновыми соединениями и биологическими препаратами на посевные качества и урожайность ячменя в

среднем Поволжье: автореф. дисс. ... канд. сельхоз. наук: 06.01.09 / Виктор Михайлович Жарков. – Саратов, 2005. – 19 с.

7. Крончев, Н. И. Влияние селеновых соединений и регуляторов роста на содержание минеральных веществ в зерне ячменя / Н. И. Крончев, С. Н. Сергатенко, В. М. Жарков // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: сб. матер. Междунар. научн.-практ. конф. – Пенза: Изд-во ПГСХА, 2002. – Т. 1. – С. 219-220.

8. Сергеева, И. В. Совершенствование технологий возделывания яровой пшеницы для устойчивого развития сельского хозяйства Поволжского региона / И. В. Сергеева, Н. Н. Гусакова, Ю. М. Андриянова, Ю. М. Мохонько // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 10. – С. 59-65.

© Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н., 2023

Научная статья

УДК 579.64:633.31/.37

*А.С. Сидорин, О.В. Ткаченко*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ЗНАЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация.* В обзоре представлены данные о роли и механизмах воздействия клубеньковых бактерий на растения, а также о результатах их ассоциативного взаимодействия. Показано, что различные препаративные формы

азотфиксирующих микроорганизмов эффективно повышают продуктивность растений и могут быть рекомендованы для сельскохозяйственного производства.

*Ключевые слова:* Азотфиксация, клубеньковые бактерии, ризобактерии

*A.S. Sidorin, O.V. Tkachenko*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **SIGNIFICANCE OF THE USE OF PREPARATIONS OF NODULAR BACTERIA IN GROWING LEGUMS**

*Annotation.* The review presents the data on the role and mechanisms of action of /nodule bacteria on plants, as well as on the results of their associative interaction. It has been shown that various preparative forms of nitrogen-fixing microorganisms effectively increase plant productivity and can be recommended for agricultural production.

*Keywords:* Nitrogen fixation, nodule bacteria, rhizobacteria

Азот – абсолютно необходимый элемент для всех живых организмов; он входит в состав белков, нуклеиновых кислот и многих простых и сложных молекул, составляющих основу структурной организации всех уровней живого [1]. Однако представители флоры и фауны не способны извлекать азот непосредственно из атмосферы. Этой способностью обладают микроорганизмы (азотфиксаторы), и процесс, с помощью которого эти организмы фиксируют атмосферный азот и переводят его в удобную для растений форму, называется биологической азотфиксацией [2]. Наибольший вклад в биологическую

азотфиксацию вносит симбиоз азотфиксирующих бактерий (ризобий) и бобовых. Но в естественных условиях бобовые используют только 10-30% своей азотфиксирующей способности, что приводит к дефициту азота в почве, что в конечном итоге приводит к низкой урожайности [3].

Сельское хозяйство давно решило эту проблему за счет применения минеральных азотных удобрений, что позволило резко повысить урожайность основных сельскохозяйственных культур. Однако их интенсивное использование привело к проблеме экологизации сельскохозяйственного производства, что в свою очередь заставило страны мира перейти на экологически чистое сельское хозяйство (органическое земледелие) [4]. Это означает производство продукции с максимально возможным использованием биологических факторов для повышения плодородия, которые не оказывают негативного воздействия на природу. Одним из методов современного земледелия является использование препаратов на основе полезных микроорганизмов для возделывания сельскохозяйственных культур [5].

Идея использовать эти бактерии для усиления клубенькообразования и фиксации атмосферного азота возникла еще в XX веке сразу после выделения М. Бейеринком [6] первых клубеньковых бактерий из бобовых. После, в 1896 г Ф. Ноббе и Л. Гильтнер впервые получили в Германии препарат клубеньковых бактерий, названный «нитрагин» [7]. Позднее культуры клубеньковых бактерий стали выпускать под другими названиями в других странах. В 1906 г. в Англии В. Боттомли начал производство «нитрагина», в 1907 г. в США Ф. Гаррисон и Б. Барлоу предложили аналогичный «нитрокультурный» препарат [7]. В этом же году в России Т. Будинов начал использовать препарат Ризобиум. В настоящее время препараты клубеньковых бактерий широко используются в разных странах под разными названиями. Для заражения семян бобовых растений применение бактериальных препаратов совершенно необходимо, если новые растения вводятся в среду с отсутствием естественных ризобияльных симбиозов. Инокуляция обеспечивает образование клубеньков и тем самым осуществление

азотфиксации. Как результат - повышение урожайности и содержания белка в растениях и зерне [8].

Использование микроорганизмов в биопрепаратах обусловлено тем, что разные их виды выступают в роли средств защиты растений (энтомопатогенные грибы) и стимуляторов роста (азотфиксирующие бактерии, фосформобилизующие бактерии и др.). Микроорганизмы, содержащиеся в биопрепаратах, кроме азотфиксации обладают способностью синтезировать фитогормоны, антибиотики и витамины, т.е. оказывают эффективное иммуномодулирующее действие [9; 10].

Среди микробиологических препаратов, применяемых в современном сельском хозяйстве, особое место занимают препараты на основе азотфиксирующих клубеньковых бактерий для предпосевной обработки семян бобовых культур. Особенность бобовых заключается в том, что они способны вступать в симбиотические отношения с бактериями (например, с бактериями рода *Rhizobium*) и образовывать на своих корнях клубеньки, в которых фиксируется молекулярный азот [11].

