

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н.И. Вавилова
Институт генетики и агрономии
Кафедра «Растениеводство, селекция и генетика»

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ



Сборник статей
VII Национальной научно-практической конференции,
посвященно 90-летию со дня рождения
профессоров Н.С. Орловой и Л.П. Шевцовой

9 апреля 2026 г.

г. Саратов

УДК 633/635
ББК 41/42я43

«Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений»: Сборник статей VII Национальной научно-практической конференции, посвященная 90-летию со дня рождения профессоров Н.С. Орловой и Л.П. Шевцовой – 09 апреля 2026 г. - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет – 155 с.

В сборнике представлены материалы VII Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессоров Н.С. Орловой и Л.П. Шевцовой. 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.

ISBN 978-5-7011-0908-5

Редакционная коллегия:
канд. с.-х. наук, доцент *О.В. Ткаченко*;
канд. с.-х. наук, доцент *Н. В. Рязанцев*

УДК 633/635
ББК 41/42я43

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Научная статья
УДК 63.631

Ю.В. Лобачев

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

К 90-ЛЕТИЮ НИНЫ СЕМЕНОВНЫ ОРЛОВОЙ

Аннотация. В статье представлена биографическая и профессиональная информация об ученом-селекционере Нине Семеновне Орловой.

Ключевые слова: селекционер, селекция растений, тритикале.

Yu.V. Lobachev

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

FOR THE 90TH ANNIVERSARY N.S. ORLOVA

Abstract. The article presents biographical and professional information about the trained breeder N.S. Orlova.

Key words: breeder, plant breeding, triticale.

В 2026 г. исполняется 90 лет со дня рождения известного в регионе ученого-селекционера доктора сельскохозяйственных наук Нины Семеновны Орловой (рис. 1).



Рис. 1. – Орлова Нина Семеновна – профессор кафедры «Биотехнология, селекция и генетика»

Н.С. Орлова родилась 10 марта 1936 г. в д. Красная Поляна Павловского района Ульяновской области. В 1961 г. окончила агрономический факультет Саратовского сельскохозяйственного института (СХИ) по специальности «Агрономия». Ей была присвоена квалификация «Ученый агроном».

В 1962 г. Н.С. Орлова стала работать лаборантом на кафедре растениеводства Саратовского СХИ, а в 1963 г. поступила в очную аспирантуру при кафедре «Селекция и семеноводство», по окончании которой стала работать на этой кафедре ассистентом. В 1965 г. Н.С. Орлова окончила биологический факультет Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского по специальности «Ботаника». Ей была присвоена квалификация «Биолог. Преподаватель биологии и химии».

В 1970 г. Н.С. Орлова защитила диссертацию на тему «Отдаленные и сложные гибриды как исходный материал для селекции озимой сильной и твердой пшеницы», за которую ей присуждена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук. В 1977 г. ей присвоено ученое звание доцента по кафедре «Селекция и семеноводство». В 2002 г. Н.С. Орлова защитила докторскую диссертацию на тему «Селекция тритикале в Нижнем Поволжье», за которую ей присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук.

Н.С. Орлова в Саратовском СХИ (ныне Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова) прошла трудовой путь от лаборанта до профессора, а в 1982-1991 гг. заведовала кафедрой «Селекция и семеноводство». Она была членом диссертационного совета К 020.29.01 при НИИ сельского хозяйства Юго-Востока и диссертационного совета Д 220.061.05 при Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова. Подготовлен 1 кандидат сельскохозяйственных наук и более сотни студентов-дипломников.

Основные научные исследования Н.С. Орловой были посвящены разработке методов селекции озимой тритикале в Нижнем Поволжье. Также она активно занималась селекцией этой культуры. Н.С. Орлова является автором (соавтором) пяти сортов озимой тритикале: Студент (1996 г.), Саргау (2004 г.), Юбилейная (2006 г.), Орлик (2012 г.), Яша. Из них четыре сорта находились в Государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию в 2024 г. по 7-му и 8-му регионам России [1].

Н.С. Орлова опубликовала более 150 научных и учебно-методических работ, среди которых монография «Селекция тритикале в Нижнем Поволжье: история создания, биологические особенности, использование» награждена дипломом лауреата «Золотой фонд отечественной науки» Российской академии естествознания (РАЕ) [4].

Н.С. Орлова за достижения в области селекции тритикале неоднократно награждалась медалями и дипломами ВДНХ СССР, Российской агропромышленной выставки «Золотая осень», Саратовского салона изобретений, инноваций и инвестиций, почетными грамотами правительства и министерства сельского хозяйства Саратовской области (рис. 2).

Н.С. Орлова была одним из старейших членов Волжского (ныне

Саратовского) отделения Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н.И. Вавилова (ныне Вавиловское общество генетиков и селекционеров) (ВОГиС).



Рис. 2. Орлова Н.С. – дипломант Российской агропромышленной выставки «Золотая осень»

После распада СССР в феврале 1992 г. мы с Н.С. Орловой были делегатами учредительной конференции ВОГиС в г. Ленинграде, а затем и участниками первого учредительного съезда ВОГиС в 1992 г. в г. Минске. Отрадно, что и первый съезд российского ВОГиС проходил в 1994 г. в Саратове, в котором мы с Ниной Семеновной также принимали участие. За активную работу в ВОГиС Н.С. Орлова была награждена юбилейной медалью «Столетие со дня рождения. Академик Николай Вавилов», и медалью имени Н.И. Вавилова от РАЕ.

За многолетнюю плодотворную работу Н.С. Орлова награждена медалью «Ветеран труда» и нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».

Нина Семеновна Орлова была хорошим профессионалом, добрым человеком по отношению к коллегам и студентам, заражала нас оптимизмом и верой в великое будущее России, для которой усердно работала всю свою жизнь. Память о Н.С. Орловой сохранится в сердцах ее коллег и учеников.

Сведения о биографии и трудовой деятельности Н.С. Орловой отражены в книгах «Их жизнь – служение науке: биографический справочник» [2, 3].

Список литературы

1. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.

2. Их жизнь – служение науке: биографический справочник / отв. Ред. Н.И. Кузнецов; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов. 2003. 348 с.

3. Их жизнь – служение науке: биографический справочник / отв. Ред. Н.И. Кузнецов; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов. 2013. 590 с.

4. Орлова, Н. С. Селекция тритикале в Нижнем Поволжье: история создания, биологические особенности, использование / Н. С. Орлова, И. Ю. Каневская, О. М. Касынкина. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2011. 180 с.

© Лобачев Ю.В., 2026

Автобиографическая статья
УДК 82-94 (05)

Н.А. Шьюрова

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

ПРОФЕССИЯ, СТАВШАЯ СУДЬБОЙ (О ПРОФЕССОРЕ ЛАРИСЕ ПАВЛОВНЕ ШЕВЦОВОЙ)

Аннотация. Статья посвящена профессору кафедры растениеводства, селекции и генетики, которая проработала на кафедре растениеводства, селекции и генетики 55 лет. В статье рассказано о научных и педагогических достижениях профессора. Представлены краткие биографические факты жизнедеятельности профессора.

Ключевые слова: профессор, биография, семья, годы учебы, диссертация, научные исследования.

N.A. Shurova

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

A PROFESSION THAT BECAME A DESTINY (ABOUT PROFESSOR LARISA PAVLOVNA SHEVTSOVA)

Abstract. The article is devoted to the professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics, who worked at the department for 55 years. The article describes the scientific and pedagogical achievements of the professor. The article presents brief biographical facts about the professor's life.

Key words: professor, biography, family, years of study, dissertation, scientific research.

Лариса Павловна (Гусева) Шевцова родилась 14 августа 1936 в г. Саратове в многодетной семье военнослужащего Гусева Павла Ивановича воспитателя детского сада Гусевой Валентины Александровны.

В начале войны семья переехала в Белоруссию, Павел Иванович командовал небольшим взводом, который подготавливал к эксплуатации площадки аэродромов.

В первый класс Лариса Павловна пошла в Белоруссии, в дальнейшем, по приезду в Саратов, училась в женской школе, учеба Ларисе Павловне давалась легко, она хорошо училась, посещала все школьные кружки.

Помимо учебы и творчества она активно занималась спортом, достигла хороших успехов в акробатике. Гастролирующая в Саратове цирковая труппа хотела взять ее в свою команду, но Валентина Александровна дочь не отпустила, так как Лариса Павловна была помощницей матери по хозяйству и воспитанию младших детей в многодетной семье.

После окончания школы Лариса Павловна поступила в Саратовский сельскохозяйственный институт на специальность Агрономия. В те годы советский кинематограф демонстрировал много фильмов о профессиях, связанных с сельским хозяйством и Лариса Павловна, вдохновившись сельской тематикой решила изучать агрономию. Производственную практику Лариса Павловна проходила в Астраханской области Харабалинском районе, где закладывала опыты по возделыванию риса по технологии «затопление в чеках». В институте Лариса Павловна, занималась научной деятельностью и продолжала заниматься спортом.

Одноклассниками Ларисы Павловны были Стуков Владимир Иванович и Седова Тамара Николаевна, с которыми она, в последствии работала в Сельскохозяйственном институте.



Рис.1 С одноклассниками, у входа в Сельскохозяйственный институт, 1958 г. (Лариса Павловна в центре)

В 1959 году окончила Саратовский сельскохозяйственный институт и, по

распределению, была направлена в Краснокусткий район.

В течение трех лет Лариса Павловна работала главным агрономом колхоза «Путь к коммунизму» Краснокутского района Саратовской области.

Молодой специалист активно внедряла полученные в институте знания в производственный процесс хозяйства, сама устанавливала норму высева по возделываемым культурам, определяла глубину культивации и вспашки, а также сроки посева полевых культур.

Для этого Ларисе Павловне была выделена лошадь и двуколка, чтобы она участвовала во всех технологических операциях. Лариса Павловна пользовалась заслуженным авторитетом среди руководства и работников колхоза.

В 1962 году, получив необходимый производственный стаж, поступила в аспирантуру.

Научный руководитель — бывший директор Сельскохозяйственного института, заслуженный деятель науки, профессор Александр Иванович Смирнов — предложил ей заниматься зернобобовыми культурами.



Рис.2 Определение структуры урожая нута, 1965 г.

Молодой ученый, в 1967 году защитила кандидатскую диссертацию по теме «Культуры чина и нут в Правобережье Саратовской области». В то время эти культуры были малоизученными и практически не возделывались на территории Саратовской области, однако сегодня благодаря своей засухоустойчивости и высокой рентабельности они являются одними из самых перспективных сельскохозяйственных культур в нашей области, с каждым годом увеличиваются площади посевов зернобобовых культур в хозяйствах губернии.

На протяжении 55 лет работа и жизнь Ларисы Павловны были связаны с

кафедрой растениеводства Вавиловского университета.

Основным направлением ее научной работы была агротехника - система приемов возделывания сельскохозяйственных культур, которая включает сроки, способы посева, нормы высева на различных почвах и многое другое. Со временем группа исследуемых Ларисой Павловной зернобобовых культур расширилась.



Рис. 3 Проведение практического занятия по растениеводству, 1985 г.

В 2000 году она защитила докторскую диссертацию «Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов зернобобовых культур в засушливом Поволжье». Предметом исследования стали уже четыре культуры: чина, нут, горох и чечевица. В научный труд вошли результаты изучения их биологических особенностей, технологий возделывания, приспособленности к условиям засушливой и сухостепной зоны Нижнего Поволжья.

В течение одиннадцати лет Лариса Павловна являлась членом высшей аттестационной комиссии (ВАК), которая отвечает за обеспечение государственной аттестации научных и научно-педагогических работников — присуждение им ученых степеней и званий. Была членом диссертационного совета Вавиловского университета.

Всю свою жизнь Лариса Павловна передавала свои знания и опыт новым поколениям «вавилонцев». В настоящее время, аспиранты и дипломники кафедры растениеводства, селекции и генетики продолжают исследовать зернобобовые культуры, внося свой вклад в развитие сельскохозяйственного производства Саратовской области.

Лариса Павловна имеет награды медаль «Ветеран труда», знак «Почетный работник высшего образования России».



Рис. 4 На опытном поле, 2010 г.

Ларисой Павловной было подготовлено 12 кандидатов с.-х. наук, более 350 дипломников. Опубликовано более 320 научных и учебно-методических работ среди них учебное пособие в 2-х томах с грифом УМО и МСХ РФ «Полевые культуры Поволжья» и учебное пособие «Научные основы агрономии».

Ее отличали беззаветное служение любимому делу, преданность профессии и высокое чувство общественного долга. Мудрый наставник, отзывчивый и добрый человек, настоящий мастер и творец, она посвятила всю себя преподаванию, щедро даря знания студентам.

© Шьурова Н.А., 2026

Научная статья

УДК 579.22.577.121.7:581.43

С.А. Аленькина, М.А. Купряшина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук Саратов, Россия

**АНАЛИЗ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕТАБОЛИТОВ
AZOSPIRILLUM ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА ПШЕНИЦЫ**

Аннотация. В данной работе исследовали влияние лектинов азоспирилл на

устойчивость пшеницы *Triticum aestivum* к солевому стрессу. Лектин штамма *Azospirillum brasilense* Sp7 способен присоединяться к специфическим углеводам, обеспечивая связывание бактерий с поверхностью корня растения. Белок обладает полифункциональностью, а эффекты, вызываемые им, носят дозозависимый характер. Показано, что лектин оказывал существенное влияние на содержание аскорбата в начальный период стрессового воздействия на растения. Результаты настоящей работы свидетельствуют об участии лектинов азоспирилл в адаптационных изменениях в корнях проростков пшеницы и позволяющие рассматривать их как перспективные соединения для защиты растений от стресса и повышения их продуктивности.

Ключевые слова: PGPR - микроорганизмы, азоспириллы, лектин, корни растений, солевой стресс, стрессовые метаболиты

S.A. Alen'kina, M.A. Kupryashina

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russian Federation

ANALYSIS OF THE BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF AZOSPIRILLUM METABOLITES TO INCREASE THE ADAPTATION POTENTIAL OF WHEAT

Abstract. This study investigated the effect of *Azospirillum* lectins on the tolerance of *Triticum aestivum* wheat to salt stress. Lectin from the *Azospirillum brasilense* strain Sp7 binds to specific carbohydrates, enabling bacterial binding to the plant root surface. The protein is multifunctional, and its effects are dose-dependent. It was shown that the lectin significantly affected ascorbate levels during the initial period of plant stress. The results of this study demonstrate the involvement of *Azospirillum* lectins in adaptive changes in the roots of wheat seedlings, suggesting that they may be promising compounds for protecting plants from stress and enhancing their productivity.

Key words: rhizosphere, PGPR - microorganisms, azospirillum, lectin, plant roots, salinity stress, stress metabolites

Ассоциативные азотфиксирующие бактерии рода *Azospirillum* – PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) микроорганизмы, стимулирующие рост растений за счет ряда положительных [Saeed et al., 2022; Bhattacharyya, 2012]. Интерес к штамму *A. brasilense* Sp7 обусловлен тем, что он относится к наиболее изученному виду азоспирилл. Образование азотфиксирующих систем, подобно, как и любых других биологических межклеточных взаимодействий, согласно современным представлениям, включает функционирование углеводсвязывающих белков – лектинов. Было показано, что инициация взаимодействия бактерий с корнями происходит по принципу лиганд-рецепторного взаимодействия. Установлено, что со стороны азоспирилл в этом процессе, в числе других факторов, участвуют лектины, находящиеся на поверхности клетки [Никитина и др., 2005]. С поверхности бактерий *A. brasilense*

Sp7 был выделен лектин, являющийся гликопротеином. Было показано, что лектин азоспирилл является полифункциональной молекулой [Никитина и др., 2005].

Изучению роли микроорганизмов в облегчении абиотических стрессов для растений уделяется большое внимание в последние несколько десятилетий [Takahashi et al., 2020]. Микробы с их потенциальными внутренними метаболическими и генетическими способностями способствуют нивелированию воздействия абиотических стрессов для растений. Частичное или полное замещение агрохимикатов препаратами симбиотических или ассоциативных микроорганизмов является одним из основных способов достижения цели – создание экологически устойчивых сельскохозяйственных систем [Souza et al., 2015; Аленькина с соавт., 2019, 2020]. Почвенные микроорганизмы могут оказывать положительные эффекты на рост и питание растений.

Солевой стресс является распространенным неблагоприятным фактором окружающей среды, который, ухудшая условия питания растений, приводит к замедлению развития, в результате чего существенно снижается продуктивность растений [Oguz et al., 2022]. В настоящее время большое внимание уделяется разработке экологически устойчивых систем земледелия, в которых продуктивность растений обеспечивается за счет использования их биологических возможностей, с минимальным использованием экологически опасных агрохимикатов - минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста. Почвенные микроорганизмы могут оказывать положительное влияние на рост и питание растений.

В данной работе мы предположили, что лектины могут оказывать дозозависимое влияние на устойчивость пшеницы в условиях солевого стресса. Цель работы заключалась в оценке способности лектина *A. brasilense* Sp7 оказывать воздействие на содержание аскорбата в корнях проростков пшеницы при воздействии смоделированного засоления.

Исследовали штамм азотфиксирующих ассоциативных бактерий рода *Azospirillum* – *A. brasilense* Sp7 из коллекции микроорганизмов ИБФРМ РАН (<http://collection.ibppm.ru>). Выделение лектина с поверхности клеток бактерий проводили как было описано ранее [Alen'kina et al., 2014].

В экспериментах использовали корни четырехдневных проростков семени пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта «Саратовская 29». Они были получены из поверхностно стерилизованных и выращенных в асептических условиях в чашках Петри на дистиллированной воде в темноте при 25°C. Для изучения влияния стресса, корни в течение двух часов подвергали совместному воздействию лектина (концентрация 5-40 мкг/мл) и 5 % сахарозы. В качестве контроля выступали корни проростков, выращенные при 25°C.

Для количественного определения восстановленного аскорбата к 200 мкл нейтрализованного экстракта приливали 100 мкл дистиллированной воды. Затем добавляли 200 мкл 10% ТХУ, 200 мкл 44% фосфорной кислоты, 200 мкл 4% 2,2'-дипиридила и 100 мкл 3% раствора FeCl₃. Контрольная проба вместо экстракта

содержала разбавленный К-На фосфатный буфер (рН 7.4) и была обработана так же, как и опытные образцы. Спектрофотометрический анализ проб проводили при длине волны 524 нм [Nakano et al., 1981].

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) с помощью пакета программ «AGROS» для статистического анализа. Объем выборки $n=3$.

В результате проведенных нами опытов было установлено, что в условиях, имитирующих солевой стресс, содержание изучаемого антиоксиданта после экспонирования корней проростков в растворах лектина вышеуказанных концентраций приводило к увеличению содержания антиоксиданта в корнях. Наибольшее увеличение происходило после 15-минутной инкубации лектина в концентрации 20 мкг/мл с корнями проростков. Увеличение составило 50% по сравнению с контролем. В контрольном варианте уровень аскорбата составлял 0.6 ммоль/г сырой массы.

Результаты настоящей работы продемонстрировали участие лектина азоспирилл в повышении способности растений переносить воздействие абиотических факторов, развивая биохимические реакции, направленные на усиление устойчивости растения. Концентрационные различия, при которых лектин проявлял эффект, вероятно, связаны с влиянием изучаемых неблагоприятных факторов на процесс связывания лектина с рецепторами на корнях. Полученные данные свидетельствуют о сложном характере регуляции роста, который находит отражение в сложных концентрационных эффектах. Концентрационные зависимости могут способствовать возникновению высокой физиологической гетерогенности даже при небольших естественных вариациях концентрации. В связи с этим изучение концентрационных зависимостей достаточно актуально для понимания процессов, происходящих при адаптации растений к условиям окружающей среды, а также и при практическом использовании таких регуляторов роста, как лектины.

Список литературы

1. Saeed Q., Xiukang W., Haider F.U., Kučerik J., Mumtaz M.Z., Holatko J., Naseem M., Kintl A., Ejaz M., Naveed M., Brtnicky M., Mustafa A. Rhizosphere Bacteria in Plant Growth Promotion, Biocontrol, and Bioremediation of Contaminated Sites: A Comprehensive Review of Effects and Mechanisms // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. V. 22. P. 10529
2. Bhattacharyya P.N., Jha D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2012. V. 28. P. 1327–1350.
3. Никитина В.Е., Пономарева Е.Г., Аленькина С.А. Лектины клеточной поверхности азоспирилл и их роль в ассоциативных взаимоотношениях с растениями // *Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В.В. Игнатова.* - М.: Наука, 2005. С. 70–97.

4. Takahashi F., Kuromori T., Urano K., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. Drought Stress Responses and Resistance in Plants: From Cellular Responses to Long-Distance Intercellular Communication // *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. P. 556972.
5. Oguz M.C., Aycan M. Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages // *Physiologia*. 2022. V. 2. P. 180–197.
6. Puente M.L., Gualpa G.L., Lopez G.A., Molina R.M., Carletti S.M., Cassán F.D. The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model // *Symbiosis*. 2018. V. 76. P. 41–49.
7. Nag P., Shriti S., Das S. Microbiological strategies for enhancing biological nitrogen fixation in nonlegumes. // *Journal of Applied Microbiology*. 2020. V. 129. P. 186–198.
8. Souza R.D., Ambrosini A., Passaglia L.M.P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils // *Genet. Mol. Biol.* 2015. V. 38. P. 401–419.
9. Аленькина С.А., Федорова А.Г., Никитина В.Е. Влияние лектинов азоспирилл на содержание аскорбата в корнях проростков пшеницы при абиотических стрессах. // *Аграрные конференции*. 2019. В. 14(2). С. 1–13.
10. Аленькина С.А., Никитина В.Е. Влияние лектинов азоспирилл на активность аскорбатпероксидазы и содержание аскорбиновой кислоты в корнях проростков пшеницы при абиотических стрессах // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2020. Т. 56. № 2. С.174–181.
11. Oguz M.C., Aycan M. Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages // *Physiologia*. 2022. V. 2. P. 180–197.
12. Alen'kina S.A., Bogatyrev V.A., Matora L.Yu., Sokolova M.K., Chernysheva M.P., Trutneva K.A., Nikitina V.E. Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial–plant root interactions. // *Plant Soil*. 2014. V. 381. P. 337–349.

© Аленькина С.А., Купряшина М.А., 2026

Научная статья

УДК 579.64:631.559: 633.11

А.А. Беляева¹, О.В. Ткаченко¹, Г.Л. Бурыгин^{1,2}

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», г. Саратов, Россия

ВЛИЯНИЕ РИЗОБАКТЕРИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ И УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ САРАТОВСКОГО ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ

Аннотация. В статье рассматривается эффект инокуляции штаммами ризобактерий на формирование биомассы и урожайности озимой мягкой пшеницы. Установлена эффективная кратность обработки озимой пшеницы штаммами ризосферных бактерий и влияние отдельных штаммов на формирование продуктивности озимой мягкой пшеницы. Максимальное накопление сухой биомассы наблюдалось к фазе восковой спелости растений. При инокуляции семян выход биомассы составлял 79,9-83,9%, при инокуляции семян и растений – 83,1-84,8%, что превышает контроль на 11-13%. Высокие показатели урожайности получены в опыте с обработкой семян (5,56-5,95 т/га) и при применении обработок семян и растений (5,77-6,36 т/га).

Ключевые слова: ризобактерии, озимая мягкая пшеница, урожайность, инокуляция, биомасса

A.A. Belyaeva¹, O.V. Tkachenko¹, G. L. Burygin^{1,2}

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

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, FRC SRC RAS, Saratov

THE INFLUENCE OF RHIZOBACTERIA ON THE FORMATION OF BIOMASS AND YIELD OF WINTER WHEAT IN DARK CHESTNUT SOILS OF THE LEFT BANK OF SARATOV

Abstract. The article considers the effect of inoculation with rhizobacteria strains on the formation of biomass and yield of winter soft wheat. The effective frequency of treating winter wheat with rhizospheric bacterial strains and the influence of individual strains on the formation of winter soft wheat productivity were established. The maximum accumulation of dry biomass was observed by the waxy ripeness phase of plants. With seed inoculation, the biomass yield was 79.9-83.9%, with seed and plant inoculation - 83.1-84.8%, which exceeds the control by 11-13%. High yield indicators were obtained in the experiment with seed treatment (5.56-5.95 t/ha) and with the use of seed and plant treatments (5.77-6.36 t/ha).

Key words: rhizobacteria, winter soft wheat, yield, inoculation, biomass

Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из самых распространенных и требовательных культур к почвенному плодородию и уровню обеспеченности азотом и фосфором [1]. По данным Тихоновича И.А. с соавторами препараты на основе PGPR позволяют не только обогащать растения и почву азотом, но обладают способностью к мобилизации фосфора и стимулированию естественного иммунитета у растений к стрессовым факторам биоты [2, 4]. Кроме того, ризобактерии напрямую воздействуют на корни растений биологически активными веществами фитогормонами, что приводит к повышению энергии прорастания, всхожести семян и как следствие прибавки урожая [2, 3, 4]. Применение препаратов этого класса приводит к увеличению продуктивности, а также антистрессовому эффекту в отношении биотических и

абиотических факторов среды [1, 2]. Ассоциативные микросимбионты могут быть использованы для оптимизации экологически безопасных технологий производства озимой мягкой пшеницы в системе органического земледелия [1, 5, 6].

Целью исследования являлось изучение эффекта инокуляции семян и растений озимой мягкой пшеницы штаммами ассоциативных ризобактерий различных таксономических групп на формирование биомассы и урожайность культуры в условиях Левобережья Саратовской области.

Исследования проводили на опытном поле УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет, расположенном в Энгельсском районе Саратовской области (координаты местоположения участка 51.114308, 46.024267).

Объекты исследований: сорт озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Новоершовская и штаммы ризосферных бактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *Azospirillum brasilense* Sp7, *Azospirillum brasilense* SR80, *Azospirillum brasilense* SR88, *Azospirillum brasilense* Cd, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 и *Enterobacter ludwigii* K7, полученные 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>).

В полевых исследованиях проведены следующие обработки: 1 обработка – инокуляция семян суспензией штаммов ризосферных бактерий; 2 обработки – инокуляция семян и обработка растений в фазу кущения суспензией штаммов ризосферных бактерий. Содержание бактерий в суспензии 10^8 клеток в мл.

Анализ динамики накопления сухого вещества показал, что темпы формирования биомассы существенно возрастают к фазе восковой спелости, при этом накапливается более 70% сухой массы от общего урожая. Инокуляция семян и обработка растений штаммами ризосферных бактерий дают существенную прибавку биомассы растений.

По данным исследований наблюдалась следующая закономерность накопления сухого вещества растений. До фазы цветения в вариантах с обработкой штаммами накапливается 29,8-39,6% сухой массы растений. К фазе молочной спелости – более 60%, превышая контроль на 4-16%. К фазе восковой спелости практически все изучаемые штаммы привели к накоплению более 80% сухого вещества. Максимально к этому времени накапливает сухую биомассу растений с 1 обработкой *A. brasilense* SR 88 – 83,9%, что превышает контроль на 14%. При применении 2 обработок можно выделить штамм *A. brasilense* Sp 7 – 84,8%, что превышает контроль на 13%.

Урожайность озимой мягкой пшеницы по вариантам варьировала от 4,02 до 6,36 т/га. Наши наблюдения показали, что во всех вариантах с применением штаммов ризосферных бактерий, кроме *A. brasilense* SR 80 урожайность значительно превышала контроль. Высокие показатели урожайности получены в опыте с 1 обработкой в вариантах со штаммами *A. baldaniorum* Sp 245, *A. brasilense* SR 80, *A. brasilense* SR 88, *E. ludwigii* K 7 и соответственно составляла

5,92, 5,95, 5,75 и 5,56 т/га. При применении двух обработок в этих же вариантах получены высокие показатели урожайности, которые составили соответственно 6,21, 6,36, 5,78 и 5,77 т/га.

Таким образом, выход биомассы при инокуляции только семян и с применением двух обработок (семян и растений) в вариантах составлял 83,9% и 84,8%, что превышает контроль на 13-14%. При инокуляции семян выход биомассы составлял 79,9-83,9%, при инокуляции семян и растений – 83,1-84,8%, что превышает контроль на 11-13%. Высокие показатели урожайности получены в опыте с обработкой семян (5,56-5,95 т/га) и при применении обработок семян и растений (5,77-6,36 т/га). По данным дисперсионного анализа применение двух обработок в посевах озимой пшеницы наиболее эффективно, в сравнении с одной обработкой.

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. 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.

3. Роль ризобактерий в формировании фотосинтетического аппарата и продуктивности озимой пшеницы в условиях Левобережья Саратовской области /А.А. Беляева [и др.] //Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 15–18.

4. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Симбиоз растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2009. – 210 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. Vejan, P. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review/ P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail, A. Nasrulhaq Boyce// Molecules. – 2016. – Vol.21. – P. 1-17.

© Беляева А.А., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л., 2026

В.А. Бобров¹, О.В. Ткаченко¹, Г.Л. Бурыгин^{1,2}

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», г. Саратов, Россия

АНАЛИЗ IN SILICO ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ГЕНОВ СИМБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОИ

Аннотация. Представлен анализ полиморфизма генов симбиоза сои с использованием данных аннотации VEP и ресурсов SoyBase. Рассмотрены гены сигнального пути, регуляции и метаболизма, принимающие участие в распознавании Nod-факторов, передаче симбиотического сигнала, формировании клубеньков и ограничении несовместимых взаимодействий. Для каждого гена проанализировано распределение вариантов нуклеотидных замен по функциональным категориям, включая upstream-, downstream-, intron-, 5'UTR-, 3'UTR-, synonymous- и missense-варианты. Установлено, что наибольшее число интронных замен отмечено для гена *POLLUX*, тогда как миссенс-замены выявлены у *NSP1*, *RJ2*, *IFS1* и *IFS2*, что позволяет рассматривать их как потенциально функционально значимые маркеры.

Ключевые слова: соя, симбиоз, азотфиксация, гены симбиоза, SNP, VEP, полиморфизм

V.A. Bobrov, O.V. Tkachenko¹, G. L. Burygin^{1,2}

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

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, FRC SRC RAS, Saratov

IN SILICO ANALYSIS OF VARIABILITY IN GENES ASSOCIATED WITH SOYBEAN SYMBIOTIC ACTIVITY

Abstract. The study presents an analysis of polymorphism in soybean symbiosis-related genes using VEP Abstract data and SoyBase resources. Genes involved in signaling pathways, regulation, and metabolism participating in Nod factor recognition, transmission of symbiotic signals, nodule formation, and restriction of incompatible interactions were examined. For each gene, the distribution of variants across functional categories was analyzed, including upstream, downstream, intron, 5'UTR, 3'UTR, synonymous, and missense variants. It was found that the highest number of intronic substitutions was observed in the *POLLUX* gene, whereas missense variants were identified in *NSP1*, *RJ2*, *IFS1*, and *IFS2*, suggesting their potential functional significance as molecular markers.

Key words: soybean, symbiosis, nitrogen fixation, symbiosis genes, SNP, VEP, polymorphism

Введение. Симбиотическая фиксация атмосферного азота имеет принципиальное значение для повышения устойчивости агроценозов и снижения потребности в минеральных азотных удобрениях. Для сои особую роль играет не только способность к образованию клубеньков, но и генетически обусловленная эффективность взаимодействия с определёнными штаммами ризобий. Формирование симбиоза представляет собой многоэтапный процесс, включающий распознавание Nod-факторов, запуск кальциевого сигналинга, активацию транскрипционных регуляторов и последующее развитие клубенька [1,2]. Нарушение любой из этих стадий вследствие функционально значимого полиморфизма может снижать уровень азотфиксации и продуктивность растений. *In silico*-анализ позволяет проводить аннотацию генетических вариантов, оценку консервативности последовательностей и моделирование пространственной структуры белков, что активно используется в последние годы для определения функциональной значимости мутаций [3,4].

Цель исследования. Целью настоящего исследования является анализ генетической вариабельности генов симбиотической активности сои (*Glycine max*) на основе данных VEP с последующей идентификацией функционально значимых полиморфизмов и оценкой их влияния на структуру и функцию белков методами *in silico*.

Материалы и методы. В работе использовали результаты аннотации полиморфных вариантов, полученные на основе анализа 1007 генотипов сои (*Glycine max*), включающих культурные сорта и линии различного географического происхождения, представленных в базе данных SoyBase с применением инструмента VariantEffectPredictor (VEP) [5,6]. Первичным материалом служили данные о нуклеотидном полиморфизме, которые в дальнейшем были классифицированы по функциональным последствиям для генома и кодирующих последовательностей. Для каждого выявленного варианта определяли его принадлежность к одной из категорий аннотации, включая *upstream_variant*, *downstream_variant*, *intron_variant*, *splice_polypyrimidine_tract_variant*, *5'UTR_variant*, *3'UTR_variant*, *synonymous_variant* и *missense_variant*. На следующем этапе была выполнена сводная интерпретация полученных данных по 15 ключевым генам симбиотической системы сои: *NFR5*, *NFR1*, *SYMRK*, *CASTOR*, *POLLUX*, *CCaMK*, *CYCLOPS*, *NSP1*, *NSP2*, *NARK*, *RJ2*, *ENOD9*, *IFS1*, *IFS2* и *CHS*. Для каждого, из указанных генов, учитывали предполагаемую биологическую функцию, хромосомную локализацию, ориентировочные размеры гена и белка (Таблица 1), а также распределение вариантов по основным функциональным категориям. Итоговые данные были систематизированы для последующего сравнительного анализа и оценки потенциальной функциональной значимости выявленного полиморфизма.

Результаты и обсуждение. Анализ нуклеотидных последовательностей генов показал, что распределение вариантов замен оказалось неравномерным в разных генах.

Гены *NSP1*, *NSP2*, *RJ2*, *IFS1* характеризуются наличием upstream- и downstream-вариантов нуклеотидных замен, а также единичных замен в интронах и сплайсинговых участках, что может отражаться преимущественно на регуляции экспрессии генов, но не на структуре белков (Таблица 2). Для гена *SYMRK* также отмечены варианты нуклеотидных замен в некодирующих областях, в том числе интронные и 3'UTR-замены. У гена *POLLUX* выявлено наибольшее число интронных вариантов, что может быть связано с особенностями его геномной организации и требует дополнительной оценки возможного влияния на сплайсинг или экспрессию. У гена *CCaMK* также зарегистрирован заметный объем интронных замен. В генах *CASTOR*, *NARK* и *ENOD9* функционально значимых кодирующих замен в анализируемой выборке не обнаружено, что может указывать на их большую консервативность (Таблица 2).

Таблица 1 – Характеристика генов симбиоза сои

Ген	Локализация(хромосома)	Размер гена (п. н.)	Функция	Размер белка(а. к.)
<i>NFR5</i>	11	~3000	LysM-RLK (Рецептор Nod-факторов)	600
<i>NFR1</i>	2	~3200	LysM-RLK (Рецептор Nod-факторов)	600
<i>SYMRK</i>	1	~4500	RLK (Рецепторная киназа симбиоза)	620
<i>CASTOR</i>	10	~3000	Мембранный ионный канал	700
<i>POLLUX</i>	10	~3200	Мембранный ионный канал	700
<i>CCaMK</i>	15	~2500	Серин /Треонинкиназа (Кальций/Кальмодулинзависимая киназа)	520
<i>CYCLOPS</i>	9	~1800	TF (Транскрипционный регулятор симбиоза)	350
<i>NSP1</i>	3	~2500	GRAS TF (Транскрипционный фактор семейства GRAS)	542
<i>NSP2</i>	19	~2700	GRAS TF (Транскрипционный фактор семейства GRAS)	540
<i>NARK</i>	12	~5500	LRR-RLK (Лейцин-богатая рецептор-подобная киназа, отвечающая за ограничение симбиоза (иммунный ответ))	960
<i>RJ2</i>	16	~6000	TIR-NBS-LRR (Иммунный рецепторный белок, отвечающий за ограничение симбиоза (совместимость со штаммами))	1000
<i>ENOD9</i>	6	~1500	Nodulin (Ранний белок клубенька)	300
<i>IFS1</i>	7	~1800	Cytochrome P450 (Синтез изофлавоноидов)	521
<i>IFS2</i>	13	~1800	Cytochrome P450 (Синтез изофлавоноидов)	520
<i>CHS</i>	8	~1200	Chalcone Synthase (Синтез флавоноидов)	390

Представленные данные позволяют сопоставить структурно-функциональные характеристики каждого гена с профилем обнаруженного

полиморфизма. Наиболее интересными в практическом отношении являются гены, у которых одновременно присутствуют замены в регуляторных и кодирующих областях. В рассматриваемой выборке генов к таким в первую очередь относятся *NSP1*, *RJ2* и *IFS1*. Для *NSP1* зафиксировано сочетание downstream-, synonymous- и missense-замен, что указывает на потенциальное влияние как на структуру белка, так и на особенности его экспрессии. Для *RJ2* характерно сравнительно высокое количество downstream-вариантов при наличии миссенс-замены, что согласуется с его значением в ограничении симбиоза и совместимости со штаммами. Для *IFS1* отмечены upstream- и downstream-варианты в сочетании с missense- и synonymous-заменами, что позволяет рассматривать данный ген как значимый кандидат для дальнейшего функционального анализа. Напротив, отсутствие кодирующих замен у некоторых консервативных генов может свидетельствовать о более жёстком отборе, направленном на сохранение их функции в симбиотическом процессе.

Таблица 2 – Распределение вариантов замены нуклеотидов в генах

Ген	Перед геном	После гена	Ин-трон	Сплайсинг: полипиримидиновый тракт	5'-UTR	3'-UTR	Синонимичная замена	Миссенс	Всех замен
<i>NFR5</i>	5	3	0	0	0	1	0	0	9
<i>NFR1</i>	3	2	1	1	0	0	0	0	7
<i>SYMRK</i>	0	2	1	0	0	1	0	0	4
<i>CASTOR</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>POLLUX</i>	1	0	54	0	0	0	6	0	61
<i>CCaMK</i>	2	1	7	0	0	0	0	0	10
<i>CYCLOPS</i>	0	4	2	0	0	0	0	0	6
<i>NSP1</i>	1	7	0	0	0	0	1	5	14
<i>NSP2</i>	0	6	0	0	0	0	1	1	8
<i>NARK</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>RJ2</i>	4	12	1	0	0	0	0	1	18
<i>ENOD9</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>IFS1</i>	11	7	0	0	0	0	1	1	20
<i>IFS2</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>CHS</i>	4	1	0	0	2	0	2	0	9
Итого	34	46	66	1	2	2	11	8	170

Примечание – Число вариантов приведено по результатам аннотации VEP; суммарный показатель рассчитан как сумма всех учтённых функциональных категорий для каждого гена.

Заключение. Таким образом, *insilico*-анализ ключевых генов симбиоза сои показал, что полиморфизм нуклеотидных замен распределён в них неравномерно и затрагивает как регуляторные, так и кодирующие области. Наиболее выраженный интронный полиморфизм отмечен у гена *POLLUX*, тогда как функционально наиболее интересные миссенс-варианты выявлены у *NSP1*, *RJ2*, *IFS1* и *IFS2*. Эти данные подтверждают перспективность использования указанных генов в качестве молекулярных маркеров при отборе генотипов сои с повышенной эффективностью симбиотической азотфиксации.

Работа выполнена по государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №.1025120800043-6-4.1.6.

Список литературы

1. Oldroyd G.E.D., Murray J.D., Poole P.S., Downie J.A. The rules of engagement in the legume–rhizobial symbiosis. *Annual Review of Genetics*, 2011, 45:119–144.
2. Soyano T., Hirakawa H., Sato S., Hayashi M., Kawaguchi M. Nodule inception directly targets NF-Y subunit genes to regulate essential processes of root nodule development in *Lotus japonicus*. *PLoS Genetics*, 2013, 9(3): e1003352.
3. McLaren W., Gil L., Hunt S.E. et al. The Ensembl Variant Effect Predictor. *Genome Biology*, 2016, 17:122.
4. Jumper J., Evans R., Pritzel A. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 2021, 596:583–589.
5. <https://soybase.org/snps/>
6. <https://www.ensembl.org/info/docs/tools/vep/index.html>

© В.А. Бобров, О.В. Ткаченко, Г.Л. Бурыгин, 2026

Научная статья
УДК 631.524.86

И.В. Борисов,^{1,2} С.Н. Сибикеев,¹ А.Е. Дружин,¹ З.Е. Фитилева,¹ Е.Е. Костина^{1,3}

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока» (ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»), г. Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» (ИБФРМ РАН), г. Саратов, Россия

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАРКЕР-АССОЦИИРОВАННОЙ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМБИНАЦИЙ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ВОЗБУДИТЕЛЮ ЛИСТОВОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ У МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы пребридинга мягкой пшеницы с привлечением методов маркер-ассоциированной селекции для комбинирования устойчивости к возбудителю листовой ржавчины по генам

Lr19, Lr51, Lr 6Agi, Lr 24 и стеблевой ржавчины *Sr24*.

Ключевые слова. Маркер-ассоциированная селекция, мягкая пшеница, устойчивость к возбудителям листовой и стеблевой ржавчин.

I.V. Borisov,^{1,2} S.N. Sibikeev,¹ A.E. Druzhin,¹ Z.E. Fitileva,¹ E.E. Kostina^{1,3}

¹Federal Agricultural Research Center for Southeast Regions, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov, Russia

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov», Saratov, Russia

APPLICATION OF MARKER-ASSOCIATED BREEDING TO OBTAIN PROMISING COMBINATIONS OF GENES FOR RESISTANCE TO THE CAUSATIVE AGENT OF LEAF AND STEM RUST IN BROAD WHEAT

Abstract. This article examines the potential of prebreeding common wheat using marker-assisted selection methods for resistance to leaf rust pathogens targeting the *Lr19*, *Lr51*, and *Lr24* genes, and stem rust pathogens targeting the *Sr24* genes.

Key words: Marker-assisted selection, broad wheat, resistance to leaf and stem rust pathogens.

Пшеница остается важнейшей культурой, на которую приходится свыше 27% всего мирового производства зерна. При этом поражение пшеницы грибами *Puccinia triticina* носит глобальный характер и ежегодно уносит до 4-6%, а в годы эпифитотий по этим возбудителям, и до 50-70% урожая [1]. Наиболее экономически и экологически выгодным методом противостояния росту заболеваемости пшеницы грибными патогенами является создание сортов с генетической устойчивостью к ним. Но это запускает механизм эволюции патогена по преодолению устойчивости, скорость подобной эволюции на преодоление прямо зависит от площадей, занимаемых устойчивым сортом (генотипом), и при широком распространении даже самые эффективные одиночные гены преодолеваются за два-три года коммерческого использования при высоком фитопатогенном фоне [2]. Выходом из данной ситуации должно стать комбинирование нескольких различных генетических детерминант устойчивости внутри одного сорта (генотипа), именно решение данного вопроса является предметом рассмотрения данной статьи.

Материалы и методы. В работе были использованы сорта и линии пшеницы: сорт Фаворит (с замещением $6Ag^i(6D)$ от *Agropyron intermedium*, несущий гены устойчивости к листовой ржавчине *Lr6Agi* и мучнистой росе *Pm6Agi*) [3], почти изогенная линия сорта Тетчер, несущая гены устойчивости *Lr24/Sr24*) [4], сорт Добрыня (несущий транслокацию $7DS-7DL-7Ae\#1L$ из *Agropyron elongatum* ($2n=70$) содержащий гены *Lr19/Sr25*) [5], линия-аналог яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 68 - Л6 = Саратовская 68 / F-7-3 *3//Саратовская 68, несущие $T1BS.1BL-1S\#F7L-1BL$ транслокацию содержащую ген *Lr51* (Сибикеев С.Н. неопубликованные данные). Процесс выделения ДНК

осуществляли из высечек листьев пшеницы СТАВ-методом с модификациями [6]. Для анализа генов *Lr24/Sr24* использовали маркер STS Sr24#12 [7]. Анализ *Lr19* проводили с использованием SCAR маркера SCS253 [8]. Наличие гена *Lr51* подтверждали с помощью CAPS маркера AGA7-759R [9]. Амплификацию проводили на приборе Tianlong Genesy 96T при условиях и использовании программ рекомендованных авторами [7, 8, 9]. Визуализацию продуктов амплификации выполняли с помощью электрофореза в 2% агарозном геле.

Для создания перспективной комбинации генов устойчивости к листовой ржавчине было проведено скрещивание сорта Фаворит (*Lr6Agi/Pm6Agi*) и линии сорта Тэтчер с генами *Lr24/Sr24* с дальнейшим беккросированием на сорт Фаворит. На данный момент получены линии Фаворит/*TcLr24*4*//Фаворит. На каждом этапе беккросинга проводили контроль на наличие гена *Lr24* (рис. 1). Так как гены *Lr24* и *Sr24* тесно сцеплены, то тестирование проводили с использованием маркера STS Sr24#12.