*Механизм формирования клубеньков бобовых растений.* Сам процесс образования клубеньков основан на проникновении ризобактерий в корни бобовых растений, где они развиваются во внутриклеточные симбионты и фиксируют атмосферный азот. Бактериальные клетки проникают через корневые волоски бобовых и перемещаются внутри корня по специальной трубке, называемой «инфекционной нитью». Считается, что эта нить формируется путем инвагинации клеточной мембраны, откуда она продолжает расти в первичную кору корня. Здесь ризобактерии заражают клетки и стимулируют их деление, образуя молодые клубеньки. Когда-то считалось, что инвазия происходит только в тетраплоидных клетках, но некоторые данные свидетельствуют о том, что это не единственный случай. Деление также происходит в клетках до проникновения инфекционной нити. В молодых узелках бактерии появляются преимущественно в виде палочек, но в дальнейшем они принимают другую форму: шаровидную,

разветвленную или булавовидную; такие формы называются «бактероиды». Эти бактериоиды собираются группами и окружаются мембраной хозяина, образуя пучок. Когда большое количество специфических ризобактерий, присутствующих в растении-хозяине, образует узелки, корневые волоски деформируются и впоследствии становятся «разветвленными» или «скрученными» (рис. 1) [12].

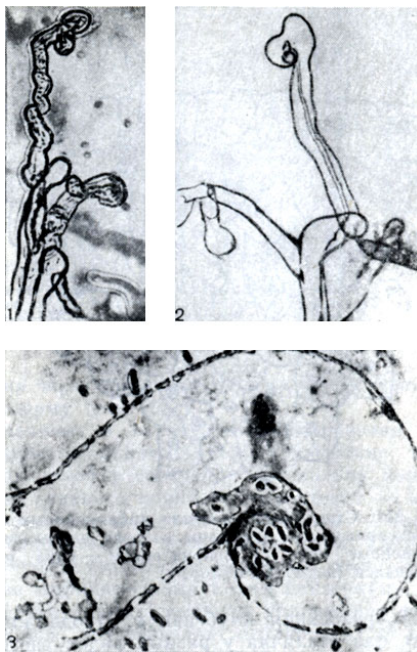


Рисунок 1 – Искривление корневых волосков бобовых растений в присутствии клубеньковых бактерий: 1, 2 - увел. X 120; 3 - ультратонкий срез через корневой волосок. Увел. X 10 000 [13]

*Эффективность применения бактериальных препаратов при инокуляции семян бобовых растений перед посевом.* Целесообразность «вакцинации» несомненна как для новых бобовых культур, так и для вновь закладываемых участков. Гораздо сложнее решить проблему старопахотных культур, хорошо окультуренных почв, на которых издавна выращивали отдельные виды бобовых культур. Можно предположить, что в таких почвах уже сформировались достаточно устойчивые микробные ценозы, где встречаются колонии культурных бобовых растений. Вопрос о необходимости вакцинация здесь и

оправдывает ли она себя остается открытым. Для проверки этого было проведено несколько экспериментов. Е. Н. Мишустин и В.В. Бернад проводили массовые опыты в европейской части СНГ по прививке различных бобовых культур. Результат был положительным, и в большинстве случаев вакцинация приводила к значительному увеличению урожая. Наибольший положительный эффект вакцинация оказала на кислые почвы [14].

Положительный эффект искусственного заражения бобовых культур в случаях, когда почва длительное время окультурируется и в ее микрофлоре уже присутствуют ризобактерии можно объяснить прежде всего перекрестным заражением. Это происходит в естественных условиях. Во-первых, новые растения заражаются бактериями близлежащих групп растений, поэтому клубеньки хотя и образуются, но не функционируют должным образом. При искусственной инокуляции активные виды бактерий, нанесенные на семена, проникают непосредственно в корни бобовых культур.

Во-вторых, клубеньковые бактерии ведут себя как обычные сапрофиты в почве, где не произрастают бобовые. По многим причинам почва часто оказывается неблагоприятной для них средой, поэтому их численность и активность значительно снижается. Например, кислые почвы отрицательно сказываются на способности клубеньковых бактерий фиксировать азот, и их ценные свойства сильно снижаются, когда они существуют в виде сапрофитов. Поэтому в таких случаях естественное заражение не дает эффективного симбиоза, и здесь хорошо использовать готовые препараты клубеньковых бактерий [15].

Например, виды рода *Rhizobium* могут какое-то время выживать в почве, но не способны активно размножаться в большом количестве, чтобы конкурировать с другими свободноживущими микроорганизмами. Как пример, при выращивании пшеницы в почве может содержаться менее 10 клеток *Rhizobium* на грамм, но после успешного выращивания бобовых в той же почве может содержаться  $10^5$ - $10^7$  бактерий на грамм.