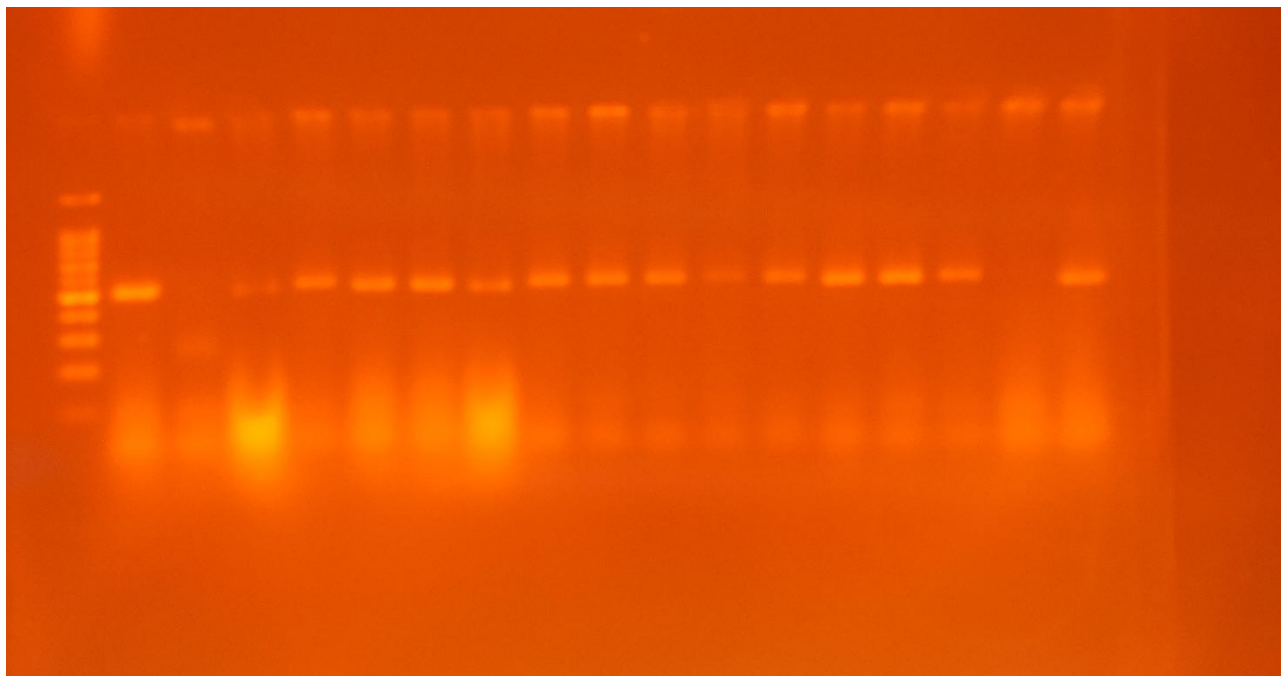


Рисунок 1. Визуализация маркера STS Sr24#12. Дорожка 1 маркер длин ДНК, 100 п.н. (Евроген), дорожка 2 линия сорта Тэтчер *Lr24* (положительный контроль), дорожка 3 сорт Фаворит (отрицательный контроль), дорожки 4-18 исследуемые образцы Фаворит/*TcLr24*4*//Фаворит (дорожка 17 – образец утративший при скрещивании *Lr24* и исключенный из дальнейшей работы).

Для создания следующей перспективной комбинации генов устойчивости скрещивали сорт Добрыня (*Lr19/Sr25* - транслокация 7DS-7DL-7Ae#1L из *Agropyron elongatum*) с ранее полученной линией Л6 (линия-аналог яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 68 обладающая транслокацией T1BS.1BL-1S#F7L-1BL несущей *Lr51* (Сибикеев С.Н. неопубликованные данные). В дальнейшем проводили беккросирование с Добрыней (Добрыня/Л6(*Lr51*)//Добрыня). На этапе скрещивания и беккросирования наличие в геноме *Lr19/Sr25* и *Lr51* подтверждали ПЦР-анализом с

использованием маркеров SCAR маркера SCS253 (рис.2) и AGA7-759R (рис. 3)

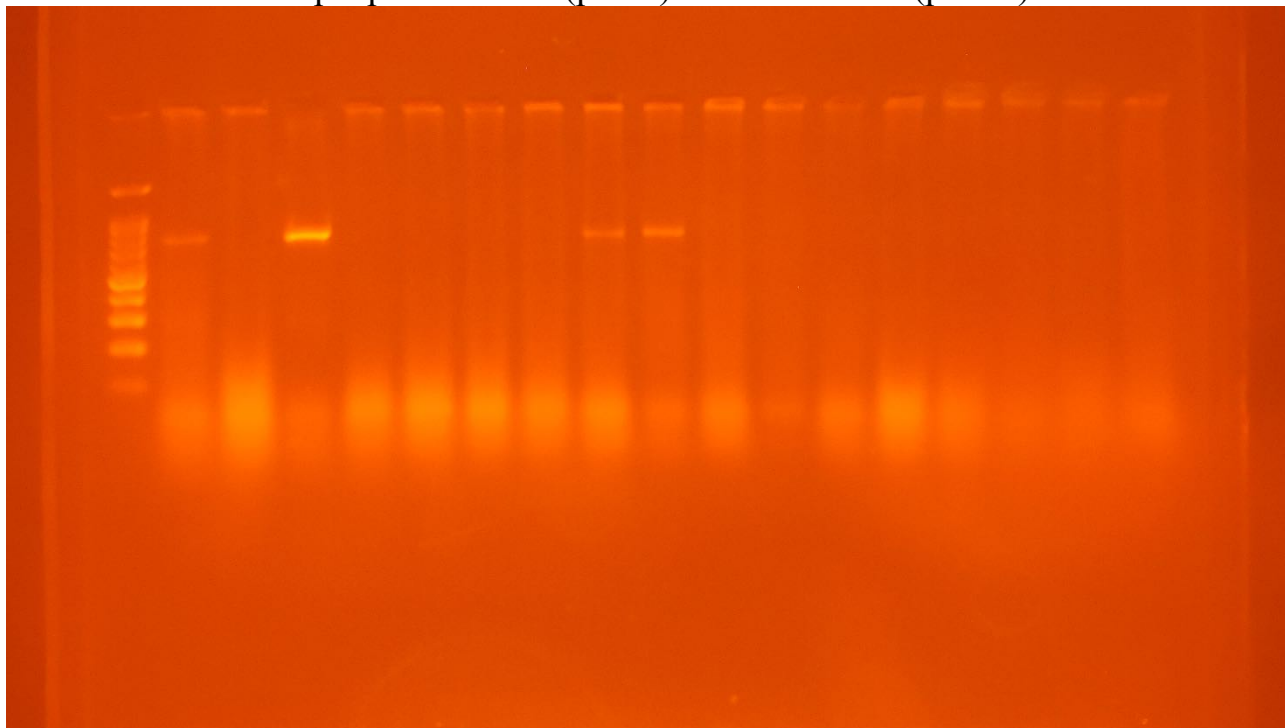


Рисунок 2. Визуализация маркера SCAR маркера SCS253. Дорожка 1 маркер длин ДНК, 100 п.н. (Евроген), дорожка 2 сорт Саратовская 68 (отрицательный контроль, выделение ДНК из высечки листа), дорожка 3 сорт Добрыня (положительный контроль), дорожка 4 сорт Саратовская 68 (отрицательный контроль, выделение ДНК из проростка), дорожки 5-18 исследуемые образцы Добрыня/Л6(*Lr51*)//Добрыня (дорожки 9-10 – образцы утратившие при скрещивании *Lr19* и исключенные из дальнейшей работы). В данном случае анализа наличие ампликона указывает на отсутствие участка транслокации и свидетельствует об отсутствии *Lr19*.

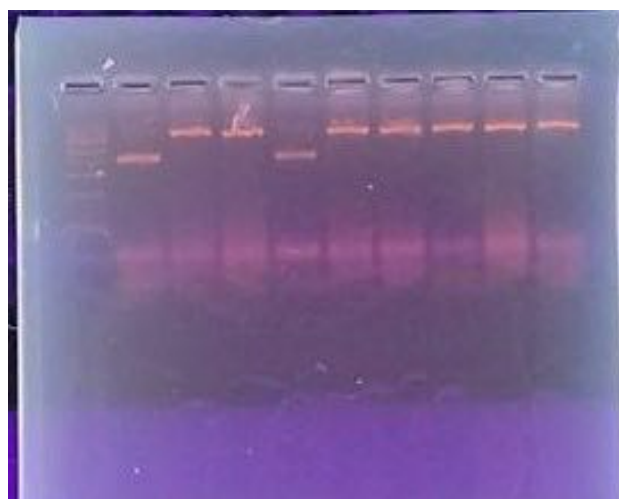


Рисунок 3. Визуализация маркера CAPS маркера AGA7-759R. Дорожка 1 маркер длин ДНК, 100 п.н. (Евроген), дорожка 2 продукт рестрикции эндонуклеазой *PstI* ампликона ДНК Л6 (положительный контроль), дорожка 3 продукт рестрикции эндонуклеазой *PstI* ампликона ДНК сорта Добрыня (отрицательный контроль), дорожки 4-10 исследуемые образцы

Добрыня/Л6(*Lr51*)//Добрыня (дорожки 4, 6-10 – образцы утратившие при скрещивании *Lr51* и исключенные из дальнейшей работы).

Таким образом, используя методы маркер-ассоциированной селекции, нам удалось получить перспективные комбинации генов устойчивости к фитопатогенам: (*Lr6Agi*, *Pm6Agi*, *Lr24/Sr24*) и (*Lr19/Sr25*, *Lr51*), которые могут быть использованы в дальнейшем селекционном процессе. Особую ценность использования методов маркер-ассоциированной селекции в данном контексте добавляет то, что при комбинировании различных генов устойчивости к фитопатогенам невозможно проведение теста на наличие одного конкретного гена путем традиционного тестирования на вирулентность патогена – перекрестная защита от различных генов нивелирует эффект фитопатогена. В таком случае отслеживание наличия необходимых генов становится доступным только методами молекулярно-генетического анализа.

Список литературы

1. Дымченко А.М., Назарова Л.Н., Жемчужина А.И. Перспективные и районированные сорта озимой пшеницы с разной устойчивости к бурой ржавчине // Селекция и семеноводство. 1990. Вып. 5. С. 16-18.
 2. Крупнов В.А. Стратегия генетической защиты пшеницы от листовой ржавчины в Поволжье // Вестн. РАСХН. 1997. Вып. 6. С. 12-15.
 3. https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/favorit-pshenitsa-myagkaya-yarovaya-9553510/?sphrase_id=1704542
 4. grainsgenes.org/GG3/wgc, дата обращения 11 февраля 2026 г.
 5. Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Андреева Л.В. Анализ влияния комбинации 7DS-7DL-7AE#1L + 1BL-1RS транслокаций на продуктивность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // Успехи современного естествознания. 2018. № 6. С. 49-53.
 6. Doyle J.J., Doyle J.L. A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue // Phytochemical Bulletin. 1987. Vol. 19. P. 11-15.
 7. Mago R., Bariana H.S., Dundas I.S., Spielmeier W., Lawrence G.J., Pryor A.J., Ellis J.G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes *Sr24* and *Sr26* in diverse wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111. P. 496-504. DOI: 10.1007/s00122-005-2039-z
 8. Gupta S.K., Charpe A., Prabhu K.V., Haque Q.M. Identification and validation of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene *Lr19* in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 113. P. 1027-1036. doi:10.1007/s00122-006-0362-7
 9. Helguera M., Vanzetti L., Soria M., Khan I.A., Kolmer J., Dubcovsky J. PCR markers for *Triticum speltoides* leaf rust resistance gene *Lr51* and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // Crop Science. 2005. Vol. 45. P. 728-734. DOI: 10.2135/cropsci2005.0728
- © Борисов И.В., Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Фитилева З.Е., Костина Е.Е.

О. А. Генералова, В. Н. Акинина, Т. И. Дьячук, В. П. Куликова, О. В. Хомякова, С. В. Жилин, Э. В. Калашникова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов,
Россия

АССОЦИАЦИЯ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНА *Vp-1B* С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ПРЕДУБОРОЧНОМУ ПРОРАСТАНИЮ ЗЕРНА У СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Аннотация. Методом ПЦР с STS-маркером *Vp-1B3* проведено генотипирование 18 селекционных линий озимого тритикале по локусу *Vp-1B*. Идентифицированы аллели *Vp-1Bc* (44,4%), *Vp-1Bd* (27,8%), *Vp-1Ba* (22,2%) и гетерозигота *Vp-1Ba/d* (5,6%). Установлена достоверная отрицательная корреляция между наличием аллеля *Vp-1Bc* и индексом прорастания ($r = -0,651^{**}$). Носители *Vp-1Bc* характеризовались минимальным индексом прорастания ($0,013 \pm 0,015$), что достоверно ниже, чем у линий с другими аллелями ($0,291 \pm 0,172$). Результаты подтверждают перспективность использования *Vp-1Bc* в качестве маркера при селекции тритикале на устойчивость к предуборочному прорастанию.

Ключевые слова: озимое тритикале, предуборочное прорастание, селекционные линии, *Vp-1B*, индекс прорастания, маркер-ориентированная селекция.

O. A. Generalova, V. N. Akinina, T. I. Djachuk, V. P. Kulikova, O. V. Khomyakova, S. V. Zhilin, E. V. Kalashnikova

Federal State Budgetary Scientific Organization «Federal Center of Agricultural Research of the South East Region», Saratov, Russian Federation

ASSOCIATION OF *Vp-1B* GENE ALLELES WITH PRE-HARVEST SPROUTING RESISTANCE IN BREEDING LINES OF WINTER TRITICALE

Abstract. Using PCR with the STS marker *Vp-1B3*, 18 breeding lines of winter triticales were genotyped at the *Vp-1B* locus. The alleles *Vp-1Bc* (44.4%), *Vp-1Bd* (27.8%), *Vp-1Ba* (22.2%), and a heterozygous *Vp-1Ba/d* (5.6%) were identified. A significant negative correlation was found between the *Vp-1Bc* allele and the germination index ($r = -0.651$; $p = 0.022$). *Vp-1Bc* carriers had the lowest GI (0.013 ± 0.015), significantly lower than genotypes with other alleles (0.291 ± 0.172). The results confirm the potential of *Vp-1Bc* as a marker for breeding triticales for pre-harvest sprouting resistance.

Key words: winter triticales, pre-harvest sprouting, breeding lines, *Vp-1B*, germination index, marker-assisted selection

Мировое производство тритикале составляет 14 млн т в год, эта культура является достаточно популярной в культивировании во многих странах и перспективной к выращиванию в России [1]. В связи с возрастающей

потребностью в зерне и тенденциями изменения климата в сторону засушливости актуальность использования этой культуры возрастает, поскольку тритикале обладает способностью к возделыванию при различных стрессовых условиях. В 2025 году количество посевных площадей озимого тритикале в России составило 79,1 тыс. гектаров, что на 3,9% больше по сравнению с 2024 годом [2]. Тем не менее, ограничение использования тритикале обусловлено рядом факторов, одним из которых является способность к предуборочному прорастанию зерна (ППЗ). В процессе прорастания в эндосперме повышается активность фермента альфа-амилазы, что приводит к гидролизу крахмала и отрицательно влияет на посевные и технологические качества зерна [3, 4]. Одной из детерминант устойчивости к предуборочному прорастанию являются гены *Vp-1*, которые участвуют в регуляции баланса абсцизовой и гибберелловой кислот, определяющего глубину покоя семян и развитие зародыша. Для гомеолога *Vp-1B* на хромосоме 3BL с помощью STS-маркера *Vp-1B3* идентифицировано несколько аллелей [5]. Для тритикале наиболее характерны аллели *Vp-1Ba*, *Vp-1Bc*, *Vp-1Bd* [6]. Что касается связи гена *Vp-1B* с устойчивостью к ППЗ, то на пшенице показано, что для сортов сортов и линий, устойчивых к ППЗ, характерен аллель *Vp-1Bc*, для восприимчивых – аллель *Vp-1Ba* [7, 8]. Следует отметить, что тритикале характеризуется более сложной архитектурой генома, который состоит из субгеномов пшеницы и ржи. Их специфическое взаимодействие может влиять на экспрессию генов покоя зерна, что объясняет высокую активность α -амилазы и слабый покой зерна тритикале. В предыдущих собственных исследованиях ранее проведена комплексная оценка сортов и ДН-линий озимого тритикале и установлена ассоциация аллеля *Vp-1Bc* с устойчивостью [3]. Вместе с тем, подтверждение данной связи требует дальнейшего изучения на расширенной выборке селекционных линий, более того необходимым является исследование аллеля *Vp-1Bd* применительно к ППЗ у тритикале. Эти вопросы позволили определить цель настоящего исследования – оценить встречаемость аллелей гена *Vp-1B* у селекционных линий озимого тритикале и установить их связь с индексом прорастания.

Материалы и методы

Исследования проведены на базе ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (г. Саратов). Объектом служили 18 линий озимого гексаплоидного тритикале, полученных из рабочей коллекции. Индекс прорастания (ИП) определяли на зерне, собранном в фазу полной спелости, по методике проращивания [9]. Данные по ИП получены для 12 из 18 образцов. Устойчивыми к ППЗ считали образцы со значением ИП менее или равным 0,2.

Геномную ДНК выделяли из листьев методом коммерческим набором Экстран 3 (ЗАО «Синтол»). Генотипирование по локусу *Vp-1B* проводили методом ПЦР с STS-маркером *Vp-1B3* [5]. Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 2%-ном агарозном геле. Аллельную принадлежность устанавливали по размеру ампликонов [5, 7].

Для оценки связи между наличием аллеля *Vp-1Bc* и величиной ИП рассчитывали коэффициент корреляции. Статистический анализ проводили с

помощью программы «AGROS 2.09».

Результаты исследований

В выборке из 18 линий маркер *Vp-1B3* выявил четыре варианта аллелей (рис. 1).

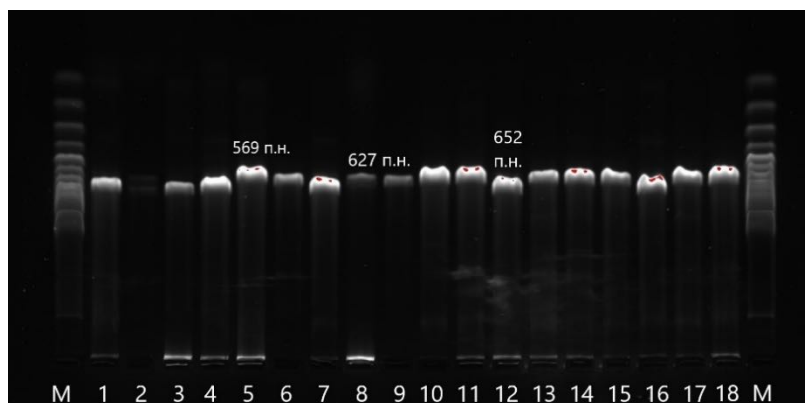


Рис.1. Электрофореграмма детекции аллелей *Vp-1B*.

М – маркеры молекулярного веса, 1 – линия 2, 2 – линия 3, 3 – линия 4, 4 – линия 6, 5 – линия 7, 6 – линия 8, 7 – линия 21, 8 – линия 22, 9 – линия 23, 10 – линия 24, 11 – линия 27, 12 – линия 30, 13 – линия 40, 14 – линия 41, 15 – линия 42, 16 – линия 43, 17 – линия 44, 18 – линия 45.

Анализ встречаемости аллелей исследуемого гена показан в таблице 1. Преобладающим был аллель *Vp-1Bc* – 8 линий (44,4%). Аллель *Vp-1Bd* обнаружен у 5 линий (27,8%), *Vp-1Ba* – у 4 линий (22,2%). Одна линия несла гетерозиготную комбинацию *Vp-1Ba/d*. Высокая частота *Vp-1Bc* согласуется с данными по украинским сортам пшеницы, где этот аллель также был доминирующим (51,5%) [8].

Таблица 1 – Встречаемость аллелей гена *Vp-1B* у селекционных линий тритикале

Аллель	Количество образцов	Доля, %	Номер линии
<i>Vp-1Bc</i>	8	44,4	7, 24, 27, 40, 41, 42, 44, 45
<i>Vp-1Bd</i>	5	27,8	2, 6, 8, 22, 23
<i>Vp-1Ba</i>	4	22,2	4, 21, 30, 43
<i>Vp-1Ba/d</i>	1	5,6	3

Средние значения ИП существенно различались между аллельными группами (табл. 2). Все три линии с аллелем *Vp-1Bc* (Л№. 7, 24, 27) имели ИП от 0,00 до 0,03, что соответствует высокоустойчивым генотипам. У носителей *Vp-1Bd* значения ИП варьировали от 0,02 до 0,54, у носителей *Vp-1Ba* – от 0,18 до 0,43.

В нашей выборке устойчивыми к ППЗ соответствовали 7 из 12 образцов: линии с аллелем *Vp-1Bc* 7, 8, 24, 27; линия 6 с аллелем *Vp-1Bd*; линия 21 с аллелем *Vp-1Ba* и линия 3 с аллелем *Vp-1Ba/d*. Все образцы с аллелем *Vp-1Bc*, для которых были получены данные по ИП, оказались устойчивыми, тогда как

среди носителей других аллелей встречались как устойчивые, так и восприимчивые к ППЗ формы.

Таблица 2 – Индекс прорастания у линий с различными аллелями гена *Vp-1B*

Аллель	Индекс прорастания	Количество устойчивых образцов
<i>Vp-1Bc</i>	0,013±0,015	3 (100%)
<i>Vp-1Bd</i>	0,306±0,205	2 (40%)
<i>Vp-1Ba</i>	0,323±0,129	1 (33%)
<i>Vp-1Ba/d</i>	0,120	1

Обсуждение

Выявленная взаимосвязь *Vp-1Bc* с пониженным ИП у тритикале согласуется с аналогичными данными по мягкой пшенице. Показано, что *Vp-1Bc* характерен для устойчивых образцов, а *Vp-1Ba* – для восприимчивых [5]. В нашей работе различия между аллельными группами выражены ещё сильнее: средний ИП у носителей *Vp-1Bc* составил 0,013, тогда как значения ИП у носителей аллелей *Vp-1Ba* и *Vp-1Bd* соответственно был равными 0,323 и 0,306.

Обращает внимание широкий размах ИП у носителей *Vp-1Bd* (0,02–0,54). Аллель *Vp-1Bd*, впервые описанный в европейских сортах пшеницы, также был ассоциирован со средней устойчивостью у пшеницы [7, 8]. В нашей выборке тритикале наблюдалась аналогичная тенденция: среднее ИП у носителей *Vp-1Bd* (0,306) занимало промежуточное положение, однако отдельные образцы (линия 8, ИП = 0,02) демонстрировали высокую устойчивость. Высокая вариабельность ИП указывает на существенное модифицирующее влияние генетического фона на проявление признака у носителей данного аллеля.

Для практической селекции важно, что все носители *Vp-1Bc* в нашей выборке оказались устойчивыми. Это позволяет рекомендовать тестирование по маркеру *Vp-1Bc* на ранних этапах селекции для предварительного отбора форм с потенциально глубоким покоем зерна. Вместе с тем, наличие устойчивых линий среди носителей *Vp-1Bd* и *Vp-1Ba* указывает на участие дополнительных генетических факторов в формировании покоя зерна у тритикале.

Следует отметить, что устойчивость к ППЗ определяется не только покоем зародыша, но и стабильностью α -амилазного комплекса, который контролируется иными генетическими системами [3, 6]. Маркер-ориентированная селекция по *Vp-1B* необходима, но недостаточна для обеспечения полной устойчивости.

Выводы:

1. Встречаемость аллеля *Vp-1Bc* является наиболее высокой по сравнению с другими аллелями гена *Vp-1B*.
2. Наличие аллеля *Vp-1Bc* следует рассматривать как один из маркеров устойчивости к ППЗ у тритикале.

Список литературы

1. Цаценко Л.В., Цаценко Н.А. Феномен полиплоидии на примеры трибы пшеницевые (Triticeae) // Научный журнал КубГАУ. 2025. № 208(04). DOI: 10.21515/1990-4665-208-017.
2. Посевные площади в России 2025: полная статистика по зерновым, масличным и кормовым культурам// Бизнес-портал «Эксперт» [<https://sdexpert.ru/news/project/posevnye-ploshchadi-v-rossii-2025-polnaya-statistika-po-zernovym-maslichnym-i-k/>] (электронный ресурс, дата обращения 28.03.2026)]
3. Акинина В.Н., Дьячук Т.И., Жилин С.В., Хомякова О.В., Генералова О.А., Калашникова Э.В., Куликова В.П. Комплексная оценка сортов и ДН-линий озимого тритикале к предуборочному прорастанию зерна // Научный журнал КубГАУ. 2025. № 211(07). DOI: 10.21515/1990-4665-211-043.
4. Moullet O., Fossati D., Holzgreve P. et al. Pyramiding wheat pre-harvest sprouting resistance genes in triticale breeding // Mol. Breed. 2022. V. 42. P. 60.
5. Yang Y., Zhao X.L., Xia L.Q. et al. Development and validation of a Viviparous-1 STS marker for pre-harvest sprouting tolerance in Chinese wheats // TAG. 2007. V. 115. P. 971–980.
6. Divashuk M., Mayer N., Kroupin P., Rubets V., Pylnev V., Tkhi Tkhu Lin N., Soloviev A., Karlov, G., The association between the allelic state of Vp-1B and pre-harvest sprouting tolerance in red-seeded hexaploid triticale // Open Journal of Genetics. 2012. V. 2. P 51–55. DOI: 10.4236/ojgen.2012.21006.
7. Chang C., Zhang H.P., Feng J.M. et al. Identifying alleles of Viviparous-1B associated with pre-harvest sprouting // Mol. Breeding. 2010. V. 25. P. 481–490.
8. Радченко А.Н., Михальская С.И., Дыкун М.О., Сирант Л.В. Влияние аллелей гена Vp-1B на устойчивость к предуборочному прорастанию у мягкой пшеницы // Молекулярная и прикладная генетика. 2018. Т. 25. С. 24–31.
9. Biddulph T.B., Plummer J.A., Setter T.L., Mares D.J. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat in the field // Field Crops Res. 2008. V. 107. P. 116–128.

© Генералова О.А., 2026

Научная статья
УДК 338.432

Д. Н. Гиляжева¹, А. В. Кондрашова², Е. А. Логачева³

1,2,3 Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ПОТЕРИ ВАЛОВОГО СБОРА ЗЕРНА В СЛЕДСТВИИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлен анализ посевной и уборной площади зерновых и зернобобовых культур в 2024 году с целью уточнения потерь объема

продукции за счет необранной посевной площади. Проведено глубокое исследование влияния климатических условий по месяцам на валовой сбор зерна и определена их тесная зависимость. Уточнено, что на успешный урожай зерна благотворно влияет оптимальное сочетание влажности, количества осадков и температуры воздуха в периоды сева, прорастания и активного роста сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова. Погодные условия, влажность, осадки, температура, валовой сбор, зерновые и зернобобовые культуры.

D. N. Gilyazheva¹, A. V. Kondrashova², E. A. Logacheva³

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

LOSS OF GROSS GRAIN HARVEST DUE TO WEATHER CONDITIONS IN SARATOV REGION

Abstract. The article presents an analysis of the sown and harvested area of grain and leguminous crops in 2024 in order to clarify the loss of production due to the unharvested acreage. An in-depth study of the influence of climatic conditions by month on the gross grain harvest has been conducted and their close relationship has been determined. It was clarified that the optimal combination of humidity, precipitation, and air temperature during sowing, germination, and active crop growth has a beneficial effect on a successful grain harvest.

Key words. Weather conditions, humidity, precipitation, temperature, gross harvest, grains and legumes.

Производство зерновых и зернобобовых культур во все времена остается актуальной проблемой народного хозяйства, которое является основной базой для переработки и выпуска муки, хлебобулочных изделий, для кормопроизводства сельскохозяйственных животных и для многих других направлений АПК. В современных условиях с учетом разработки дополнительных мер, направленных на сохранение и активное использование российских генетических ресурсов в растениеводстве, а также снижения зависимости отечественного агропромышленного комплекса от импорта семенного и посадочного материала [2], товаропроизводители сталкиваются с определенными трудностями в производственной деятельности, основными из которых являются финансовые расходы и погодные условия. Финансовые затраты можно спланировать и учесть, что нельзя сказать о климатических условиях. В связи с неблагоприятными погодными условиями, сельскохозяйственные организации теряют значительные объемы валового сбора зерна, что в свою очередь влечет неоправданные затраты на организацию производства продукции. Проведем данное исследование, начиная с анализа уборки посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в Саратовской области (табл. 1).

Таблица 1 - Посевная и убранная площадь, валовый сбор зерновых и зернобобовых культур в 2024 году в Саратовской области [4]

Показатели	Посевная площадь, га	Убранная площадь, га	Отклонение: +, -	Валовой сбор, ц
Зерновые и зернобобовые культуры, включая кукурузу	2442051	2354363	- 87688	43032052
В т.ч. зерновые культуры - всего	2004409	1924439	- 79970	39367002
из них озимые культуры - всего	1187273	1174219	- 13054	25026793
озимая пшеница	1148122	1135880	- 12242	24415053
озимая рожь	37896	37163	- 733	595888
озимый ячмень	71	52	- 19	1950
озимая тритикале	1184	1124	- 60	13902
яровые культуры - всего	817011	750220	- 66791	18005259
яровая пшеница	296720	263906	- 32814	3633241
рожь яровая	10	10	0	54
яровой ячмень	215005	197861	- 17144	2691695
овес	17815	17130	- 685	221083
кукуруза	154176	149883	- 4293	6454804
просо	115583	105196	- 10387	1216788
гречиха	11440	10737	- 703	81402
сорго (джугара)	6262	5497	- 765	41142
зернобобовые культуры - всего	437642	429924	- 7718	3665050
горох	23519	22905	- 614	300969
чечевица	145196	141789	- 3407	1230780
нут	267298	263873	- 3425	2123231
вика и виковые смеси на зерно	720	448	- 272	2822
люпин кормовой (сладкий)	70	70	0	803
фасоль	839	839	0	6445

Согласно данным по посевной и убранной площади зерновых и зернобобовых культур, включая кукурузу можно отметить, что посевная площадь в размере 87688 га осталась не убранной. Из них 79970 га зерновых культур и 7718 га зернобобовых культур. Среди зерновых культур посевную площадь не убрали в размере 41 % - яровая пшеница, 34,4 % - яровой ячмень и просо, 15,3 % - озимая пшеница. Среди зернобобовых культур основная часть неубранной площади на уровне 89 % приходится на чечевицу и нут в почти равных пропорциях. Остальные 9,3 % неубранной площади приходится на все остальные культуры, кроме ржи яровой, люпина кормового и фасоли, посевная площадь которых убрана в полном размере. Итак, на основе анализа посевной и убранной площади зерновых и зернобобовых культур, можно сделать вывод, что аграрии Саратовской области не дополучили примерно 1809672 ц зерновых и зернобобовых культур, в том числе 275439 ц озимых культур, 1469402 ц яровых культур и 64831 ц зернобобовых культур.

Исследование влияния погодных условий по месяцам на производство зерновых и зернобобовых культур определяет закономерную зависимость климатических факторов и фаз возделывания сельскохозяйственных культур. Представленные данные табл. 2 дают возможность произвести более глубокое исследование влияния климатических условий на валовой сбор зерна, так как

благополучность вегетационных периодов возделывания сельскохозяйственных культур очень зависимы от погодных условий в каждой фазе, начиная от сева семян и заканчивая уборкой урожая.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что валовой сбор зерна в 2020 г. составлял 5303,5 тыс. т, в 2021 г. исследуемый показатель снизился до 3699,9 тыс. т, а в 2022 г. регион собрал максимальный объем зерна 6792,6 тыс. т. Проанализируем значения погодных условий в указанные годы. В апреле 2020 г. влажность составляла в апреле 57 % (минимальный показатель за 2020-2024 годы) и осадков в месяц выпало 26,8 мм при средней температуре 11 °С днем и 3 °С ночью. В мае 2020 г. средняя температура повысилась до 19 °С, влажность и осадки составили 63 % и 20,3 мм соответственно. Данные погодные условия в период сева и в фазу прорастания семян не выходят за границы нормы, почва достаточно прогрелась, влажность умеренная и количество осадков достаточное для старта вегетации культур.

Таблица 2 - Погодные условия в период апрель-октябрь и валовой сбор зерновых и зернобобовых культур за 2020 – 2024 гг. в Саратовской области [1,3]

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Апрель					
Температура: день/ночь, °С	11 / 3	13 / 5	14 / 7	15 / 6	20 / 10
Влажность, %	57	71	76	61	67
Осадки: дней/кол-во, мм	6 / 26,8	10 / 38,8	8 / 25,8	3 / 28,4	5 / 7,2
Май					
Температура: день/ночь, °С	19 / 10	24 / 13	15 / 6	20 / 12	19 / 8
Влажность, %	63	61	62	60	50
Осадки: дней/кол-во, мм	7 / 20,3	7 / 32,3	8 / 12,8	4 / 36	3 / 5,9
Июнь					
Температура: день/ночь, °С	24 / 15	26 / 17	25 / 15	22 / 14	28 / 17
Влажность, %	65	72	61	59	58
Осадки: дней/кол-во, мм	5 / 33,1	6 / 59,5	2 / 1,9	6 / 39,8	7 / 42,5
Июль					
Температура: день/ночь, °С	30 / 18	28 / 18	26 / 16	26 / 17	30 / 18
Влажность, %	53	60	69	66	51
Осадки: дней/кол-во, мм	2 / 8,4	2 / 9,5	7 / 82,3	10 / 37,4	3 / 4,4
Август					
Температура: день/ночь, °С	25 / 15	30 / 19	30 / 18	28 / 17	26 / 16
Влажность, %	62	52	55	57	62
Осадки: дней/кол-во, мм	2 / 38	2 / 1,1	1 / 2,7	3 / 18,1	5 / 23
Сентябрь					
Температура: день/ночь, °С	21 / 10	16 / 9	17 / 10	22 / 11	24 / 11
Влажность, %	57	69	75	65	50
Осадки: дней/кол-во, мм	1 / 0,5	5 / 25	12 / 50,3	4 / 11,2	-
Октябрь					
Температура: день/ночь, °С	14 / 5	11 / 4	9 / 8	10 / 5	12 / 6
Влажность, %	65	72	80	70	67
Осадки: дней/кол-во, мм	3 / 1,1	3 / 2,8	13 / 35,6	8 / 44	10 / 30,1
Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур, тыс. т	5303,5	3699,9	6792,6	5925,2	4303,2

Совсем другая ситуация в период сева и в фазу прорастания семян зерновых культур сложилась в 2021 г. Погодные условия в апреле и мае характеризуются: во-первых, теплой весной, в мае средняя температура составляет 24 °С, что говорит о жарком месяце; во-вторых, высокая влажность в апреле 71 %; в-третьих, значительные осадки и в апреле и в мае в объеме 38,8 мм (максимальный показатель за 5 анализируемых лет) и 32,3 мм соответственно. Высокая влажность и большой объем осадков характеризует и июнь, 72 % и 59,5 мм соответственно. Избыточная влажность и осадки в период активного роста, в фазу налива зерновых культур особенно неблагоприятно, так как возникает ряд отрицательных последствий, например, слипание пыльцы и плохое опыление, повышается риск заболеваний грибковыми инфекциями, полегание посевов при обильных дождях и др. Далее, анализируя погодные условия в июле-августе 2021 г., необходимо отметить недостаточные осадки в количестве 9,5 мм и 1,1 мм соответственно на фоне жаркого лета, сложившиеся климатические условия являются следствием сильнейшей засухи в фазу активного роста зерновых и зернобобовых культур. В результате неблагоприятных погодных условий для возделывания зерновых и зернобобовых культур в 2021 году, начиная со старта посевных работ и включая фазы прорастания и активного роста культур, аграрии Саратовской области собрали достаточно низкий урожай 3699,9 тыс. т.

В 2022 г. сельхозтоваропроизводители региона достигли самых высоких результатов по сбору урожая зерна за исследуемый период благодаря оптимальным значениям гидрометеорологических величин. Влажность в апреле зафиксирована на максимальном значении 76 % за анализируемые годы, но в мае и в июне данный показатель снижается до нормы. На фоне уменьшения влажности снижается количество осадков с умеренного объема 25,8 мм в апреле до 12,8 мм в мае за 8 дождливых дней и 1,9 мм в июне за 2 дождливых дня. Данные условия позволили зерну успешно войти в активную фазу роста, а аграриям грамотно организовать производственную деятельность уборки ранних сортов зерновых культур. Лето 2022 г. было очень жарким, но несмотря на малое количество осадков в июне, погода дарит обильные семидневные дожди в июле 82,3 мм и повышение влажности до максимального значения в этом месяце за исследуемый период 69 %. И снова следующий месяц относительно сухой и с низкой влажностью, что обеспечивает поздние сорта возможностью качественного обогащения и налива колоса. Сентябрь и октябрь теплые, наполовину дождливые, уборка поздних зерновых культур зависит от правильного хозяйствования товаропроизводителей.

Подобные, не большими отклонениями зафиксированы показатели гидрометеорологических величин в 2023 году.

В 2024 г. период сева и фаза прорастания характеризуются ограниченными осадками 7,2 мм в апреле и 5,9 мм в мае, причем в мае и в июне отмечена низкая влажность 50 %, но в июне увеличиваются осадки, однако засушливые апрель-май несомненно сказались на потере урожая и снижении качества зерна.

Таким образом, исследование климатических параметров и их влияние на каждый период возделывания и производства зерновых и зернобобовых культур

является более информативным и предполагает возможность разработки организационных мер по водоотведению, когда наблюдается высокая влажность и идут обильные осадки и других мероприятий, которые помогут хоть в малой степени, но снизить воздействие неблагоприятных погодных факторов.

Список литературы

1. Архив погоды в Саратовской области
https://meteo9.ru/archive_v_saratove/Sv8X
2. Импортзамещение сельскохозяйственных культур в России / Каневская И. Ю, Гавва Е. С, Гиляжева Д. Н., Иванова Н. А., Гусейнова В. Е., Белов Д.С. // Малые Вавиловские чтения-2023 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова и 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 06–07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 144-152. – EDN MGLRFB. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56996902>
3. Погода по месяцам в Саратовской области [электронный режим доступа]: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/saratov/2025/>
4. Посевные площади, валовой сбор, урожайность сельскохозяйственных культур в Саратовской области в 2024 году: Статистический сборник/ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области. – Саратов, 2025 – 159 с.

© Гиляжева Д. Н., Кондрашова А. В., Логачева Е. А., 2026

Научная статья

УДК 633.854.78:551.577.38:631.53.011.2

Л.А. Гудова, А.В. Поминов

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

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО НАБУХАНИЮ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Аннотация: в статье рассматривается действие осмотического давления (19 атм.) на степень набухания семян сортов и гибридов подсолнечника за разное время экспозиции в сравнении с контрольным вариантом (дистиллированная вода). Установлено, что процесс набухания в осмотическом растворе у изучаемых сортов и гибридов подсолнечника проходил менее интенсивно относительно контрольного варианта (вода): на 8,8% - 38,9% в зависимости от сорта и времени экспозиции. Максимально низкое набухание в растворе сахарозы зафиксировано у сорта Скороспелый 87, а более высокая поглотительная способность характерная для ЮВ 1071.

Ключевые слова: подсолнечник, засухоустойчивость, осмотический стресс, прорастание

L.A. Gudova, A.V. Pominov

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

EVALUATION OF THE DROUGHT RESISTANCE OF SUNFLOWER VARIETIES AND HYBRIDS BASED ON SEED SWELLING UNDER OSMOTIC STRESS CONDITIONS

Abstract: This article examines the effect of osmotic pressure (19 atm) on the degree of seed swelling in sunflower varieties and hybrids after varying exposure times compared to a control (distilled water). It was found that the swelling process in the studied sunflower varieties and hybrids in the osmotic solution was less intense than in the control (water): by 8.8% to 38.9%, depending on the variety and exposure time. The lowest osmotic swelling was recorded for the Skorospelyy 87 variety, while the higher absorption capacity was characteristic of the YuV 1071 variety.

Key words: sunflower, drought tolerance, osmotic stress, germination

Поглощение воды семенами – первое необходимое звено в процессах их пробуждения. При непосредственном участии воды происходят процессы гидролиза запасных веществ семени и синтез новых соединений. Впервые часы набухания семян вода включается в аминокислоты, активирует растворимые ферменты, процессы в митохондриях [5]. Первая фаза поглощения воды связана с набуханием коллоидов, вода поступает в семя через поврежденные участки поверхности. Набухание это двухфазный процесс: 1-я фаза – физический процесс, 2-я фаза – метаболический. Устойчивое увлажнение в фазу прорастания семян, имеет решающее значение для формирования и устойчивости всходов, а также для развития растений и их продуктивности [7]. Моделирование недостатка почвенной влаги при лабораторном проращивании семян в растворе сахарозы, имеет высокую эффективность так, как создаются постоянные условия увлажнения, температурного режима и исключается сопряженное действие солей почвенного раствора. Подобные исследования проводились на важнейших продовольственных культурах [1, 3, 6]

Цель исследований: определить засухоустойчивость сортов и гибридов подсолнечника в лабораторных условиях с использованием косвенного метода оценки.

Материал и методика. Для постановки опыта использовали методику, позволяющую определить засухоустойчивость по набуханию семян в растворах с повышенным осмотическим давлением (раствор сахарозы), искусственно имитирующим недостаток воды [4]. Объектами исследований послужили смена сортов Саратовский 20, Саратовский 21, ЮВ1071, Скороспелый 87, ЮВС 3, ЮВС 8 урожая 2024 г. Осмотическое давление соответствовало 19 атмосфер. Опыт проводили в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали

проращивание в дистиллированной воде. Первоначальная масса семян каждого образца составляла 2,0 г. Измерение массы семян проводили через 1, 2, 3, 6, 24 и 48 часов. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова (1985) с помощью дисперсионного трехфакторного анализа, где фактор А – сорт, фактор В – условия набухания (контроль, раствор сахарозы), фактор С - время экспозиции [2].

Результаты исследований. В результате исследований установлено, что через один час после погружения в дистиллированную воду масса семян сортов и гибридов подсолнечника увеличилась на 34-62 г или на 17,0-31,0%. Наибольшее увеличение массы семян выявлено у гибрида ЮВС 3. На второй час пребывания в воде увеличение от исходной массы семян составило 51-89 г или 25,5-44,5%, через три на 2,62-3,09 г и 31,5-54,5% соответственно. Через 24 часа масса семян повысилась на 74-92,5% от исходной. Нахождение семян в воде 48 часов способствовало дальнейшему увеличению массы семян у сортов Скороспелый 87, ЮВ 1071, Саратовский 20 и Саратовский 21. Масса семян гибридов ЮВС 3 и ЮВС 8 практически осталась неизменной.

Поглотительная способность семян подсолнечника в растворе сахарозы была несколько ниже, чем на контроле. В первый час масса семян в растворе сахарозы увеличилась на 30-42 г или 15,0-21,0%. Максимальная поглотительная способность выявлена у ЮВС 3. Через два часа масса семян увеличилась на 39-62 г от исходной, что составило 19,5-31,0%. На третий час поглотительная способность семян несколько снизилась. Через 24 часа масса семян в растворе сахарозы увеличилась на 56,5-68,0% и составила 3,13-3,44 г. Более высокая поглотительная способность характерна для сорта ЮВ 1071. Еще через сутки (48 часов) масса семян увеличилась на 67,5-91,2% относительно первоначальной. Таким образом, процесс набухания семян в растворе сахарозы происходит несколько медленнее относительно контроля.

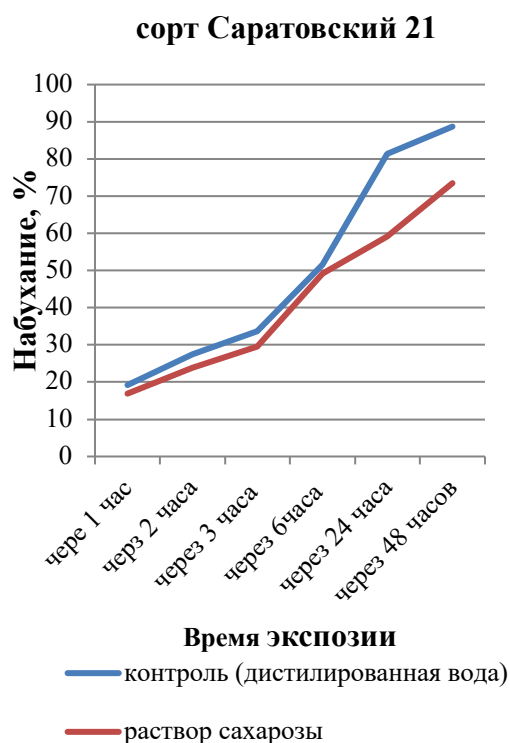
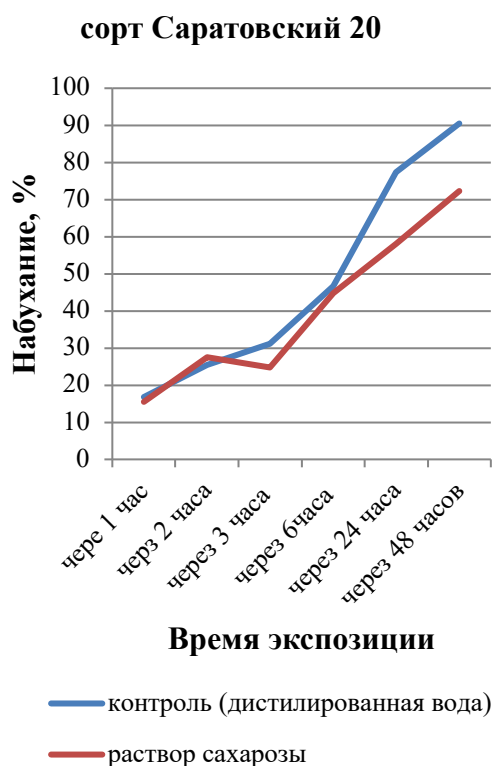
В результате трехфакторного дисперсионного анализа установлены достоверные различия между вариантами опыта ($F_{05} = 0,35$). При множественном сравнении частных средних по фактору А (сорт) установлено, что наибольшее увеличение массы семян определено у сортов Саратовский 21 и Саратовский 20. Меньше всего поглотительная способность у сорта Скороспелый 87 и гибрида ЮВС 3.