Таким образом, при отсутствии азотных удобрений ризобактерии являются важным источником азота и снижают потребность в дорогостоящих удобрениях. Однако бобовые растения часто не растут на определенном участке почвы, так как типичные для них клубеньковые бактерии отсутствуют или их так мало, что эффективного образования клубеньков не происходит. По этой причине люцерну на рынке Великобритании обычно предварительно инокулируют. В Великобритании считается, что количество штаммов *Rhizobium* достаточно в почве для бобовых растений, таких как клевер, который обычно там выращивается. Это мнение не всегда верно. Например, если бобовые заражены «неправильными» видами *Rhizobium*, могут образоваться неэффективные клубеньки. Они не содержат леггемоглобина (необходимый для роста и жизнедеятельности ризобактерий пигмент в клубеньках бобовых, способный связывать и иммобилизовать кислород), поэтому азот не фиксируют, а потребляют растительные источники углерода. Поскольку ризобактерии ничего не дают взамен, растение-хозяин плохо развивается, и это может быть одной из причин их угнетения, которое часто наблюдается у разнотравья.

Кроме азотфиксации ассоциативные ризобактерии (*Azospirillum baldaniorum* Sp245, *Azospirillum brasilense* Sp7, *Azospirillum brasilense* SR80, *Azospirillum brasilense* SR88, *Azospirillum brasilense* Cd, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 и *Enterobacter ludwigii* K7), нанесенные на семена, способны стимулировать ассимиляционный аппарат растений. В результате бактеризации увеличивается чистая продукция фотосинтеза, от чего существенно повышается урожайность от 11 до 27,7 % [16].

Стимулирующие рост растений ризобактерии играют важную роль в формировании у растений устойчивости к биотическому и абиотическому стрессам [17-20]. Инокуляция растений бактериями способствует ослаблению действия стресса, что проявляется в увеличении длины побега, массы листьев, стеблей и корней по сравнению с контрольными вариантами при стрессе [21].



Таким образом, обработка семян бобовых культур штаммами клубеньковых бактерий способствует повышению продуктивности растительно-микробной системы в естественных (поля) и искусственных (теплицы) условиях выращивания. Использование ассоциативных микроорганизмов оказывает ростостимулирующее и адаптивное действие на растения, повышая их устойчивость к стрессовым условиям, например, в деградированной почве (засоление, орошение, засуха и др.). Поэтому в сельском хозяйстве существует большая потребность в получении новых штаммов, способных образовывать высокопродуктивные и стрессоустойчивые симбиотические системы с бобовыми культурами.

#### Список литературы

1 Мишустин, Е.Н. Молекулярные механизмы усвоения азота растениями / Е. Н. Мишустин: – М.: Агропромиздат, 1983. – 264 с. – Текст : непосредственный.

2 Игнатов, В.В. Биологическая фиксация азота и азотфиксаторы / В. В. Игнатов. – Текст : непосредственный // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 9. – С. 28–33.

3 Тихонович, И. А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И. А. Тихонович, Н. А. Проворов. - Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009. – 209 с. ISBN 978-5-288-04883-8. – Текст : непосредственный.

4 Никитина, З. В. Экологизация сельскохозяйственного производства как фактор его устойчивого развития / З. В. Никитина. – Текст : непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2008. – Т. 9 № 51. – С. 92–95.

5 Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова : – М.: изд-во МГУ, 2005 – 445 с. ISBN: 5-211-04983-7. – Текст : непосредственный.

6 Проно, Л. «Мартинус В. Бейеринк». Энциклопедия Britannica : 2023. - URL:<https://www.britannica.com/biography/Martinus-W-Beijerinck>. (Дата обращения 15.01.2023). – Текст : электронный.

7 Асонов, Н. Р. Микробиология / Н. Р. Асонов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1997. – 352 с. ISBN 5-10-003160-3 . – Текст : непосредственный.

8 Трепачев, Е. П. Биологический и минеральный азот в земледелии / Е. П. Трепачев. – Текст : непосредственный // Сельскохозяйственная биология, – 1980. – Т. 15. № 2. – С. 178-189.

9 Белимов, А. А. АЦК деаминаза и растительно-микробные взаимодействия / А. А. Белимов, В. И. Сафронова. – Текст : непосредственный // Сельскохозяйственная биология. – 2011. № 3. – С. 23-28.

10 Роль триптофана корневых экзометаболитов при фитостимулирующей активности ризобактерий / Л. В. Кравченко, Т. С. Азарова, Н. М. Макарова [и др.]. – Текст : непосредственный // Микробиология, – 2004. – Т. 73. № 2. – С. 195-168.

11 Доросинский, Л. М. Бактериальные удобрения - дополнительное средство повышения урожая / Л. М. Доросинский : – М.: Сельхозиздат, 1965. – 173 с. – Текст : непосредственный.

12 Алмагамбетов, К. Х. Биотехнология микроорганизмов / К. Х. Алмагамбетов : – Астана, 2008. – 244 с. ISBN 9968-31-240-0. – Текст : непосредственный.

13 Сальман, К. Клубеньковые бактерии бобовых / К. Сальман, Г. Фэреус : 1987. – 403 с. – Текст : непосредственный.

14 Мишустин, Е. Н. Нитрагин и его изменение химизации сои / Е. Н. Мишустин, В. В. Бернгард. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 1998. № 11. – С. 28-49.

15 Форстер, К. Ф Экологическая биотехнология / К. Ф. Форстер, Д. А. Дж. Вейз : – Л.: Химия, 1990. – 384 с. – Текст : непосредственный.

16 Роль ризобактерий в формировании фотосинтетического аппарата и продуктивности озимой пшеницы в условиях Левобережья Саратовской области / А. А. Беляева, А. Ф. Дружкин, Л. А. Тер-Саркисова [и др.] – Текст : непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2022. № 12. – С. 15–18.

17 Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам / И. В. Максимов, С. В. Веселова, Т. В. Нужная [и др.] – Текст : непосредственный // Физиология растений. – 2015. – Т. 62, № 6. – С. 763–775.

18 Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013) / Y. Bashan, L. E. de-Bashan, S. R. Prabhu [et al.] – Text : direct // Plant Soil. – 2014. – V. 378. – P. 1–33.

19 Improved potato microclonal reproduction with the plant growth-promoting rhizobacteria *Azospirillum* / O. V. Tkachenko, N. V. Evseeva, N. V. Boikova [et al.] – Text : direct // Agronomy for Sustainable Development, – 2015. – V. 35. – P. 1167–1174.

20 Bacterial endophytes from rice cut grass (*Leersia oryzoides* L.) increase growth, promote rootgravitropic response, stimulate root hair formation, and protect rice seedlings from disease / S. K. Verma, K. Kingsley, M. Bergen [et al.] – Text : direct // Plant Soil. – 2018 – V. 4. – P. 223–238.

21 Влияние ростстимулирующих ризобактерий на микроклоны картофеля при осмотическом стрессе в условиях *in vitro* / Н. В. Евсеева, О. В. Ткаченко, А. Ю. Денисова [и др.] – Текст : непосредственный // Биомика, – 2018. – Т. 10. – С. 206–209.

Научная статья

УДК 631.8:579.64

**Ю.А. Филипьева<sup>1</sup>, Криворучко А.А.<sup>2</sup>, Астанкова А.С.<sup>2</sup>, Г.Л. Бурьгин<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **ВЛИЯНИЕ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ ШТАММОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Аннотация.* Липополисахариды ризосферных бактерий обладают биологической активностью в отношении растений. В данной статье выявлено рост-стимулирующее действие препаратов липополисахаридов 4 штаммов ризобактерий на проростки мягкой пшеницы. Наибольшую рост-стимулирующую активность продемонстрировал препарат липополисахарида штамма *Pseudomonas chlororaphis* КЗ, под действием которого длина корней увеличивалась на 83%, а сухая масса корней на 61% относительно контрольных растений.

*Ключевые слова:* липополисахариды, ризосферные бактерии, мягкая пшеница, рост-стимуляция

***Yu.A. Filip'icheva<sup>1</sup>, A.A. Krivoruchko<sup>2</sup>, A.S. Astankova<sup>2</sup>, G.L. Burygin<sup>1,2,3</sup>***

<sup>1</sup>Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University, Saratov, Russia

<sup>3</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **THE EFFECT OF RHIZOBACTERIAL LIPOPOLYSACCHARIDES ON THE GROWTH OF COMMON WHEAT SEEDLINGS**

*Annotation.* Lipopolysaccharides of rhizospheric bacteria have biological activity towards plants. This article revealed the growth-promoting effect of lipopolysaccharide preparations of 4 strains of rhizobacteria on common wheat seedlings. The highest growth-promoting activity was demonstrated by the lipopolysaccharide from strain *Pseudomonas chlororaphis* K3 - the root length increased by 83%, and the dry weight of the roots by 61% relative to control plants.

*Keywords:* lipopolysaccharides, rhizospheric bacteria, common wheat, plant-growth promotion

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур напрямую связано с оптимизацией ростовых процессов растений во время вегетационного периода. Одним из наиболее перспективных современных агробiotехнологий, направленных на стимуляцию роста и развитие растений, является использование рост-стимулирующих бактерий [1], способных улучшать минеральное питание растений [2], оптимизировать в них концентрацию фитогормонов [3], а также защищать растения от фитопатогенов [4]. Ключевым моментом в понимании растительно-микробных взаимоотношений остаётся исследование первых этапов взаимодействия растительных клеток с бактериями, определяющих прикрепление и успешность колонизации микроорганизмами растения-партнера [5].

Основным компонентом наружной мембраны грамотрицательных бактерий являются молекулы липополисахарида (ЛПС) [6], которые в значительной степени определяют физико-химические свойства поверхности бактериальных клеток. Именно через молекулы ЛПС происходит связывание растений с бактериями. Ранее было показано, что ЛПС ризосферных бактерий проявляют биологическую активность в отношении растений, запуская реакции фитоиммунитета [7] или активируя ростовые [8] и морфогенетические [9, 10] процессы в растениях.

Целью данной работы было исследование влияния препаратов ЛПС четырёх штаммов ризосферных бактерий на рост проростков мягкой пшеницы.

Полученные препараты ЛПС ризосферных бактериальных штаммов *Azospirillum lipoferum* SR65, *Ensifer adhaerens* T1Ks14, *Ochrobactrum quorumnogens* T1Kr02 и *Pseudomonas chlororaphis* K3 были исследованы на проявление рост-стимулирующей активности в отношении проростков озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Саратовская 29. Проростки пшеницы проращивали в темноте при 25 градусах Цельсия на стерильной дистиллированной воде. К трёхсуточным этиолированным проросткам добавляли ЛПС до концентрации 10 мкг/мл. Инкубировали в течение трёх суток в темноте при 25 градусах Цельсия, после чего на четверо суток переносили в фитокомнату с длительностью дня 16 часов и интенсивностью освещения 10 000 люкс. Суммарная длительность эксперимента составила 10 суток. Для десятисуточных проростков пшеницы проводили измерение морфометрических параметров (длина побега, количество корней, суммарная длина корней, сырая и сухая масса побегов и корней). Полученные результаты подвергали статистической обработке методом однофакторного дисперсионного анализа с ранжированием средних значений по критерию Дункана с использованием программного пакета AGROS (версия 2.09).