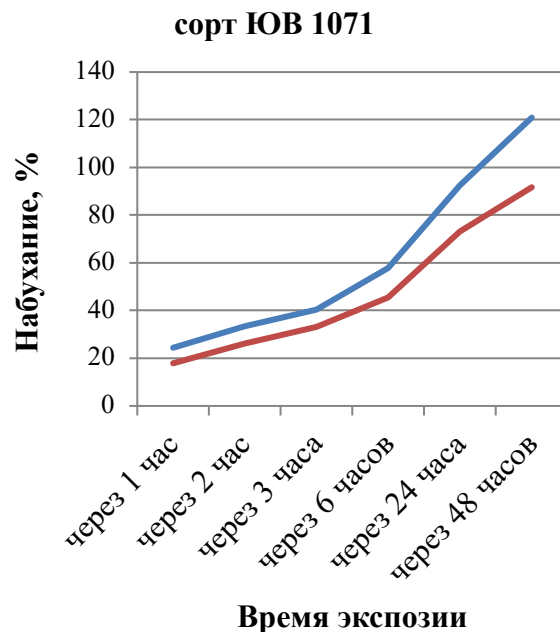
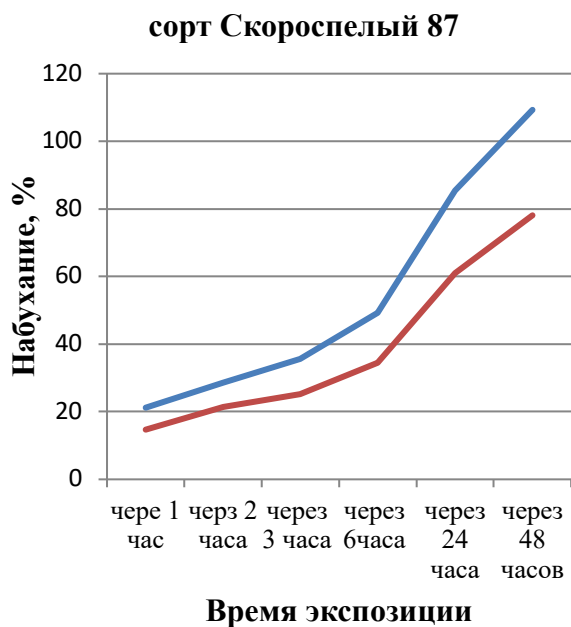
Множественное сравнение частных средних по фактору В (раствор) позволило выявить достоверные превышения массы семян на контроле (3,03 г), чем в растворе сахарозы (2,92 г). При множественном сравнении частных средних по фактору С (время экспозиции) определено, что масса семян повышалась с увеличением времени экспозиции. Самый высокий средний показатель масса семян установлена через 48 часов – 3,70 г. Отмечается низкое влияние факторов А и В на изменчивость признака «масса семян» в опыте – 5,02 % и 1,15%, соответственно. Высокое влияние оказывал фактор С – 73,9 %. Не установлено совместного влияния факторов ВС и АВ на изменчивость признака, при этом взаимное влияние факторов АС составило 6,25%.

Таблица 1 - Масса семян сортов и гибридов подсолнечника в зависимости от времени экспозиции

Сорт / гибрид (фактор А)	Время экспозиции (фактор С)												Множественные сравнения частных средних по фактору А
	1 час		2 час		3 час		6 час		24 часа		48 часа		
	H ₂ O	р-р сахар озы	H ₂ O	р-р сахар озы	H ₂ O	р-р сахаро зы	H ₂ O	р-р сахар озы	H ₂ O	р-р сахаро зы	H ₂ O	р-р сахаро зы	
Саратовский 20	2,34	2,31	2,51	2,39	2,62	2,49	2,94	2,63	3,52	3,13	3,80	3,46	2,97b
Саратовский 21	2,38	2,34	2,56	2,40	2,67	2,59	2,95	2,78	3,59	3,26	3,78	3,47	3,16d
ЮВ 1071	2,49	2,34	2,67	2,53	2,81	2,66	3,16	2,85	3,85	3,44	4,42	3,82	3,11cd
Скороспелый 87	2,42	2,30	2,58	2,42	2,71	2,51	2,99	2,69	3,63	3,17	4,14	3,53	2,86a
ЮВС 3	2,62	2,42	2,89	2,62	3,09	2,80	3,33	3,06	3,60	3,36	3,64	3,55	2,85a
ЮВС 8	2,46	2,30	2,77	2,47	2,90	2,65	3,09	2,83	3,48	3,26	3,49	3,35	2,9ab
Множественные сравнения частных средних по фактору С	2,39a		2,57b		2,79c		2,94d		3,44e		3,70f		
Множественные сравнения частных средних по фактору В	3,03b						2,92a						
Фактор А $F_{\text{факт.}}=13,46$ $НCP_{05}=0,10$; Фактор В $F_{\text{факт.}}=15,52$ $НCP_{05}=0,058$; Фактор С $F_{\text{факт.}}=198,0$ $НCP_{05}=0,10$ Взаим. АС $F_{\text{факт.}}=3,35$ $НCP_{05}=0,24$ Взаим. АВ $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор}}$; Взаим. ВС $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$; Взаим. АВС $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$													

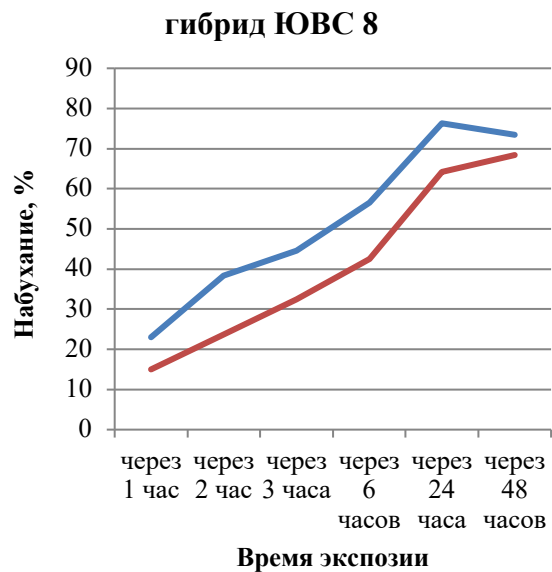
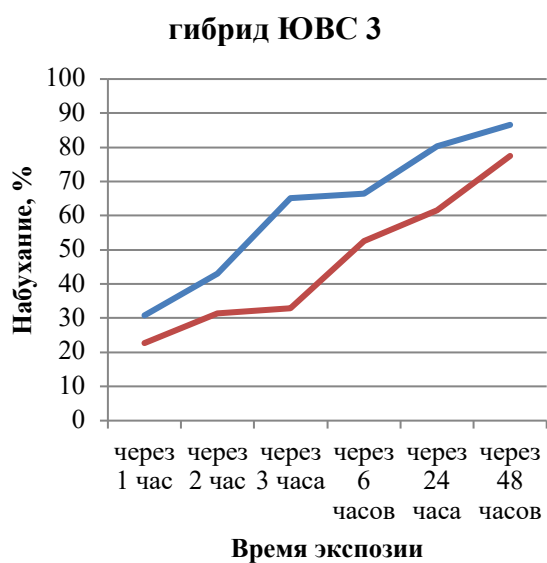
Очевидно, что процессы водопоглощения семенами всех сортов и гибридов подсолнечника характеризовались различной степенью интенсивности. Наибольшая сосущая сила семян всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника отмечается на контрольном варианте. В осмотическом растворе набухание происходит медленнее. У сортов Скороспелый 87, ЮВ 1071 и гибридов ЮВС 3 и ЮВС 8 набухание в растворе сахарозы ниже на 28,5-34,8% в сравнении с проращиванием в дистиллированной воде, у сортов Саратовский 20 и Саратовский 21 на 8,8% и 10,%, соответственно. Через 2 часа разница в поглощении генотипов в воде и осмотике составляла 23,5-38,9%. Исключением является сорт Саратовский 21, масса семян которого соответствовала массе семян в контрольном варианте. Время экспозиции 3 и 6 часов не привело к заметному изменению, набухание относительно контроля варьировало в интервале 11,9-32,9% в зависимости от сорта. Через 24 часа у гибрида ЮВС 8 прекратился процесс поглощения, в то время, как у остальных генотипов еще продолжался, независимо от условий. Через 48 часов у гибридов ЮВС 3 и ЮВС 8 степень поглощения относительно контрольного варианта снизилась на 5,5 % и 9,4% соответственно. Максимально низкое набухание в осмотике зафиксировано у сорта Скороспелый 87.





— контроль (дистиллированная вода)
— раствор сахарозы

— Контроль (дистиллированная вода)
— Раствор сахарозы



— Контроль (дистиллированная вода)
— Раствор сахарозы

— Контроль (дистиллированная вода)
— Раствор сахарозы

Рисунок 1. Динамика набухания семян сортов, гибридов и линий подсолнечника в зависимости от времени экспозиции

Таким образом, в результате лабораторных исследований не выявлено сортов и гибридов подсолнечника, у которых процесс набухания в растворе с осмотическим давлением 16 атм. происходил интенсивнее, чем в дистиллированной воде. У сорта ЮВ 1071 степень поглощения раствора сахарозы была выше в сравнении с остальными изучаемыми генотипами.

Список литературы

1. Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Филиппов Е.Г. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на растворе осмотиков // *Зерновое хозяйство России*. – 2022. – № (4). – С. 34–38.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Любимова А.В., Мамаева В.С., Менщикова А.А. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата // *Аграрный вестник Урала*. – 2022. – № 6 (221). – С. 49–59.
4. Методическое руководство. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Л.: ВИР, 1988. – 37 с.
5. Подсолнечник: монография / Под общей ред. академика В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1975 – 591 с.
6. Родина Т.В., Асташов А.Н., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости пайзы по набуханию семян в условиях осмотического стресса // *научно-производственный журнал Зернобобовые и крупяные культуры* 2023. - №3 (47). –С. 108-113.
7. Федорова Д.Г., Назарова Н.М., Гвоздиков А.М. Влияние осмотического стресса на прорастание семян *Helianthus annuus* L.: сахароза как осмотический регулятор // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2024. - №2. -С. 151-160.

© Гудова Л.А., Поминов А.В., 2026

Научная статья
УДК 633.15, 577.1

С.А. Гусева, О.С. Носко, В.В. Бычкова, В.В. Светлов

ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты анализа биохимического состава зерна инбредных линий коллекционного питомника кукурузы с целью отбора для проведения тестерных скрещиваний. Также была проведена предварительная оценка взаимосвязи между изучаемыми признаками в условиях 2025 г. В результате были выделены образцы с содержанием протеина в зерне более 14% (Л-50 и Л-59), крахмала – более 63% (Л-56) и жира – более 6% (92с6265-1 и Л-65). Сильную положительную взаимосвязь отметили между содержанием в зерне протеина и золы и отрицательную – между содержанием протеина и БЭВ, золы и БЭВ. Выявили среднюю, предположительно криволинейную сопряжённость между накоплением в зерне крахмала и клетчатки.

Ключевые слова: кукуруза, вариабельность, протеин, крахмал, взаимосвязь, корреляционное отношение

S.A. Guseva, O.S. Nosko, V.V. Bychkova, V.V. Svetlov

Rossorgo Research Institute of Corn, Saratov, Russia

STUDYING THE MAIN CORN GRAIN BIOCHEMICAL COMPONENTS AND THEIR INTERRELATIONS

Abstract. This article considers the results of maize inbred lines grain biochemical composition analysis for the selecting them for test crosses. A preliminary assessment of the relationships between the studied traits under 2025 conditions was also conducted. As a result, samples with a grain protein content of over 14% (L-50 and L-59), starch content of over 63% (L-56), and fat content of over 6% (92c6265-1 and L-65) were isolated. A strong positive correlation was observed between the protein and ash content of grain, and a negative correlation was observed between protein and NFES, and between ash and NFES. A moderate, presumably curvilinear, relationship was found between the accumulation of starch and fiber in grain.

Key words: corn, variability, protein, starch, relationship, correlation ratio

Кукуруза занимает третье место по посеву зерновых культур после пшеницы и рапса и первое по урожайности зерна. Эта культура является наиболее высокоэнергетическим кормом, который подходит для всех видов животных, имеет высокую переваримость и поэтому широко используется как кормовая культура (60-65%). Зерно кукурузы используется также в пищевой промышленности (мука, клейковина, глюкоза, крахмал, сладости, консервы). Кроме того, из её крахмала изготавливают биоэтанол, а листья растений (особенно обертки початка) используют в текстильной и бумажной промышленности. Например, в США 40% зерна кукурузы перерабатывают для получения биотоплива, а в Европе и Юго-восточной Азии активно развивают рынок биоразлагаемых упаковочных материалов на основе кукурузного крахмала [1, 2].

Современная селекция кукурузы (*Zea mays* L.) призвана одновременно решать задачи повышения урожайности и улучшения пищевых качеств зерна, включая содержание белка, жиров, крахмала, в зависимости от направления использования создаваемой селекционной формы. Биохимические составляющие зерна кукурузы зависят от сложных процессов метаболизма, протекающего в разных условиях окружающей среды. В научных работах неоднократно отмечалась отрицательная взаимосвязь урожайности и накопления белка, а также положительная сопряжённость накопления в зерне белка и жира в зависимости от влагообеспеченности. Выявлено, что существует прямая положительная корреляция ГТК с содержанием жира в зерне и обратная – с содержанием белка. Было установлено, что для накопления белка растениям кукурузы необходимы оптимальное соотношение тепла и влаги (ГТК от 1 до 2) [3, 4, 5].

Цель работы – предварительная оценка исходного материала кукурузы по биохимическому составу зерна в условиях Саратовской области, а также выявление корреляционных связей между основными биохимическими признаками.

Материал и методика. Объектами изучения служили 85 генотипов (линий) коллекции ВИР, отобранные для дальнейшего проведения тестерных скрещиваний (таблица 1).

Таблица 1 – Список изучаемых генотипов

93с0104-3	92с6262-12	Л-23	Л-49
93с0086-1	92с6266-1	Л-25	Л-50
93с0086-4	92с6266-12	Л-26	Л-51
93с0086-6	92с6265-1	Л-27	Л-52
93с0097-1	Л-1-1	Л-28	Л-55
93с0097-2	Л-1-2	Л-29	Л-56
93с0097-3	Л-4	Л-230	Л-57
93с0097-5	Л-6	Л-31	Л-58
93с0097-4	Л-7	Л-33	Л-59
93с0097-6	Л-8	Л-34	Л-60
93с0097-8	Л-9	Л-35	Л-61
92с6261-11	Л-11	Л-37	Л-62
92с6261-15	Л-12	Л-38	Л-63
92с6261-18	Л-13	Л-39	Л-64
92с6267-14	Л-14	Л-40	Л-65
92с6267-17	Л-15	Л-42	Л-66
92с6267-1	Л-17	Л-43	Л-67
92с6267-2	Л-18-1	Л-44	Л-68
92с6269-13	Л-21	Л-45	Л-69
92с6269-2	Л-20	Л-46	Л-70
92с6262-1	Л-22	Л-47	Л-71

Для проведения исследований сортообразцы кукурузы высевали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2025 г. селекционной сеялкой СКС-6-10. Предшественник – чёрный пар. Густота стояния (4,5 растения на 1 м²) устанавливалась вручную. Площадь учётной делянки - 7,7 м². Биохимическую оценку зерна проводили в лаборатории отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» при помощи ИК-анализатора Spectra star-2400 ХТ.

Статистическую обработку результатов исследования выполняли по общепринятым методикам с помощью программ Excel и «AGROS 2/09». Программа «AGROS 2/09» автоматически рассчитывает значимость коэффициентов и помечает знаком «*». НСР рассчитывали по Перегудову [6, 7].

Климат региона характеризуется как континентальный. ГТК в 2025 г. составил 0,61.

Результаты исследования. В производстве кукурузы важная роль в повышении урожайности и улучшении качества зерна принадлежит грамотному

подбору посевного материала. Не все селекционные формы одинаково проявляют себя в определенных агроэкологических условиях. Одни высокопродуктивные гибриды очень требовательны к сумме положительных температур, составу почвы, радиационного баланса и влаги, другие -расходуют ресурсы гораздо более экономно. Поэтому нужен дифференцированный подход к селекции гибридов соответствующего назначения. Для этих целей была проведена оценка коллекционных сортообразцов по качеству зерна.

В условиях 2025 г. среднюю вариабельность выявили по содержанию в зерне жира. Содержание протеина, крахмала, золы, клетчатки и БЭВ характеризовались слабой изменчивостью (таблица 2). Распределение вариационного ряда по содержанию белка, жира, крахмала и БЭВ значительно отличалось от нормального (χ -квадрат превышал табличные значения).

Таблица 2 – Статистическая характеристика сортообразцов кукурузы коллекционного питомника по биохимическому составу зерна, 2025 г.

Параметр	Содержание протеина	Содержание жира	Содержание крахмала	Содержание золы	Содержание клетчатки	Содержание БЭВ
Среднее	11,86	4,52	59,23	1,44	3,19	79,00
Стандартная ошибка	0,12	0,07	0,22	0,01	0,03	0,17
Стандартное отклонение	1,15	0,66	2,01	0,11	0,29	1,59
НСР 0,5	0,39	0,21	0,66	0,03	0,09	0,51
Коэффициент вариации	9,70	14,60	3,39	7,64	9,09	2,01
Дисперсия выборки	1,32	0,43	4,03	0,01	0,08	2,52
Коэффициент эксцесса	-0,85	-0,12	0,33	-0,45	0,19	-0,94
Коэффициент асимметрии	0,30	0,45	-0,87*	0,33	-0,30	-0,29
χ -квадрат	10,68*	17,28*	11,25*	3,65	0,67	12,19*
Интервал	4,75	2,85	9,32	0,52	1,41	6,28
Минимум	9,51	3,17	53,87	1,22	2,44	75,37
Максимум	14,26	6,02	63,19	1,73	3,84	81,65

Примечание: * - значимо на 5% уровне, ** Значимо на 1% уровне, (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Средний показатель содержания протеина в зерновках кремнистой и зубовидной кукурузы варьировал от 8,51 до 14,26%. Более 14% белка сформировали два образца – Л-50 и Л-59, а более 13,5% - 92с6261-18, Л-1-1, Л-8, Л-12, Л-42 и Л-71.

Для пищевых и технических целей зерновую кукурузу возделывают, в основном для получения крахмала. Показатели данного признака характеризовались как низкие и средние и изменялись в пределах 53,87...63.19 %. Более 63% отметили у генотипа Л-56, у тринадцати – в пределах 61,00-61,97%. У пяти образцов содержание крахмала не превышало 55% (93с0104-3,

93с0086-1, 92с6261-11, 92с6261-15, 92с6267-17).

В последнее время стало актуальным возделывание гибридов кукурузы с повышенным содержанием жира в зерновках. Кукурузное масло, получаемое из зародышей, богато ненасыщенными жирными кислотами. Жиры, накапливаемые в зерне кукурузы делают ее ценным энергетическим кормом, а также сырьем для производства масла. Лимиты средних значений признака составили $\min=3,17$ и $\max=6,02\%$. Высокие показатели с разницей $0,1\%$ зафиксировали у образцов 92с6265-1 и Л-65. Также у линий Л-4, Л-52 Л-58, Л-69 и Л-70 отметили долю содержания жира, приближающуюся к 6% .

Расчет коэффициентов ранговой корреляции по Спирмену позволил вычислить 16 потенциальных взаимосвязей между изучаемыми признаками, из которых 9 – значимы на 1% уровне. Сильную положительную взаимосвязь отметили между содержанием в зерне протеина и золы и отрицательную – между содержанием протеина и БЭВ, золы и БЭВ. Выявили очень слабую взаимную вариабельность крахмала и БЭВ и среднюю отрицательную - крахмала и клетчатки. Считается, что взаимная вариабельность накопления в зерновках кукурузы крахмала и липидов взаимосвязана, и эти биохимические компоненты образуют амилозно-липидные комплексы [8, 9]. Тем не менее, в условиях 2025 г. сопряженности между содержанием жира и крахмала не выявили ($\rho = -0,18$).

Таблица 3 - Матрица коэффициентов корреляции между признаками биохимического состава зерна, 2026 г.

Признак	Крахмал	Протеин	Жир	Зола	Клетчатка	БЭВ
Крахмал	1,00					
Протеин	-0,11	1,00				
Жир	-0,18	-0,01	1,00			
Зола	-0,20	0,93**	0,04	1,00		
Клетчатка	-0,54**	0,40**	0,35**	0,61**	1,00	
БЭВ	0,25*	-0,87**	-0,42**	-0,89**	-0,65**	1,00

Примечание: * Значимо на 5% уровне, ** Значимо на 1% уровне, (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента)

Для более подробного анализа взаимосвязи между накоплением протеина и крахмала от других биохимических компонентов зерна, был проведен расчет корреляционного отношения. Для подтверждения или отрицания линейной связи использовали критерии криволинейности, рассчитанные программой, а также по формуле η^2-r^2 (при разнице $\geq 0,1$ связь считают криволинейной или приближающейся к таковой).

В результате дополнительных расчетов подтвердилась сильная положительная связь между содержанием протеина и содержанием золы ($\eta=0,91$) и содержанием БЭВ ($\eta=0,85$), F-критерий в обоих случаях значим, тем не менее низкие значения критериев криволинейности указывают на линейную связь между данными признаками или приближающуюся к таковой [6, 7].

Таблица 4 - Коэффициенты корреляционного отношения между содержанием протеина и основными компонентами биохимического состава зерна, 2025 г.