Для всех 4 исследованных препаратов ЛПС штаммов *Azospirillum lipoferum* SR65, *Ensifer adhaerens* T1Ks14, *Ochrobactrum quorumnogens* T1Kr02 и

*Pseudomonas chlororaphis* К3 было выявлено положительное влияние на длину побегов и корней проростков мягкой пшеницы сорта Саратовская 29 (Таблица 1). Наибольший стимулирующий эффект на проростки пшеницы обработка ЛПС оказывала на показатели «суммарная длина корней» – максимальное увеличение относительно контроля наблюдалось в варианте с ЛПС штамма *Pseudomonas chlororaphis* К3 и составило 83% для длины корней. Для ЛПС этого же штамма показано максимальное (на 20%) повышение количества корней относительно контрольного варианта. В то время как стимулирование длины побега наблюдалось в пределах 8% (вариант с ЛПС штамма *Ensifer adhaerens* T1Ks14).

Таблица 1. Результаты морфометрического анализа 10-дневных проростков мягкой пшеницы сорта Саратовская 29, выращенных в присутствии бактериальные ЛПС

Вариант	Длина побега, мм	Количество корней, шт	Суммарная длина корней, мм
Контроль	223	4,36	267
ЛПС SR65	238	5,16	452
ЛПС К3	240	5,23	488
ЛПС T1Kr02	235	4,86	394
ЛПС T1Ks14	241	4,74	365
Fфакт.	9,52*	7,56*	5,68*
НСР <sub>0,05</sub>	7,02	0,32	70,9

Показатели сырой и сухой массы побегов и корней также во всех вариантах с ЛПС были выше, чем у контрольных растений (Таблица 2). Наибольший стимулирующий эффект на сырую и сухую массы побегов оказывало добавление к проросткам препаратов ЛПС штаммов *Pseudomonas chlororaphis* К3 и *Ensifer adhaerens* T1Ks14 – около 25 % для обоих показателей относительно контрольных растений. А увеличение сырой и сухой массы корней было более выражено только для ЛПС штамма *Pseudomonas chlororaphis* К3 – на 47% и 61% соответственно по сравнению с растениями, выращенными без добавления бактериальных ЛПС.

Таблица 2. Результаты измерения сырой и сухой массы побегов и корней 10-дневных проростков мягкой пшеницы сорта Саратовская 29, выращенных в присутствии бактериальных ЛПС

Вариант	Сырая масса побега, мг	Сухая масса побега, мг	Сырая масса корней, мг	Сухая масса корней, мг
Контроль	113	12,4	51,2	5,1
ЛПС SR65	137	15,2	72,3	7,8
ЛПС К3	139	15,3	75,1	8,2
ЛПС T1Kr02	135	15,0	67,2	5,9
ЛПС T1Ks14	140	15,2	65,0	5,8
Ффакт.	4,65*	8,12*	5,64*	4,99*
НСР <sub>0,05</sub>	25,1	0,78	8,45	0,6



Таким образом, все исследованные в данной работе препараты ЛПС ризосферных штаммов оказывали достоверный положительный эффект на проростки мягкой пшеницы, но в разной степени. Наибольшую рост-стимулирующую активность продемонстрировал препарат ЛПС штамма *Pseudomonas chlororaphis* КЗ, что позволяет рекомендовать данный препарат для использования в растениеводстве и семеноводстве растений, культивируемых в условиях *in vitro*.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-26-00293.

#### Список литературы

1. Gupta G., Parihar S.S., Ahirwar N.K., Snehi S.K., Singh V. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture // J. Microb. Biochem. Technol. – 2015. – Vol. 7(2). – P. 96-102. doi: 10.4172/1948-5948.1000188
2. Etesami H., Adl S.M. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and their action mechanisms in availability of nutrients to plants // Phyto-microbiome in stress regulation. – 2020. – P. 147-203. doi: 10.1007/978-981-15-2576-6\_9
3. Khan N., Bano A., Ali S., Babar M.A. Crosstalk amongst phytohormones from planta and PGPR under biotic and abiotic stresses // Plant Growth Regulation. – 2020. – Vol. 90. – P. 189-203. doi: 10.1007/s10725-020-00571-x
4. Ramamoorthy V., Viswanathan R., Raguchander T., Prakasam V., Samiyappan R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases // Crop protection. – 2001. – Vol. 20(1). – P. 1-11. doi: 10.1016/S0261-2194(00)00056-9
5. Santoyo G., Urtis-Flores C.A., Loeza-Lara P.D., Orozco-Mosqueda M.D., Glick B.R. Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting

- rhizobacteria (PGPR) // *Biology*. – 2021. – Vol. 10(6). – P. 475. doi: 10.3390/biology10060475
6. Whitfield C., Williams D.M., Kelly S.D. Lipopolysaccharide O-antigens—bacterial glycans made to measure // *J. Biol. Chem.* – 2020. – Vol. 295(31). – P. 10593-10609. doi: 10.1074/jbc.REV120.009402
  7. Shilina J.V., Gushcha M.I., Molozhava O.S., Litvinov S.V., Dmitriev A.P. Induction of *Arabidopsis thaliana* resistance to pathogenic bacteria by lipopolysaccharide and salicylic acid // *Cytology and genetics*. – 2018. – Vol. 52. – P. 169-73. doi: 10.3103/S0095452718030118
  8. Evseeva N.V., Matora L.Y., Burygin G.L., Dmitrienko V.V., Shchyogolev S.Y. Effect of *Azospirillum brasilense* Sp245 lipopolysaccharide on the functional activity of wheat root meristematic cells // *Plant Soil*. – 2011. – Vol. 346. – P. 181-188. doi: 10.1007/s11104-011-0808-9
  9. Evseeva N.V., Tkachenko O.V., Burygin G.L., Matora L.Y., Lobachev Y.V., Shchyogolev S.Y. Effect of bacterial lipopolysaccharides on morphogenetic activity in wheat somatic calluses // *World J. Microbiol. Biotechnol.* – 2018. – Vol. 34. – P. 1-6. doi: 10.1007/s11274-017-2386-3
  10. Tkachenko O.V., Burygin G.L., Evseeva N.V., Fedonenko Y.P., Matora L.Y., Lobachev Y.V., Shchyogolev S.Y. Morphogenesis of wheat calluses treated with *Azospirillum* lipopolysaccharides // *Plant Cell Tissue Organ Culture*. – 2021. – Vol. 147(1). – P. 147-55. doi: 10.1007/s11240-021-02114-2

© Филиппьева Ю.А., Криворучко А.А., Астанкова А.С., Бурьгин Г.Л., 2023

Научная статья

УДК 631.527.85

**О.Н. Шкодина, О.В. Ткаченко, В.И. Жужукин, Ж.Н. Мухатова**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

## **СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Аннотация.* В статье представлена селекционная оценка образцов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в условиях Левобережья Саратовской области. На основании полученных данных выявлены лучшие сорта по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

*Ключевые слова:* озимая твердая пшеница, сорта, комплекс хозяйственно-ценных признаков

***O.N. Shkodina, O.V. Tkachenko, V.I. Zhuzhukin, Z.N. Mukhatova***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **BREEDING EVALUATION OF WINTER DURUM WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE LEFT BANK OF SARATOV REGION**

*Annotation.* The article presents a selection evaluation of samples of winter durum wheat bred by the Federal State Budgetary Scientific Institution “Agrarian Research Center «Donskoy» in the conditions of the Left Bank of the Saratov Region. Based on the data obtained, the best varieties were identified for a complex of economically valuable traits.

*Keywords:* winter durum wheat, varieties, a complex of economically valuable traits

Озимая твердая пшеница в зерновом балансе страны занимает ведущее место [4,5]. Ценность ее заключается в том, что зерно этой культуры является незаменимым сырьем для изготовления высококачественных спагетти,

макаронных и крупяных изделий, диетического и детского питания, поэтому увеличение ее урожайности и качества зерна - важнейшие задачи сельского хозяйства [3]. В силу своих биологических особенностей, высококачественное зерно озимой твердой пшеницы можно получить далеко не во всех регионах России. По Нижневолжскому региону в настоящее время допущено к использованию 10 сортов озимой твердой пшеницы [1]. Но сложные климатические особенности Саратовской области требуют дальнейшей селекционной работы с этой культурой.

Целью данного исследования являлась селекционная оценка и выявление наиболее высокоурожайных образцов озимой твердой пшеницы с высокими хозяйственно-ценными признаками для условий Левобережья Саратовской области.

Исследования проводились в 2021-2022 годах на полях ОВП «Покровское» и в УНИЛ «Селекция и экспериментальное семеноводство» ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

В качестве объектов исследования использовали сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской». Сорта оценивали в мелкоделяночном опыте коллекционного питомника по комплексу селекционных признаков. Опыты заложены на высоком агрофоне. Результаты исследований подвергли статистической обработке методом однофакторного дисперсионного анализа [2].

Морфологические показатели сортов озимой твердой пшеницы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Морфологические показатели сортов озимой твердой пшеницы

№	Варианты	Высота побега, см	Количество побегов на	Количество продуктивных побегов, шт.	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.

			растении всего, шт.			
1.	Кристалла	76,25ab	2,70cde	2,65bcd	4,75a	12,32
2.	Амазонка	83,65c	2,20abcd	2,20abcd	5,32bcd	12,82
3.	Оникс	74,90a	2,20abcd	2,20abcd	5,70de	14,07
4.	Диона	81,18bc	2,08a	2,03a	4,80a	12,65
5.	Аксинит	79,35abc	2,15abc	2,03a	6,28f	13,67
6.	Янтарина	88,45d	2,85e	2,80d	7,00g	12,90
7.	Агат Донской	82,65c	1,97a	1,97a	5,42cd	13,52
8.	Услада	78,55abc	2,70bcde	2,67cd	4,65a	12,93
9.	Юбилярка	83,62cd	2,75de	2,68d	6,07ef	13,70
	F <sub>факт</sub> ,	6,660*	3,737*	3,306*	22,571*	1,313
	НСР <sub>0,005</sub>	4,733	0,515	0,537	0,485	-

Наибольшая высота побегов наблюдалась у сорта Янтарина и составила 88,45 см, наименьшая высота у сорта Оникс и составила 74,9 см. Высота остальных сортов варьировала от 76,5 см до 83,65 см.