Признак	r	sr	η	s η	Fфакт	Fкрив.	η^2-r^2
Крахмал	0,10	0,11	0,27	0,10	0,90	0,85	0,06
Жир	-0,00	0,11	0,25	0,10	0,73	0,80	0,06
Зола	0,93	0,04	0,91	0,02	51,47*	-2,36	-0,03
Клетчатка	0,38	0,10	0,39	0,09	1,94	0,07	0,01
БЭВ	-0,86	0,06	0,85	0,03	28,50*	-0,51	-0,02

Показатели коэффициента корреляционного отношения содержания крахмала с другими биохимическими признаками выше чем значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Тем не менее, мы можем судить о достоверной сопряжённости только между содержанием крахмала и клетчатки ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}(2,21)$). Показатель критерия $\eta^2-r^2 > 0,1$, что указывает на криволинейный характер связи. Для более точной интерпретации рассчитали критерий Стьюдента, равный 3,42 (табличный 2,64). То есть, сопряжённость между данными признаками можно считать криволинейной.

Таблица 5 - Коэффициенты корреляционного отношения между содержанием крахмала и основными компонентами биохимического состава зерна, 2025 г.

Признак	r	sr	η	s η	Fфакт	Fкрив.	η^2-r^2
Протеин	-0,10	0,11	0,34	0,10	1,47	1,47	0,11
Жир	-0,15	0,11	0,40	0,09	2,11	1,96	0,14
Зола	-0,15	0,11	0,37	0,09	1,75	1,60	0,11
Клетчатка	-0,48	0,10	0,59	0,07	5,74*	1,98	0,12
БЭВ	0,24	0,11	0,37	0,09	1,77	1,16	0,08

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях 2025 г. среднюю вариабельность выявили по содержанию в зерне жира. Содержание протеина, крахмала, золы, клетчатки и БЭВ характеризовались слабой изменчивостью.

Выявили генотипы, формировавшие более 14% белка: Л-59, Л-50, а более 13,5% - 92с6261-18, Л-1-1, Л-8, Л-12, Л-42 и Л-71.

Более 63% крахмала накапливал генотип Л-56, тринадцать – в пределах 61,00-61,97%. У пяти образцов содержание крахмала не превышало 55% (93с0104-3, 93с0086-1, 92с6261-11, 92с6261-15, 92с6267-17).

Относительно высокое содержание жира с разницей 0,1% зафиксировали у образцов 92с6265-1 и Л-65. У линий Л-4, Л-52 Л-58, Л-69 и Л-70 отметили среднее значение признака, приближающееся к 6%.

Сильную положительную взаимосвязь отметили между содержанием в зерне протеина и золы и отрицательную – между содержанием протеина и БЭВ, золы и БЭВ. Выявили среднюю, предположительно криволинейную сопряжённость между накоплением в зерне крахмала и клетчатки.

Список литературы

1. Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г., Ионова Е.В. Влияние гидротермических условий на качество зерна озимой мягкой пшеницы. Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – 3(7). – С. 71-79.
2. Бутовец Е.С., Даниленко И.Н., Красковская Н.А. Оценка урожайности и качества зерна различных по происхождению гибридов кукурузы в условиях Приморского края. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – 184(3). – С.32-40. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-32-40
3. Поскребышева М.М., Исмагилов К.Р. Влияние гидротермических условий на рост и развитие растений кукурузы / М. М. Поскребышева, // Вестник Башкирского гос. аграр. ун-та. – 2020. – № 2. – С. 44–50
4. Сравнительный химический состав и питательность зерна кукурузы и сорго / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, И. Г. Плешакова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 293–302.
5. Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В. Оценка кормовой ценности зерна новых гибридов кукурузы, созданных с участием инбредных линий сибирского филиала ВНИИК // АПК России. – 2023. – Том 30. – № 3. – С. 346-351.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. 7.
7. Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа - М.: Колос, 1980. – 208.
8. Андреев Н.Р., Карпов В.Г. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалосодержащего сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 7. – С. 30-33.
9. Сазонова И.А., Титов В.Н., Бочкарева Ю.В., Бычкова В.В. Оценка биохимического состава зерна кукурузы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» для дальнейшего использования в АПК [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_624.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20216624>.]

© Гусева С.А., Носко О.С., Бычкова В.В., Светлов В.В., 2026

Научная статья

УДК 633.854.78: 631.52

А.П. Ермакова^{1,2}, С.П. Кудряшов¹, О.В. Ткаченко²

¹ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ОЦЕНКА ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО РАЗМЕРУ И МАССЕ СЕМЯН

Аннотация. Оценка самоопыленных линий подсолнечника позволяет исключить бесперспективные линии и в результате снизить затраты на поддержание коллекции. Изучались 6 ЦМС-линий и 3 линии-восстановители фертильности. Проведена статистическая оценка параметров и корреляционный анализ размеров семян (длина, ширина, толщина), а также массы 1000 семян. Сильная корреляционная зависимость наблюдалась между параметрами «масса 1000 семян» и «длина семечки».

Ключевые слова: подсолнечник, ЦМС-линии, линии-восстановители фертильности, корреляционный анализ

A.P. Ermakova^{1,2}, S.P. Kudryashov¹, O.V. Tkachenko²

¹Federal State Budgetary Institution "FANC of the South-East", Saratov, Russia

²Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

EVALUATION OF SUNFLOWER LINES BY SEED SIZE AND WEIGHT

Abstract. Evaluation of self-pollinated sunflower lines allows us to eliminate unpromising lines and, as a result, reduce collection maintenance costs. Six CMS lines and three fertility restorer lines were studied. A statistical evaluation of parameters and a correlation analysis of achene size (length, width, thickness) and thousand-seed weight were conducted. A strong correlation was observed between the thousand-seed weight and achene length parameters.

Key words: sunflower, CMS lines, fertility restorer lines, correlation analysis

Введение. Ежегодное увеличение посевных площадей, занятых подсолнечником, подтверждает его значимость как основной масличной культуры нашей страны. На данный момент примерно 90-95% посевных площадей занята гибридами подсолнечника. Основным преимуществом гибридов является более высокая урожайность и масличность, а также устойчивость к разным видам болезней, полеганию и засухе [1].

Наиболее популярный метод создания гибридов основан на использовании ЦМС либо генной (ядерной) мужской стерильности. Системы ЦМС используются на таких культурах как кукуруза, рапс, подсолнечник, рис, рожь.

Создание гибридов подсолнечника – долгий процесс, который включает в себя тщательный подбор наилучших комбинаций родительских линий с наиболее подходящей генетической основой. Оценка самоопыленных линий подсолнечника дает возможность снизить энергозатраты селекционного процесса за счет исключения бесперспективных линий [4].

Материалы и методы. Изучалось 9 линий подсолнечника, из которых 6 ЦМС-линий (ЮВ 40, ЮВ 41, ЮВ 42, ЮВ 45, Ф 31, Ф2 31) и 3 линии-восстановители фертильности (Ф34, L2, L3). Измерение линейных замеров семян проводили с использованием цифрового электронного штангенциркуля. Определялись следующие показатели: длина (*a*), ширина (*b*) и толщина семян (*c*).

Массу 1000 зерен определяли согласно Межгосударственному стандарту: ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян» [2]. Объем выборки составлял 20 шт.

Обработка результатов исследований проводилась методом оценки статистических параметров выборки при помощи программного пакета Agros.

Результаты исследования. Средняя длина семян всех образцов варьировала от 8 до 11,4 мм. Наибольшие показатели длины наблюдаются у ЦМС линий ЮВ 41 и Ф2 31 (табл. 1).

По показателю «ширина» наиболее крупными оказались семена линий ЮВ 45, Ф 31, Ф2 31, усредненные показатели которых составляли соответственно 6,1, 6,4, 6,8 мм. Средняя ширина семян остальных образцов варьировала от 3,9 до 4,8 мм (табл. 1).

Толщина семян всех ЦМС-линий в среднем варьировала от 2,2 до 4,1 мм. Наибольшие усредненные показатели (4,1, 3,6 мм) наблюдались у Ф 31, Ф2 31 (табл. 1).

Рассматривая линии-восстановители фертильности стоит учитывать, что семена практически всегда будут иметь меньшую массу, а соответственно и меньшие размеры семян. Это обусловлено большими энергетическими затратами растений на развитие множества корзинок [5] (табл. 1). При сравнении трех линий-восстановителей фертильности по усредненным показателям длины, ширины и толщины наилучшие результаты показал образец L3 (9,6, 5,2, 3,2 мм) (табл. 1).

Таблица 1 – Размеры семян и масса 1000 семян исследуемых линий

Линия	Длина семанки, мм			Ширина семанки, см			Толщина семанки, мм			Масса 1000 семян, г
	min	max	средняя	min	max	средняя	min	max	средняя	
ЦМС-линии										
ЮВ 40	9,2	11	10,4±0,4	3,5	5,7	4,8± 0,7	2	3,6	2,87±0,5	45,8
ЮВ 41	10,9	12	11,4±0,3	3,3	4,7	3,9±0,4	1,7	2,7	2,2±0,2	39
ЮВ 42	9,1	10,9	10,2±0,4	3,5	4,9	4,2±0,4	2	3,3	2,6±0,3	36,9
ЮВ 45	9,1	11	10,2±0,5	4,9	7,3	6,1±0,7	2,3	4,2	3,3±0,6	58,5
Ф 31	9,1	10,5	9,7±0,3	5,4	7,2	6,4±0,5	2,2	4,4	3,6±0,5	63,3
Ф2 31	10,7	11,7	11,06±0,3	5,8	7,7	6,8±0,5	3,5	5	4,1±0,4	51,4
Линии-восстановители фертильности (Rf – линии)										
Ф34	7,1	8,8	8,01±0,5	2,5	3,6	2,9±0,3	1,4	2,1	1,8±0,2	14,3
L2	8,1	10	9,2±0,4	4,2	5,5	4,7±0,4	2,3	2,5	2,7±0,3	27,1
L3	8,4	10,6	9,6±0,7	4	5,9	5,2±0,5	2,6	3,8	3,2±0,3	29

У ЦМС-линий масса 1000 семян варьировала от 36,9 до 63,3 г. Наилучший результат показали образцы Ф 31 и Ф2 31. Среди линий-восстановителей фертильности наибольшая масса 1000 семян наблюдалась у образца L3 (29 г) (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка статистических параметров и корреляционный анализ

Линия	Коэффициент вариации, V		
	a	b	c
ЦМС-линии			
ЮВ 40	3,925	13,314	16,937
ЮВ 41	2,619	10,686	9,868
ЮВ 42	4,360	9,340	13,988
ЮВ 45	4,437	11,698	17,801
Ф 31	3,018	7,724	13,187
Ф2 31	2,408	7,036	9,148
Линии-восстановители фертильности (Rf – линии)			
Ф 34	5,925	10,434	10,347
L2	4,328	7,713	13,333
L3	7,047	10,489	9,637
Коэффициент корреляции, r	$m1000/a$	$m1000/b$	$m1000/c$
	0,71	0,65	0,48
Стандартная ошибка	0,27	0,29	0,48

При оценке статистических параметров выборки был рассчитан коэффициент вариации (V). По Б.А. Доспехову [3] при значениях V до 10% вариация считается низкой, 10-20% – средней, более 20% – высокой. При рассмотрении показателей стерильных линий по параметру длины семянки все образцы имели низкую изменчивость. По показателям ширины и толщины наблюдалась как низкая, так и средняя изменчивость параметров. Наиболее неоднородными по совокупности двух и более метрических признаков являлись линии ЮВ-40 и ЮВ-45, среди линий-восстановителей фертильности – Ф 34 (табл. 2).

Был проведен корреляционный анализ между признаками «масса 1000 семян», «длина», «ширина» и «толщина» семянок. Сильная корреляционная зависимость ($r=0,71$) наблюдалась между признаками «масса 1000 семян» и «длина семянки». Между остальными признаками наблюдалась средняя корреляционная зависимость (соответственно 0,65, 0,48). Это говорит о наличии зависимости признака массы 1000 семян от всех изучаемых признаков [3] (табл. 2).

Выводы. Наиболее высокие показатели длины, ширины и толщины семянок наблюдались у ЦМС-линий Ф 31 и Ф2 31. При сравнении трех линий-восстановителей фертильности по усредненным показателям длины, ширины и толщины наилучшие результаты показал образец L2 (9,6, 5,2, 3,2 мм).

Лучший результат по показателю «масса 1000 семян» среди ЦМС-линий показали образцы Ф 31 и Ф2 31. Среди линий-восстановителей фертильности наибольшая масса 1000 семян наблюдалась у образца L3 (29 г).

По параметру длины семянки среди стерильных линий все образцы имели низкую изменчивость. По показателям ширины и толщины наблюдалась как низкая, так и средняя изменчивость параметров. Наиболее неоднородными по совокупности двух и более метрических признаков оказались ЦМС-линии ЮВ-

40 и ЮВ-45 и линия-восстановитель фертильности Ф 34.

Полный корреляционный анализ показал сильную зависимость между признаками «масса 1000 семян» и «длина семянки» ($r=0,71$). У остальных признаков наблюдалась средняя корреляционная зависимость (0,65, 0,48). Это говорит о наличии зависимости признака массы 1000 семян от других признаков.

Список литературы

1. Бушнев, А.С. Оценка приемов формирования урожайности и посевных качеств семян подсолнечника на участке гибридизации и в потомстве F1 / А.С. Бушнев, А.К. Гриднев, Ю.В. Мамырко, Г.И. Орехов, С.П. Подлесный, И.А. Павелко, В.А. Камардин. // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 2 (198). – С. 27–33.

2. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартиформ, 2009. – 3 с.

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

4. Шатарнов, О.П. Влияние комбинационной способности родительских линий на показатели продуктивности гибридов подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) / О.П. Шатарнов, Т.М. Шатарнова, Т.А. Силкова, Н.С. Фомченко, О.Г. Давыденко // Молекулярная и прикладная генетика. – 2016. – №20. – С.30–36.

5. Channakrishnaiah, K.M. Effect of nipping axillary flower buds on yield and yield components in rha-274 line of sunflower (*Helianthus annuus*) and its implication in seed production / K.M. Channakrishnaiah, P. Gopalareddy, E. Gangappa // Indian journal of genetics and plant breeding. – 1992. – № 04(52). – P. 396–400.

© Ермакова А.П., Кудряшов С.П., Ткаченко О.В., 2026

Научная статья
УДК 633.854.78

К.К. Ерменов^{1,2}, А.В. Лекарев¹, О.В. Ткаченко², С.П. Кудряшов¹, А.П. Ермакова¹, А.В. Поминов¹

¹ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов

²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аннотация. Проведена сравнительная оценка продуктивности шести гибридов подсолнечника. Использован однофакторный дисперсионный анализ по показателям урожайности, масличности и сбора масла, а также анализ структуры

урожая по методу В.А. Ильина. Установлены максимальные значения признаков у гибрида F₁ ПГ 81-935: урожайность 3,1 т/га, масличность 49,6%, сбор масла 1,52 т/га. Данный гибрид превосходил по сбору масла стандарт и остальные образцы, а также по урожайности – два гибрида. Прибавка урожая (+4,0 ц/га к стандарту) сформирована за счет увеличения массы 1000 зерен (+10,5 г). Этот элемент продуктивности оказал ведущее положительное влияние, тогда как сбор семян с единицы площади оставался лимитирующим фактором для большинства гибридов. Выявлен наиболее перспективный гибрид F₁ ПГ 81-935, сочетающий высокую урожайность, масличность и сбор масла, что определяет его ценность для селекции и производства.

Ключевые слова: масличность, сбор масла, урожайность, масса 1000 семян, гибрид, подсолнечник.

К. К. Ermenov^{1, 2}, А. V. Lekarev¹, О. V. Tkachenko², S.P. Kudryashov¹, А.Р. Ermakova¹, А.V. Pominov¹

¹FSBSO «FCAR of the South-East Region», Saratov

²Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER HYBRIDS

Abstract. A comparative assessment of the productivity of six sunflower hybrids was carried out. One-factor analysis of variance was used in terms of yield, oil content and oil harvest, as well as analysis of the crop structure using the method of V.A. Ilyin. The maximum values of the characteristics of the hybrid F₁ PG 81-935 have been established: yield 3.1 t/ha, oil content 49.6%, oil harvest 1.52 t/ha. This hybrid surpassed the standard and other samples in terms of oil collection, as well as two hybrids in terms of yield. The increase in yield (+4.0 kg/ha to the standard) was formed due to an increase in the weight of 1000 grains (+10.5 g). This element of productivity had a leading positive effect, while collecting seeds from a unit area remained the limiting factor for most hybrids. The most promising hybrid F₁ PG 81-935 has been identified, combining high yield, oil content and oil harvesting, which determines its value for breeding and production.

Key words: oil content, oil harvest, yield, weight of 1000 grains, hybrid, sunflower.

Введение. Масличные культуры играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности государства, являясь неотъемлемой составляющей сельского хозяйства России. Наиболее значимой представителем этой группы в стране является подсолнечник – из него производят порядка трёх четвертей всего объёма растительного масла, что составляет примерно 6 миллионов тонн в год [1]. Это одно из самых прибыльных и востребованных растений, оказывающее решающее влияние на финансовое состояние агропредприятий. Разнообразие конечных продуктов, выпускаемых из масла, обуславливает постоянный высокий спрос на семена подсолнечника как на

внутреннем, так и на внешнем рынке. Высокий спрос на масло семена сохранится и далее в следствии увеличения численности населения и растущего спроса на качественные продукты питания.

Сельское хозяйство Поволжья, включая Саратовскую область, расположено в зоне рискованного земледелия, где чередование влажных и засушливых сезонов – явление регулярное. Три из последних десяти лет характеризовались как засушливые, а нехватка влаги зафиксирована более чем в 60% случаев, причём острая засуха отмечалась в 21% случаев. При таких условиях устойчивое получение высоких урожаев продовольственных культур возможно лишь при создании сортов, обладающих приспособленностью к колебаниям климатических условий, и выборе тех сортов, которые обеспечивают надёжный, стабильно высокий урожай вне зависимости от метеорологической обстановки [2].

Урожайность подсолнечника является важнейшим критерием продуктивности масличных культур и формируется под влиянием совокупности генетических, агротехнических и экологических условий. Основная цель сельского хозяйства – достижение высоких и устойчивых урожаев. Это обеспечивается за счёт совершенствования технологий выращивания, внедрения новых компонентов агротехники. Одним из наиболее результативных подходов считается использование сортов и гибридов, способных полностью раскрыть свой биологический потенциал в реальных условиях возделывания. Отбор таких материалов требует проведения экологических и производственных испытаний [5].

Методы исследований: Объектом исследований стали шесть гибридных линий подсолнечника, созданных ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», включая контрольный образец: F1 ЮВС3 (St), F1 ПГ 87-935, F1 ПГ 81-935, F1 ПГ 20-935, F1 ПГ 16-935, F1 ПГ 19ор-935. Посев выполнен 17 мая 2025 года после предшественника – чёрного пара. Экспериментальные гибриды высевали на шестирядковых делянках площадью 25 м² в трёхкратной повторности. Норма высева составила 45 тыс. семян на гектар. Уход за культурами осуществлялся в соответствии с утверждёнными в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» агротехнологиями.

Для определения масличности применяли метод ИК-спектроскопии и импульсные методы ЯМР [6].

Полученные в ходе полевого эксперимента с шестью гибридами подсолнечника F₁ данные трех основных параметров (масличность, урожайность, сбор масла) были подвергнуты однофакторному дисперсионному анализу в соответствии с рекомендациями Б.А. Доспехова, с применением программного обеспечения AGROS [3, 4]. Также был выполнен анализ структуры прироста урожая по методике В.А. Ильина.

Результаты исследований.

Анализ данных испытываемых гибридов показал максимальную урожайность у гибрида F₁ ПГ 81-935 (3,1 т/га), она существенно превосходила показатели F₁ ПГ 20-935 (2,4 т/га) и F₁ ПГ 87-935 (2,2 т/га). При этом ни один из

экспериментальных гибридов не отличался статистически значимо от стандарта F₁ ЮВС-3 (2,7 т/га) (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность гибридов подсолнечника

№ п/п	Гибриды подсолнечника	Урожайность т/га			
		I	II	III	среднее
1	F ₁ ЮВС3 (St)	2,7	2,5	2,8	2,7 ab
2	F ₁ ПГ 87-935	2,0	2,4	2,3	2,2 a
3	F ₁ ПГ 81-935	3,1	3,0	3,1	3,1 b
4	F ₁ ПГ 20-935	2,6	2,0	2,6	2,4 a
5	F ₁ ПГ 16-935	2,7	2,9	2,2	2,6 ab
6	F ₁ ПГ 19ор-935	2,8	2,8	2,5	2,7 ab
НСР ₀₅		0,5			

Одним из главных показателей семян подсолнечника является их масличность. Эта характеристика обязательна для сертификации сельскохозяйственной продукции и оценки их стоимости. По показателю масличности семян (табл. 2) наибольшее значение зафиксировано у гибрида F₁ ПГ 81-935 (49,6 %), при этом данный гибрид статистически значимо не отличался от гибрида F₁ ПГ 19ор-935 (48,9 %). Минимальные значения (45,6–46,1 %) отмечены у гибридов F₁ ПГ 87-935, F₁ ПГ 20-935 и F₁ ПГ 16-935 – все они значительно уступали стандарту.

Таблица 2 – Масличность гибридов подсолнечника

№ п/п	Гибриды подсолнечника	Масличность, %			
		I	II	III	среднее
1	F ₁ ЮВС3 (St)	48,4	47,2	48,2	47,9 bc
2	F ₁ ПГ 87-935	46,0	45,1	45,8	45,6 a
3	F ₁ ПГ 81-935	48,9	50,5	49,3	49,6 d
4	F ₁ ПГ 20-935	45,4	45,9	46,9	46,1 a
5	F ₁ ПГ 16-935	46,1	46,7	45,2	46,0 a
6	F ₁ ПГ 19ор-935	48,2	49,8	48,7	48,9 cd
НСР ₀₅		1,4			

Сбор масла подсолнечника – показатель, который отражает количество масла, которое можно получить из семян этой масличной культуры [7]. Максимальный сбор масла обеспечил гибрид F₁ ПГ 81-935 (1,52 т/га) — он значительно превосходил гибриды F₁ ПГ 87-935 (1,02 т/га), F₁ ПГ 20-935 (1,11 т/га), F₁ ПГ 16-935 (1,19 т/га) (табл. 3). При этом гибрид F₁ ПГ 81-935 значимо не отличался по этому признаку от гибрида F₁ ПГ 19ор-935 (1,32 т/га) и стандарта F₁ ЮВС3 (1,28 т/га).