Количество побегов на растениях достоверно варьировало по сортам от 1,97 до 2,85 шт. Сорт Янтарина имел наивысшую кустистость, показатель общей кустистости составил 2,85 шт. Меньше всего кустились растения сортов Диона и Агат Донской, их показатели составили соответственно 2,08 и 1,97 шт.

По количеству продуктивных побегов сорта достоверно отличались друг от друга. Сорта Диона, Аксинит и Агат Донской достоверно уступили остальным сортам, их показатель продуктивной кустистости составили соответственно 2,03,

2,03 и 1,97 шт. Максимальная продуктивная кустистость установлена у сортов Янтарина и Юбилярка и составила соответственно 2,80 и 2,68 шт.

Наибольшая длина колоса обнаружена у сорта Янтарина (7,0 см). Наименьший размер колоса наблюдался у трех сортов Кристелла, Диона и Услава (4,73 см).

По количеству колосков в колосе нулевая гипотеза не отвергалась, т.е. все изучаемые сорта не различались друг с другом.

Урожайность и элементы ее структуры у сортов озимой твердой пшеницы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Урожайность семян и элементы ее структуры сортов озимой твердой пшеницы

№	Варианты	Урожайность, т/га	Количество зерен в колосе, шт	Масса зерна с колоса, г	Масса зерна с растения, г	Масса 1000 семян, г
1,	Кристелла	7,02ab	28,20b	1,33ab	3,55abcd	46,24c
2,	Амазонка	7,03ab	28,20b	1,23a	2,66ab	43,15a
3,	Оникс	7,80bc	41,15g	1,80def	3,94cde	45,95bc
4,	Диона	4,88a	27,90b	1,23a	2,46a	42,58a
5,	Аксинит	7,95bc	36,17ef	1,88f	3,77bcd	48,58e
6,	Янтарина	7,19ab	22,55a	1,29a	3,63bcd	53,41g
7,	Агат Донской	8,16bc	32,65def	1,54bc	3,09abc	47,83de
8,	Услава	8,49bc	32,25cde	1,61cd	4,29de	46,65c
9,	Юбилярка	9,82c	36,67f	1,86ef	4,96e	51,57f

F <sub>факт</sub> ,	3,057*	18,651*	13,439*	5,137*	140,823*
НСР <sub>0,005</sub>	2,238	3,830	0,215	1,006	0,895

В условиях мелкоделяночного опыта по урожайности лидировал сорт Юбилярка и составил 9,82 т/га. Наименьшая урожайность наблюдалась у сорта Диона и составила 4,88 т/га. Остальные изучаемые образцы варьировали от 7,02 до 8,49 т/га.

Количество зерен в колосе достоверно выше у сорта Оникс (41,15 шт.). Достоверно ниже значение у сорта Янтарина и составило 22,55 шт. на колос.

Наибольшая масса зерна с колоса наблюдалась у сортов Аксинит (1,88 г) и Юбилярка (1,86 г). Наименьшая масса зерна с колоса обнаружена у сортов Амазонка, Диона, Янтарина, их показатели составили около 1,25 г.

По массе зерна с растения достоверно превзошел изучаемые образцы сорт Юбилярка (4,96 г). Достоверно уступал изучаемым образцам сорт Диона, масса зерна с растения у него составила 2,46 г.

По массе 1000 семян значимо превосходили все изучаемые образцы сорт Янтарина (53,41 г). Высокая масса 1000 семян отмечена так же у сорта Юбилярка (51,57 г). Значимо уступили изучаемым образцам сорта Амазонка и Диона, их показатели составили соответственно 43,15 и 42,58 г.

По итогам селекционной оценки по данным 2022 года все районированные сорта Оникс, Аксинит, Агат Донской и Услава показали высокую урожайность выше 7,8 т/га. Сорт Юбилярка по элементам продуктивности и урожайности оказался на уровне или выше районированных сортов.

#### Список литературы

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 646 с.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.

3. Кравченко Н.С., Самофалова Н.Е., Олдырева И.М., Макарова Т.С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 3(69). С. 26-31.

4. Мудрова А. А., Костин В. В. Селекция озимой твердой пшеницы на адаптивность и изменение сортов в результате селекционной работы // *Пшеница и тритикале*. Краснодар: Советская Кубань, 2001. С. 118–134.

5. Щипак Г. В., Недоступов Р. А., Щипак В. Г. Селекция озимой твердой пшеницы на повышение адаптивного потенциала и урожайность // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. Т. 16, № 2. С. 455–463.

© Шкодина О.Н., Ткаченко О.В., Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., 2023