Таблица 3 – Сбор масла гибридов подсолнечника

№ п/п	Гибриды подсолнечника	Сбор масла т/га			
		I	II	III	среднее
1	St F ₁ ЮВС3	1,31	1,18	1,35	1,28 bc
2	F ₁ ПГ 87-935	0,92	1,08	1,05	1,02 a
3	F ₁ ПГ 81-935	1,51	1,51	1,53	1,52 c
4	F ₁ ПГ 20-935	1,18	0,92	1,22	1,11 ab
5	F ₁ ПГ 16-935	1,24	1,35	0,99	1,19 ab
6	F ₁ ПГ 19ор-935	1,35	1,39	1,22	1,32 bc
НСР ₀₅		0,23			

Урожайность семян подсолнечника определяется совокупностью показателей элементов структуры продуктивности, среди которых важное значение имеют число семян на растение и масса тысячи семян. На конечный результат также воздействуют такие параметры, как генетический потенциал растений, адаптация к уровню агротехнологий, состояние здоровья посевов, почвенно-климатические характеристики региона выращивания и используемые системы агротехнических мероприятий [8].

Сравнение показателей прироста урожайности по методике В.А. Ильина (табл. 4) продемонстрировало превосходство гибрида F₁ ПГ 81-935: урожайность 30,7 ц/га (+4,0 ц/га к стандарту 26,7 ц/га) была полностью сформирована за счёт увеличения массы 1000 зёрен (+10,5 ц/га), компенсировавшей снижение сбора семян с единицы площади (-6,5 ц/га). Аналогичный, хотя и менее выраженный, положительный вклад крупного зерна (+8,0 ц/га) позволил гибриду F₁ ПГ 19ор-935 получить небольшую общую прибавку (+0,3 ц/га). У остальных гибридов разница с контролем была отрицательной (от -0,7 до -4,4 ц/га), причём в большинстве случаев снижение урожайности определялось уменьшением сбора семян с м², лишь частично компенсированным ростом массы 1000 зёрен.

Таблица 4 – Анализ прибавки урожая по методу В.А. Ильина

№ п/п	Гибриды подсолнечника	Урожай, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Сбор семян, тыс. шт./м ²	Прибавка урожая (ц/га)		
					сбор семян	масса 1000 зерен	общая
1	F ₁ ЮВС-3 (St)	26,7	47,3	5,6	-	-	-
2	F ₁ ПГ 87-935	22,3	52,0	4,3	- 6,4	2,0	- 4,4
3	F ₁ ПГ 81-935	30,7	72,0	4,3	- 6,5	10,5	4,0
4	F ₁ ПГ 20-935	24,0	46,7	5,1	- 2,4	- 0,3	- 2,7
5	F ₁ ПГ 16-935	26,0	60,7	4,3	- 6,4	5,7	- 0,7
6	F ₁ ПГ 19ор-935	27,0	67,3	4,0	- 7,7	8,0	0,3

Полученные данные свидетельствуют, что гибрид F₁ ПГ 81-935 сочетает высокую урожайность, масличность и сбор масла, превосходя стандарт по

комплексу показателей за счёт улучшения качества зерна. Масса 1000 зёрен выступила ведущим структурным элементом, положительно влияющим на урожайность, у наиболее продуктивных гибридов, а сбор семян с единицы площади – основным лимитирующим фактором.

Список литературы

1. Вашенко А. В. и др. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном //Аграрный научный журнал. – 2020. – №. 1. – С. 4-8.
2. Моница О. Ю. Статистический анализ производства подсолнечника в Саратовской области //Актуальные проблемы и перспективы развития государственной статистики в современных условиях. – 2017. – С. 120-123.
3. Хозяйственно ценные признаки допущенных к производству и перспективных гибридов масличного подсолнечника / Волгин В.В., Костевич С.В., Савченко В.Д., Медведева Н.В., Рыженко Е.Н., Бочкарёв Б.Н., Голощапова Н.Н., Рубанова О.А. // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 3 (179). – С. 11-20.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
5. Жаркова С. В., Хворов П. В. урожайность подсолнечника и её вариабельность в зависимости от условий выращивания // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – №4-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urozhaynost-podsolnechnika-i-eyo-variabelnost-v-zavisimosti-ot-usloviy-vyraschivaniya> (дата обращения: 24.03.2026).
6. Агафонов О. С., Прудников С. М. Определение масличности семян подсолнечника по натуральным образцам подсолнечного масла: на примере градуировки импульсного ЯМР-анализатора // Эталон. Стандартные образцы. – 2023. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-maslichnosti-semyan-podsolnechnika-po-naturalnym-obraztsam-podsolnechnogo-masla-na-primere-graduirovki-impulsnogo-yamr> (дата обращения: 24.03.2026).
7. Кагермазова А.Ч., Курашев Ж.Х., Гадиева А.А., Кертова М.М. Влияние влагообеспеченности растений и качества сортов семян подсолнечника на выход масла // Современные проблемы науки и образования. –2015. – № 1-1. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18916> (дата обращения: 24.03.2026).
8. Буенков А.Ю., Кудряшов С.П. Изменение количества и массы 1000 семян по годам, их влияние на урожайность семян сортов подсолнечника // Масличные культуры. – 2023. – Вып. 3 (195). – С. 12–18.

Научная статья
УДК 573.6

**С. В. Жилин, Т. И. Дьячук, О. В. Хомякова, В. Н. Акинина, Э. В. Калашникова,
О. А. Генералова, В. П. Куликова**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПЛОИДНОСТИ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ ТРИТИКАЛЕ (*×Triticosecale* Wittmack)

Аннотация. Для ускоренного создания сортов в селекции растений широко применяется гаплоидия, позволяющая сокращать сроки создания гомозиготных линий в среднем на 5–7 лет. Наиболее эффективным методом получения гаплоидных растений тритикале является культура пыльников *in vitro*. Растения-регенеранты, полученные этим методом, могут быть как гаплоидами, так и спонтанными диплоидами. В этой связи определение уровня ploидности является важной составной частью технологии получения удвоенных гаплоидов (DH-линий). Цель исследований – изучить возможность применения параметров устьичных клеток для оценки уровня ploидности регенерантов, полученных в культуре пыльников тритикале (*×Triticosecale* Wittmack). Установлено, что параметры устьичных клеток коррелируют с числом хромосом регенерантов и могут использоваться для массового скрининга уровня ploидности. По изученным показателям растения с одинаковой ploидностью оказались достаточно однородными, что позволяет заключить о незначительном влиянии генотипа на этот показатель в пределах изученной выборки. Следует также отметить, что значимых различий между спонтанными диплоидами из культуры пыльников и контроля (растений тритикале, полученных из семян) не наблюдалось. Установлено, что длина устьичных клеток равна $61,6 \pm 0,8$ мкм для гаплоидных растений и $86,6 \pm 0,4$ мкм для спонтанных диплоидов. Плотность расположения клеток на 1 мм^2 составляет $31,2 \pm 0,3$ шт и $20,2 \pm 0,4$ шт для гаплоидов и диплоидов соответственно. Семь растений из 40 изученных оказались спонтанными диплоидами с частотой спонтанного удвоения хромосом в 17,5%. Результаты косвенного определения уровня ploидности регенерантов подтверждены прямым цитогенетическим методом – подсчетом числа хромосом в кончиках корней растений-регенерантов.

Ключевые слова: тритикале, селекция, гаплоидия, культура пыльников, устьичные клетки

S. V. Zhilin, T. I. Djachuk, O. V. Khomyakova, V. N. Akinina, E. V. Kalashnikova, O. A. Generalova, V. P. Kulikova

Federal State Budgetary Scientific Organization “Federal Center of Agriculture Research of South-East Region”, Saratov

IDENTIFICATION OF THE PLOIDY LEVEL OF TRITIKALE (*×Triticosecale* Wittmack) REGENERATED PLANTS OBTAINED BY THE ANTHHER CULTURE METHOD

Abstract. Haploidy is widely used in plant breeding to accelerate the creation of varieties, allowing the time needed to create homozygous lines to be reduced by an average of 5–7 years. The anther culture method is the most effective for the mass production of haploid triticales plants. Along with haploids, regenerated plants obtained by this method can be spontaneous diploids. In this regard, determination of the ploidy level is an important component of the technology for obtaining doubled haploids (DH lines). The aim of the research is to study the possibility of using stomatal cell parameters to assess the chromosome number of regenerants obtained in the culture of triticales (*×Triticosecale* Wittmack) anthers. It was found that the parameters of stomatal cells correlate with the ploidy level and can be used for mass screening of the ploidy level. According to the studied parameters, plants with the same ploidy turned out to be quite homogeneous, which allows us to conclude that the genotype has an insignificant effect on this indicator within the studied sample. No significant differences were observed between spontaneous diploids from the anther culture and the control (triticales plants obtained from seeds). It was found that the length of stomatal cells was $61.6 \pm 0.8 \mu\text{m}$ for haploid plants and $86.6 \pm 0.4 \mu\text{m}$ for spontaneous diploids. The cell density per 1 mm^2 was $31.2 \pm 0.3 \text{ pcs.}$ and $20.2 \pm 0.4 \text{ pcs.}$ for haploids and diploids, respectively. Seven plants out of 40 studied were spontaneous diploids with a spontaneous chromosome doubling frequency of 17.5%. The results of indirect determination of the ploidy level of regenerants were confirmed by a direct cytogenetic method – counting the number of chromosomes in the root tips of regenerant plants.

Key words: triticales, breeding, haploidy, anther culture, stomatal cells

Введение. Для достижения гомозиготности у тритикале, как и у пшеницы, требуется 5-7 поколений самоопыления, гарантирующих генетическую чистоту и однообразие потомства [1, 2]. Альтернативой для быстрого достижения гомозиготности служат спорофиты, содержащие гаплоидный набор хромосом. Восстановление диплоидного набора хромосом приводит к получению ДН-линий – удвоенных гаплоидов (ДН-линий), массовое получение которых стало возможным благодаря развитию методов *in vitro* (IVB-методы) [3, 4, 5].

Наиболее распространенным методом получения гаплоидных растений тритикале является метод андрогенеза *in vitro*, который реализуется в культуре пыльников и изолированных микроспор. Общая особенность технологий получения гаплоидных растений в культуре пыльников заключается в том, что растения-регенеранты обладают разным уровнем пloidности. У тритикале, кроме гаплоидов, встречаются спонтанные диплоиды и анеуплоиды [6]. В культуре пыльников рапса лишь 10-15% растений являются гаплоидами, остальные растения – спонтанные диплоиды [7]. У тритикале частота спонтанной диплоидизации достигает 26,5% [8]. В связи с этим установление

уровня плоидности является составной частью технологии получения удвоенных гаплоидов.

Для определения уровня плоидности применяются как прямые, так и косвенные методы. Наиболее надежным методом определения уровня плоидности растений является подсчет числа хромосом в делящихся клетках зоны роста корня молодых растений [9]. Однако метод требует много времени и достаточно высокой квалификации исследователя, что ограничивает его применение для массового анализа уровня плоидности растений.

Одним из эффективных и точных методов изучения уровня плоидности является проточная цитометрия. Метод основан на измерении количества ДНК в клетке, который применяют на клеточных ядрах и изолированных протопластах. Основным недостатком является высокая стоимость прибора и реактивов, что увеличивает себестоимость одного анализа и недоступно для многих лабораторий [10].

Косвенные методы основаны на различных характеристиках клеток, тканей, а также растения в целом, тесно коррелирующие с плоидностью растительного организма. Методы изучения структуры эпидермиса листа являются простыми в использовании, не требуют дорогих реактивов или оборудования и могут быть применимы для анализа большого числа растений [10, 11]. Определение уровня плоидности по косвенным морфологическим признакам эпидермиса листа в три раза быстрее и в 20 раз дешевле, чем проточная цитометрия, при этом не требуется больших инвестиций или специальной подготовки кадров [12]. Уникальные исследования связи размера устьиц и размера генома проведено усилиями исследователей для широкого спектра покрытосеменных растений 1442 видов в Аргентине, Иране, Испании и Великобритании; при этом установлено, что величина устьиц положительно коррелирует с размером генома в большом диапазоне основных таксонов [13]. Метод успешно применялся для определения происхождения растений-регенерантов в культуре пыльников льна [14], морошки приземистой [15], смородины американской и смородины красной [16], диплоидных и амфиплоидных видов *Brassica* [17], сахарной свеклы [18].

Цель исследований - изучить возможность применения параметров устьичных клеток для оценки уровня плоидности регенерантов, полученных в культуре пыльников тритикале (*×Triticosecale* Wittmack).

Материал и методика. Объектом исследований служили растения-регенеранты, полученные методом андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников пяти селекционных образцов озимой гексаплоидной тритикале селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Для изучения было отобрано по 10 растений-регенерантов каждого генотипа. С каждого растения отбирали 2-3 полностью развитых листа. Пинцетом с нижней стороны листа снимали эпидерму. Высечки из листьев окрашивали в капле раствора йод-йодистого калия (1г йода и 2г йодистого калия) в 100мл дистиллированной воды [19]. Препараты просматривали на микроскопе Nexcore NE 620 (Китай) с использованием объектива 40х. В качестве контроля служили параметры устьичных клеток

растений с установленным диплоидным числом хромосом (самоопыленные растения сорта Зубр). Снимки сделаны камерой Microscope Digital Camera Bus51B-700M (Китай). Для проведения измерений длины устьичных клеток применялась программа ImageView версия x64,4.11.20977.20220605. Для определения плотности устьиц изучали 3-5 микроскопических полей на лист.

Экспериментальные данные обрабатывали при помощи статистического пакета «Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции» (AGROS версия 2.09) и представлены в виде средних арифметических значений с указанием ошибки среднего.

Результаты и обсуждение. Теоретически, микроспоры содержат гаплоидный набор хромосом, а растения, полученные из таких микроспор, являются гаплоидными. Однако в некоторых случаях на ранних стадиях эмбриогенеза происходит спонтанное удвоение хромосом, которое дает начало удвоенным гаплоидам (DHs). Геномная дупликация может происходить за счет эндомитоза, эндоредупликации, слияния ядер и образования нередуцированных гамет. Частота спонтанной диплоидизации зависит от генотипа, вида применяемого стресса и его интенсивности, а также условий культивирования. Феномен спонтанного удвоения числа хромосом проявляется у различных видов и позволяет сокращать время и затраты на получение ДН-линий [20]. Поэтому анализ уровня пloidности регенерантов перед процедурой искусственного удвоения числа хромосом является важной составной частью получения ДН-линий.

Выявлено, что строение замыкающих клеток устьиц у тритикале типично для однодольных растений – клетки вытянуты в длину, сужены в середине, имеют гантелевидную форму. Устьица тритикале образуют правильные параллельные ряды (рис.1). Определение числа хлоропластов для идентификации пloidности растений широко используется у двудольных, у которых хлоропласты расположены по всей поверхности замыкающих клеток и хорошо различимы [17]. У злаков, в том числе у тритикале, ввиду особого строения устьичных клеток, хлоропласты плотно «упакованы» в гантелях.

Лишь в единичных случаях после промораживания листьев нам удавалось наблюдать клетки с числом хлоропластов от 14 до 17 (предполагаемые гаплоиды) и 29-31 (предполагаемые спонтанные диплоиды) (рис. с, d). Однако для статистики такое число клеток было недостаточным. В связи с этим были использованы другие морфометрические показатели – длина устьиц и плотность их расположения на 1 мм². Длина замыкающих клеток устьиц у гаплоидных растений тритикале варьировала в пределах от 58,8 до 63,2мкм, у спонтанных диплоидов – от 84,4 до 88,3мкм (табл.1).

Второй морфометрический показатель – плотность расположения устьиц на 1мм² также различался у растений разных групп. У предполагаемых гаплоидов его значение для 33 растений разных генотипов варьировало от 29,8 до 33,0 шт., у спонтанных диплоидов для 7 растений тех же генотипов от 18,8 до 21,8шт. По изученному показателю растения разных групп оказались достаточно однородными, что позволяет заключить о незначительном влиянии генотипа на

этот показатель в пределах изученной выборки. Выявленные морфометрические показатели для спонтанных диплоидов не проявили значимых различий с показателями контрольных растений тритикале, полученных из семян (табл.2).

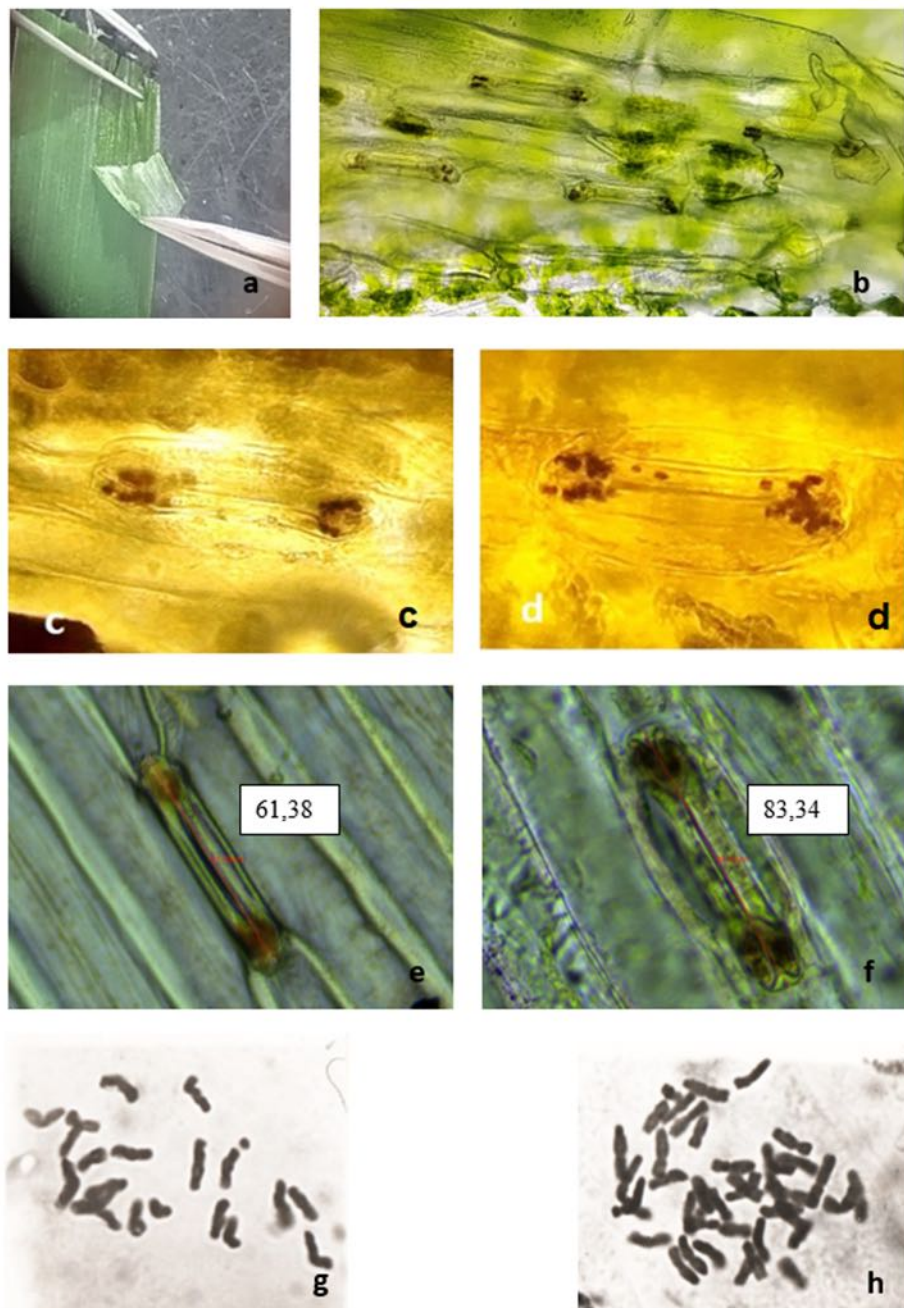


Рисунок 1 - Устьичные клетки растений-регенерантов тритикале, полученных в культуре пыльников *in vitro*: а - снятие эпидермы; б - расположение устьиц в эпидермисе листа; с, d - устьица с хлоропластами; е, f- морфометрия замыкающих клеток; г - хромосомы в кончиках корней гаплоидных, h - диплоидных растений

В среднем по 4-м генотипам длина устьичных клеток гаплоидных растений составила 61,6мкм, диплоидных – 86,6мкм, плотность расположения на 1мм² – 31,2 и 20,2 штук соответственно (табл.3).

Таблица 1 – Длина замыкающих клеток устьиц у регенерантов тритикале, полученных в культуре пыльников

Генотип/ № растения	Длина замыкающих клеток, мкм		Генотип/ № растения	Длина замыкающих клеток, мкм	
	гаплоиды	спонтанные диплоиды		гаплоиды	спонтанные диплоиды
контроль	-			-	84,6d
96			99		
1	62,2a		1		84,4bcd
2	61,3a		2	59,7a	
3	61,1a		3	60,8a	
4	62,6a		4	61,4a	
5	60,7a		5	60,5a	
6	61,4a		6		84,8cd
7	60,9a		7	61,3a	
8		86,0bcd	8	60,4a	
9		87,7cd	9		84,9d
10		88,3d	10	60,4	
98			100		
1	60,4a		1		84,8b
2	60,5a		2	62,3a	
3	59,6a		3	61,7a	
4	59,7a		4	62,0a	
5	60,6a		5	63,2a	
6		86,1b	6	62,8a	
7	61,6a		7	61,6a	
8	58,8a		8	61,9a	
9	61,3a		9	61,4a	
10	61,6a		10	61,8a	

Примечание: варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, не различаются по критерию Дункана

Таблица 2 – Плотность расположения устьиц у регенерантов тритикале, полученных в культуре пыльников

Генотип/ № растения	Плотность расположения устьиц шт/мм ²		Генотип/ № растения	Плотность расположения устьиц шт/мм ²	
	гаплоиды	спонтанные диплоиды		гаплоиды	спонтанные диплоиды
контроль	-			-	20,8a
96			99		
1	29,8bcd		1		19,4a
2	30,8d		2	32,6d	
3	30,8d		3	32,4d	
4	32,0d		4	31,8d	
5	30,4cd		5	31,8cd	
6	30,6d		6		18,8a
7	31,0d		7	31,2bcd	

8		20,4a	8	31,8d	
9		21,8a	9		19,2a
10		21,6a	10	31,8d	
98			100		
1	30,4b		1		18,8a
2	32,8b		2	30,2b	
3	33,0b		3	31,0b	
4	32,8b		4	30,4b	
5	32,8b		5	30,2b	
6		19,4a	6	30,2b	
7	31,4b		7	31,4b	
8	30,4b		8	30,2b	
9	32,2b		9	30,6b	
10	31,4b		10	31,0b	

Примечание: варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, не различаются по критерию Дункана

Таблица 3 – Морфометрические показатели устьичных клеток у регенерантов тритикале, полученных в культуре пыльников

Генотип	Гаплоид			Диплоид		
	число растений, шт	длина устьичных клеток, мкм	плотность устьиц, шт/мм ²	число растений,шт	длина устьичных клеток, мкм	плотность устьиц, шт/мм ²
Контроль 2n				5	84,6±1,2	20,8±0,9
96	7	62,6±1,1	31,8±0,6	3	87,3±0,7	21,6±0,6
98	9	58,9±0,8	31,3±0,4	1	74,4±0,2	19,4±0,8
99	8	60,0±1,3	31,2±0,8	2	80,8±1,7	19,8±0,4
100	9	59,3±1,4	30,8±0,4	1	83,2±1,1	18,8±0,8
Σ	33			7		
среднее		61,6±0,8	31,2±0,3		86,6±0,4	20,2±0,4

При определении числа хромосом прямым цитогенетическим методом – подсчетом их числа в кончиках корней, подтвердилось соответствие выявленных различий морфометрических характеристик замыкающих клеток устьиц с уровнем ploидности регенерантов (рис.1). Семь растений из 40 изученных оказались спонтанными диплоидами с частотой спонтанного удвоения хромосом в 17,5%.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили взаимосвязь морфометрических показателей устьичного аппарата в эпидермисе листа (размера устьичных клеток и плотности их расположения) с гаплоидным и диплоидным числом хромосом регенерантов тритикале, полученных в культуре изолированных пыльников. При определении числа хромосом прямым цитогенетическим методом – подсчетом их числа в кончиках корней, подтвердилось соответствие выявленных различий морфометрических характеристик замыкающих клеток устьиц с уровнем ploидности регенерантов.