## СОДЕРЖАНИЕ:

Ткаченко О.В. Георгий Карлович Мейстер: историческая личность, ученый, организатор науки	3
Бабушкин Д.Д., Волков Д.П., Зайцев С.А., Рожков П.Ю. Влияние густоты стояния растений на урожайность и качество кукурузы	10
Бабушкин Д.Д., Лёвкина А.Ю., Маслова Г.А. Влияние гербицидных обработок на продуктивность зерна кукурузы	18
Беляева А.А., Тер-Саркисова Л.А., Ткаченко О.В., Бурьгин Г.Л., Евсеева Н.В., Заводилкин Н.Д. Влияние ризобактерий на рост и продуктивность озимой пшеницы в Нижнем Поволжье	23
Волков Д.П., Зайцев С.А., Лёвкина А.Ю., Башинская О.С. Влияние густоты стояния растений на морфометрические параметры кукурузы	28
Волков Д.П., Зайцев С.А., Бабушкин Д.Д., Садова А.А. Биоэнергетическая оценка применения органоминерального удобрения на кукурузе	39
Греков Д.А. Карантинные растения саратовской области, их распространение и меры борьбы	46
Гудова Л.А., Лекарев А.В., Полевая О.А., Солопченко Л.В. Оценка гибридов подсолнечника по морфометрическим параметрам и межфазному периоду «всходы-цветение корзинок»	53
Гусева С.А. Изучение хозяйственно-ценных признаков сортообразцов сахарной кукурузы в условиях правобережья саратовской области	66
Денисов К.Е., Макарова К.С. Твёрдая и мягкая пшеница озимого типа развития в Степном Поволжье	77
Денисова А.Ю., Евсеева Н.В., Ткаченко О.В., Бурьгин Г.Л. Влияние ризосферных штаммов бактерий <i>Azospirillum baldaniorum</i> sp245 на устойчивость микрорастений картофеля к биотическому стрессу	82
Дыжина А.А., Жужукин В.И. Оценка хозяйственно-ценных признаков сортообразцов сои коллекции ВИР	87
Дьячук Т.И., Акинина В.Н., Хомякова О.В., Жилин С.В., Барнашова Е.К., Куликова В.П., Калашникова Э.В. Селекционная оценка генофонда тритикале ( <i>Triticosecale wittmack</i> ) в условиях Нижнего Поволжья	92
Зайцев С.А., Башинская О.С., Лёвкина А.Ю., Волков Д.П. Чина посевная ( <i>Lathyrus sativus</i> L.) в качестве пищевой и кормовой культуры	99
Зайцев С.А., Лёвкина А.Ю., Садова А.А. Исходный материал для селекции льна масличного в Саратовской области	111
Каргаполова К.Ю., Ткаченко О.В., Бурьгин Г.Л., Евсеева Н.В. Изучение консорциума PGPR <i>Azospirillum baldaniorum</i> sp245 и <i>Ochrobactrum cytisi</i> IPA7.2 для положительного эффекта на рост растений картофеля в условиях теплицы	117

Красова Ю.В., Фадеев В.В., Моисеева Е.М., Гусев Ю.С., Чумаков М.И. оценка воздействия электропорации и ПЭГ-обработки на протопласты кукурузы	123
Куколева С.С., Кибальник О.П. Комбинационная способность образцов суданской травы по методу топкросса	135
Куликов А.А., Ткаченко О.В., Евсева Н.В., Каргаполова К.Ю., Денисова А.Ю., Позднякова Н.Н., Бурыгин Г.Л. Применение ризобактерий при акклиматизации микроклонов картофеля к условиям <i>ex vitro</i>	140
Лёвкина А.Ю., Степанова Н.В., Тарабрин А.М. Влияние листовых подкормок на устойчивость озимой пшеницы к стрессовым факторам	145
Лобачев Ю.В., Вертикова Е.А., Курасова Л.Г., Ткаченко О.В. Генетические, биотехнологические и селекционные исследования в Вавиловском университете	154
Маслова Г.А., Ерюшева И.В. Способы посева нута в Нижнем Поволжье	160
Миронов И.В., Башинская О.С., Волков Д.П., Зайцев С.А. Изучение чечевицы в при разных условиях выращивания	169
Моисеева Е.М., Фадеев В.В., Красова Ю.В., Долгополов Р.В., Коннова С.А., Юдакова О.И., Чумаков М.И. Анализ линий кукурузы саратовской селекции на полиморфизм генов гиногенеза и автономного эндоспермогенеза	178
Мухатова Ж.Н., Жужукин В.И. Оценка сортообразцов нута коллекции ВИР на устойчивость к биотическим стрессорам	188
Павлов П.И., Смотряков Д.А., Курунин В.А. Приготовление субстрата для культивирования грибов	200
Пронина В.И., Сазонова И.А. Оценка сортов эфиромасличных культур селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» по основным химическим компонентам	204
Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н. Изучение влияния селен-содержащих БАВ на морфофизиологические показатели яровой пшеницы	209
Сидорин А.С., Ткаченко О.В. Значение использования препаратов клубеньковых бактерий при выращивании бобовых культур	222
Филиппчева Ю.А., Криворучко А.А., Астанкова А.С., Бурыгин Г.Л. Влияние липополисахаридов штаммов ризосферных бактерий на рост проростков мягкой пшеницы	232
Шкодина О.Н., Ткаченко О.В., Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н. Селекционная оценка сортов озимой твердой пшеницы в условиях Левобережья Саратовской области	238

*Научное издание*

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

**Сборник статей IV Национальной научно-  
практической конференции, посвященной 150-  
летию со дня рождения Г.К. Мейстера**

**20 апреля 2023 г.**

**Электронное издание**

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2023-g>  
Размещено 08.06.2023 г.



---

Компьютерная верстка *О.В. Ткаченко*

Объем данных: 9,3 Мбайт. Аналог печ. л. 15,44

Формат 60×84 1/16. Заказ №825/2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» Тел.: 8(8452)26-27-83, email: [nir@vavilovsar.ru](mailto:nir@vavilovsar.ru)  
410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.

---