Длина устьичных клеток гаплоидных растений составила 61,6 мкм, диплоидных – 86,6 мкм, плотность расположения на 1 мм² – 31,2 и 20,2 штук соответственно.

Благодарности. Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания по теме FNWF-2022-0001 «Ускоренное создание сортов и линий тритикале на основе удвоенных гаплоидов»

The research was carried out as part of the state assignment on the topic FNWF-2022-0001 "Accelerated creation of triticale varieties and lines based on doubled haploids"

Список литературы

1. Wedzony M. Doubled Haploids in Triticale // Triticale. Eudes (ed.): Springer International Publishing Switzerland, 2015. – P. 111-128. DOI 10.1007/978-3-319-22551-7_6.
2. Weyen J. Application of Doubled Haploids in Plant Breeding and Applied Research // Doubled haploid Technology. Volume 1: General Topics, Alliaceae, Cereals (ed. J.M. Segui-Simarro). Humana Press, 2021. – P.23-39. DOI: 10.1007/978-1-0716-1315-3_2.
3. Patial M., Pal D., Thakur A., Bana R.S. Patial S. Doubled Haploidy Techniques in Wheat (*Triticum aestivum* L.): an Overview // Proc. Nat. Acad. Sci., Sect. Biol. Sci. (Jan-Mar 2019). – Vol. 89(1). – P. 27-41. DOI 10.1007/s40011-017-0870-z.
4. Niazian M., Shariatpanahi M. *In vitro* doubled haploid production: recent improvements // Euphytica. –Vol.216. – P.69. DOI: 10.1007/s10681-020-02609-7.
5. Segui-Simarro J.M., Moreno J.B., Fernandes M.G. and Mir R. Species with Haploid or Doubled Haploid Production // Doubled Haploid Technology. Volume 1: General Topics, Alliaceae, Cereals (ed. J.M. Segui-Simarro). Humana Press, 2021. – P. 41-103. DOI:10.1007/978-1-0716-1315-3_3.
6. Charmet G. Origin of Aneuploid Plants Obtained by Anther Culture in Triticale // Canad. J. of Genetics and Cytology. –1986. –Vol. 28. –P. 444-452.
7. Муравлев А.А., Кривошеева О.Г. Методические рекомендации по получению андроклиных растений ярового рапса // М.: Россельхозакадемия, 1999. –23с.
8. Ержебаева Р.С., Абдурахманов М.А., Бастубаев Ш.О., Таджибаев Д. Эмбриогенез и регенерация растений в культуре пыльников гексаплоидной тритикале (\times Triticosecale Wittmack) под влиянием цитокинина зеатина // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54 (5). – С. 934-945. DOI:10.15389/agrobiologi.2019.5.934rus.
9. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений // М.:Агропромиздат, 1988. – 271с.
10. Ochatt S. and Segui-Simarro J. M. Analysis of Ploidy in Haploids and Doubled haploids // Doubled Haploid Technology: Volume 1: General Topics, Alliaceae, Cereals (ed. J.M. Segui-Simarro). Humana Press, 2021. – P.105-125. DOI:10.1007/978-1-0716-1315-3_4.

11. Sattler M.C., Carvalho C.R., Clarindo W.K. The polyploidy and its key role in plant breeding // *Planta*. –2016. –Vol.243. –P.281-296. DOI: 10.1007/s00425-015-2450-x.
12. Choe E. Carbonero C.H., Mulvaney K., Rayburn A.L., Mumm R.H. Improving in vivo maize doubled haploid production efficiency through early detection of false positives // *Plant Breeding*. – 2012. – Vol.131 (3). – P.399-401.
13. Клименко В.П., Лушай Е.А., Абдурашитова А.С. Идентификация уровня ploидности растений в селекции винограда // *Виноградарство и виноделие*. - 2021. – Т 23(4). – С.322-329. DOI:10.35547/IM.2021.23.4.003.
14. Сорока А.И., Лях В.А. Определение происхождения растений-регенерантов в культуре пыльников льна // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. –2013. –Т.17. –№2. – С.343-348.
15. Зонтиков Д.Н, Зонтикова С.А, Малахова К.В. Сравнительный анализ некоторых морфометрических показателей устьичного аппарата и содержания хлорофилла у *Rubus chamaemorus* L // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. –2022. –№3. – С.59-68.
16. Дубровский М.Л. Морфологическая характеристика диплоидных и автотетраплоидных форм растений смородины американской и смородины красной // *Вопросы современной науки и практики*. –2008. –Т.2. – С.186-190.
17. Монахос С.Г., Нгуен М.Л, Безбожная А.В., Монахос Г.Ф. Связь ploидности растений с числом хлоропластов в замыкающих клетках устьиц у диплоидных и амфиплоидных видов *Brassica* // *Сельскохозяйственная биология*. –2014. – №5. – С.44-54.
18. Малецкий С.И. Юданова С.С., Малецкая Е.И. Гармонические пропорции числа хлоропластов в популяциях замыкающих клеток устьиц сахарной свеклы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2013. –Т.17. –№1. –С.72-79.
19. Thomas T.D., Bhatnagar A.K., Bhojwani S.S. Production of triploid plants of mulberry (*Morus alba* L.) by endosperm culture // *Plant Cell Reports*. – 2000. – Vol.19(4). – P. 395-399. DOI:10.1007/s002990050746.
20. Ahmadi B., Ebrahimzaden H. In vitro androgenesis: spontaneous vs. artificial genome doubling and characterization of regenerants // *Plant Cell Reports*. – 2020.- Vol.39. – P.299-316.

© Жилин С.В., 2026

Научная статья
УДК 633.174:681.4:631.527

С.С. Куколева, И.Г. Ефремова, Д.С. Семин, О.В. Киреева, Н.А. Колганов

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

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ ПИТОМНИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СОРТОИЗУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты изучения морфометрических характеристик 26 образцов суданской травы в питомнике предварительного сорт изучения, в число которых вошли: высота растений через 30 дней после всходов, высота растений при созревании, площадь наибольшего и флагового листа, параметры соцветия – длина, ширина и выдвинутость ножки метелки, а также элементы продуктивности.

Ключевые слова: суданская трава, селекция, анализ выборки, элемент продуктивности, морфометрический показатель

S.S. Kukoleva, I.G. Efremova, D.S. Semin, O.V. Kireeva, N.A. Kolganov

Federal State Research Institution «Russian Scientific Research and Technological Design Institute of sorghum and corn», Saratov, Russia

EVALUATION OF SUDAN GRASS SAMPLES FROM THE PRELIMINARY VARIETY TESTING NURSERY

Abstract. This article presents the results of a study of the morphometric characteristics of 26 Sudan grass accessions in a preliminary variety testing nursery. These included plant height 30 days after germination, plant height at maturity, area of the largest and flag leaves, inflorescence parameters (length, width, and protrusion of the panicle stalk), and productivity factors.

Key words: Sudan grass, breeding, sample analysis, productivity factor, morphometric indicator

Суданская трава обладает рядом ценных качеств, которые делают ее лучше других видов сорго. Она отличается тонким стеблем, пышным кустом и обильной листвой. Важно, что она быстро отрастает после скашивания, а также прекрасно переносит засуху и жару [1]. Именно поэтому в Саратовской области, где земледелие сопряжено с рисками, суданскую траву считают универсальной и очень перспективной культурой для производства кормов [2].

Величина урожая всех сельскохозяйственных культур, в том числе суданской травы, определяется точностью подбора нормы высева семян и последующей оптимальной густотой стояния растений [3]. Существует параболическая зависимость между плотностью растений на единицу площади и

продуктивностью посевов: оптимальная густота обеспечивает идеальную площадь питания, что, в свою очередь, гарантирует достаточное снабжение растений питательными веществами и влагой [4]. Урожайность – это комплексный признак, формирующийся из различных элементов, каждый из которых обладает своей селекционной значимостью [5]. Для урожайности зеленой массы ключевыми факторами являются высота растений, а также количество, длина и ширина листьев [6-7].

Травянистое сорго представляет собой перспективный интродуцент и универсальную культуру. Его можно использовать для получения зеленой массы, подкормки, выпаса, а также для производства сена, сенажа, силоса, травяной муки, зерносенажа и гранул. Эта культура является надежным поставщиком зеленых кормов и важным звеном в сырьевом конвейере [8-9].

Цель исследования: провести сравнительную оценку линий суданской травы по хозяйственно-ценным признакам для выявления лучших форм, используемых в дальнейшей селекции.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили линии суданской травы. Посев проводили в оптимальные сроки в 2025 году, на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», сеялкой СКС-6-10, посев широкорядный 70 см. Оценка хозяйственно-ценных признаков проведена согласно Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [10], а также в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания [11]. Площадь делянок в питомниках составила, предварительного сортоиспытания – 15,4 м². Повторность трёхкратная. Густота стояния растений корректируется вручную – 100-150 тыс. раст./га. В качестве стандарта использован районированный сорт суданской травы Спартанка. Статистическая обработка данных проведена с помощью программы AGROS версии 2.09 методом статистических параметров выборки показателей [12].

Результаты исследований. Изученные показатели проявили широкую вариабельность величины признаков: от 7,3% по высоте растений при созревании до 48,2% по площади флагового листа (таблица 1).

Средняя величина стартового роста образцов составила 70,9 см. В питомнике установлены 5 линий, существенно превосходящие среднюю по этому признаку: Лаура – 87,0 см, Л 30-1/17 – 81,2 см, Л 34/17 – 91,7 см, Л 35/15 – 82,0 см, Л 53/17 – 84,7 см (приложение 26). Высота растений при созревании проявила слабую изменчивость ($V=7,3\%$), средняя величина признака в питомнике составила 178,6 см, существенно выше ее оказались 6 образцов суданской травы с изменчивостью признака от 185,2 см (Л-35/15) до 212,0 см (Л-79/14).

Площадь флагового листа сильно варьировала ($V=48,2\%$) в пределах 23,4 – 132,6 см², что дало возможность установить 5 образцов с максимальной величиной показателя: Элегия – 80,5 см², Л-30-1/17 – 132,6 см², Л-79/14 – 110,0 см², Л-94/14 – 81,5 см², Л-193-1/22 – 124,5 см². Площадь наибольшего листа у образцов варьировала в пределах 84,0-218,3 см², самая значительная величина

показателя установлена у 5 образцов: от 177,2 см² у образцов Элегия и Л-94/14 до 218,3 см² у линии Л-193-1/22.

Таблица 1 – Оценка статистических параметров выборки по морфометрическим показателям и элементам продуктивности селекционных линий суданской травы, 2025 г.

Признак	Значение признака (min...max)	Средняя и её ошибка	Коэффициент вариации V, (%)
Интенсивность начального роста, см	58,0-91,7	70,9±1,68	12,1
Высота растений при созревании, см	156,2-212,0	178,6±2,57	7,3
Площадь флагового листа, см ²	23,4-132,6	59,8±5,66	48,2
Площадь наибольшего листа, см ²	84,0-218,3	130,8±7,79	30,4
Длина соцветия, см	19,2-37,0	25,1±0,79	16,0
Ширина соцветия, см	4,8-23,2	17,2±0,82	24,1
Выдвинутость ножки соцветия, см	6,8-39,9	21,8±1,65	38,6
Масса 1000 семян, г	11,2-23,7	16,8±0,7	19,5
Урожайность зерна, т/га	1,60-3,30	2,40±0,1	19,9
Урожайность биомассы, т/га	10,70-15,60	12,20±0,23	9,4
Продуктивная кустистость, шт./раст.	1,20-4,80	2,70±0,19	34,7
Общая кустистость, шт./раст.	1,30-5,30	2,90±0,22	37,8

По длине соцветия отмечена средняя изменчивость признака (V=16,0%). Установлены 7 образцов с наибольшей длиной соцветий, которая изменялась в пределах 28,2 см (Л-176/14) – 29,7 см (Л-112/15). Ширина соцветий у образцов варьировала от 4,8 см до 23,2 см. Установлены 7 линий с наибольшей величиной показателя, достигшей 19,5 см (Л-33-1/17) – 22,9 см (Элегия). Выдвинутость ножки соцветия характеризовалась значительной изменчивостью, коэффициент вариации составил 38,6%, колебания величины показателя оказались в пределах 6,8-39,9 см. Выявлено 7 образцов с наибольшей величиной признака, среди которых выделились Л-53/17 – 31,2 см, Л-106-2 – 32,3 см, Л-97/22 – 39,9 см. Следует отметить, что в питомнике установлены образцы с комплексом показателей с наибольшей величиной признака, которые используются в качестве их доноров. К такому ценному селекционному материалу отнесены: сорт Элегия, линии Л-30-1/17, Л-79/14, Л-97/22.

У линий суданской травы масса 1000 семян варьировала от 11,2 г (Л-106-2) до 23,7 г (Л-85), коэффициент вариации составил 19,5%, средняя величина показателя – 16,8 г (таблица 14). Выявлены линии суданской травы, существенно превосходящие среднее значение признака в питомнике: Лаура – 20,0 г, Л-30-1/17 – 22,1 г, Л-85 – 23,7 г., Л-94/14 – 21,0 г, Л-118/17 – 21,7 г.

Урожайность зерна образцов суданской травы проявила среднюю изменчивость – в пределах 1,60-3,30 т/га, V=19,9%, среднее значение урожайности семян образцов в питомнике составило 2,40 т/га. Выделены 7 линий, достоверно превышающих среднюю урожайность зерна в образцах, которая у них варьировала от 2,73 т/га (Л-79/14 и Л-85) до 3,17 т/га (Л-34/17 и Л-122).

Наибольшей урожайностью биомассы отличились 3 селекционных линии: Л-30-1/17 – 21,20 т/га, Л-94/14 – 14,83 т/га, Л-118/14 – 15,60 т/га, которые существенно превосходили среднюю величину урожайности биомассы – 12,20 т/га, остальные образцы были на уровне средней по величине показателя.

Общая и продуктивная кустистость растений изученных линий показала наибольшую изменчивость величины показателей, $V=37,8\%$ и $34,7\%$, соответственно. Наибольшими показателями общей и продуктивной кустистости отличились образцы: Элегия – 3,37 и 3,34 шт./раст., Л-29/14 – 5,33 и 4,83 шт./раст., Л-35/15 – 4,58 и 3,64 шт./раст., Л-106-2 – 3,50 и 3,28 шт./раст., Л-176/14 – 4,23 и 4,08 шт./растение, соответственно.

Заключение. В предварительном сортоизучении суданской травы выделены 7 линий, достоверно превышающих среднюю урожайность зерна в образцах, которая варьировала от 2,73 т/га (Л-79/14 и Л-85) до 3,17 т/га (Л-34/17 и Л-122). В конце вегетации растений наибольшей урожайностью биомассы отличились 3 селекционных линии: Л-30-1/17 – 21,20 т/га, Л-94/14 – 14,83 т/га, Л-118/14 – 15,60 т/га, которые существенно превосходили среднюю величину урожайности биомассы в питомнике.

Список литературы

1. Горпиниченко С.И., Ермолина Г.М., Ляшов П.И. Результаты селекции суданской травы // Кукуруза и сорго. – 2005. – № 6. – С. 15-16.
2. Вертикова Е.А., Жужукин В.И., Куколева С.С. Изучение исходного материала для селекции суданской травы в условиях Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 12. – С. 10-13.
3. Лиховцова Е.А., Николайченко Н.В., Суминова Н.Б., Даулетов М.А. Влияние норм высева на продуктивность суданской травы // «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция»: 2-ая Всероссийская научно-практическая интернет-конференция молодых ученых и специалистов с международным участием, посвященная 140-летию со дня рождения Плачек Е.М., ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». – Саратов, 2018. – С. 143-146.
4. Мельниченко Ю.М., Прегудов В.И., Сысойкин А.А. Суданская трава в смешанных посевах // Кормопроизводство. – 2003. – № 6. – С. 21-23.
5. Mertens D.R., Bolton K., Jorgensen M. Measure dry matter routinely on the farm and make rations more consistent A food dehydrator can make it simple // USDA-ARS, U.S. Dairy Forage Research Center, Madison, WI Univ of Wisconsin Cooperative Extension, Jefferson, WI and, Univ. of Wisconsin Cooperative Extension, Neillsville, 2014. [Электронный ресурс] URL:https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/DM_using_dehydrator_Final.pdf
6. Горшенин В.А. Продуктивность суданской травы в чистых и смешанных посевах на черноземах Саратовского левобережья и эффективность ее использования в рационах крупного рогатого скота: автореферат дис. ... кандидата с.-х. н. – Саратов, 2006. – 21 с.

7. Крюкова Т.И., Голева Г.Г., Боровкова А.Н. Посевные качества и урожайные свойства суданской травы в зависимости от фракционирования семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). — С. 22-26.

8. Дроздов С.Є., Халін С.Ф. Суданська трава-цінна кормова культура // Тези доповідей VII міжнародної наукової конференції «Кормовиробництво в умовах глобальних економічних відносин та прогнозованих змін клімату». Вінниця, 2013. – С. 54-55.

9. Shkodina E., Balun O., Kapustin S., Volodin A., Kapustin A. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2019. – V.6. – № 7. – P. 13810-13815.

10. Якушевский Е.С., Варадинов С.Г., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. Л – 1982. – 34 с.

11. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. М. 1989. – 194 с.

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

© Куколева С.С., Ефремова И.Г., Семин Д.С., Киреева О.В., Колганов Н.А., 2026

Научная статья
УДК 632.3:635.21

Д.Я. Кушпетюк¹, Н.А. Макеева¹, А.А. Бычкова², К.Д. Деснева², Ю.А. Балабанова^{1,2,3}, Ю.В. Зайцева², Г.Л. Бурыгин^{1,2,3}

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

²Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

³Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

МИКРОРАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* КАК МОДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ФИТОПАТОГЕННОСТИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОРХИДЕЙ

Аннотация. В статье представлены исследования 44 бактериальных изолятов, выделенных из орхидей *Phalaenopsis* sp., с явно выраженными признаками бактериального поражения, на 10-суточных микрорастениях картофеля сорта Невский. Через 20 дней культивирования оценивали морфометрические показатели. Выявлено ингибирование роста побегов 14 штаммами, корней – 25

штаммами. Наиболее чувствительными параметрами оказались сырые массы побегов и корней. Пять наиболее фитотоксичных штаммов показали высокую активность ингибирования микрорастений при разных концентрациях. Сделан вывод, что микрорастения картофеля подходят для тестирования фитопатогенности изолятов из растений рода *Phalaenopsis*.

Ключевые слова: микрорастения, картофель, орхидея, фитотоксичность, бактериальный изолят

D. Ya. Kushpetyuk¹, N. A. Makeeva¹, A. A. Bychkova², K. D. Desneva², Yu. A. Balabanova^{1,2,3}, Yu. V. Zaitseva², G. L. Burygin^{1,2,3}

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

²P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

³Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

POTATO MICROPLANTS UNDER *IN VITRO* CONDITION AS A MODEL SYSTEM FOR ASSESSING THE PHYTOPATHOGENICITY OF BACTERIA ISOLATED FROM ORCHIDS

Abstract. This article presents studies of 44 bacterial isolates from orchids *Phalaenopsis* sp., showing clear symptoms of bacterial infection, on 10-day-old potato (cv. Nevsky) microplants. After 20 days of cultivation, morphometric parameters were assessed. Inhibition of shoot growth was detected by 14 strains, and root growth by 25 strains. The most sensitive parameters were shoot and root fresh weights. The five most phytotoxic strains demonstrated high inhibitory activities at various concentrations. It is concluded that potato microplants are suitable for testing the phytopathogenicity of isolates from *Phalaenopsis* sp.

Key words: microplants, potato, orchid, phytotoxicity, bacterial isolate

В настоящее время у каждого растения есть свои собственные болезни, вызываемые различными фитопатогенами, которые требуют санитарного контроля и изучения для разработки эффективных средств борьбы с заболеваниями [1,2]. Но многие культуры обладают медленной скоростью роста и высокой ценностью [3], что сильно усложняет проверку фитопатогенности микроорганизмов с использованием целевых растений. Для решения этой проблемы необходимо выделить модельное растение, которое значительно упростит проверку фитопатогенов медленнорастущих или ценных культур. Целью исследования являлось изучение микрорастений картофеля в условиях *in vitro* как модельной системы для фитопатогенов, выделенных из орхидей рода *Phalaenopsis* с признаками мягкой гнили.

В работе были использованы 44 бактериальных изолята, выделенные сотрудниками Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова, из растений орхидей рода *Phalaenopsis* с явно выраженными признаками бактериального поражения. В качестве растительного объекта выступали 10-

суточные микрорастения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский. Суспензию бактерий вносили в жидкую питательную среду Мурасиге-Скуга [4] в концентрации 10^6 кл./мл. После чего растения культивировали 20 дней при освещении 16/8 часов (день/ночь) при 22°C. У 30-е суточных микрорастений проводили измерения морфометрических показателей: длину побега и корня, сырую массу побега и корней, а также проверяли наличие некрозов и угнетения растений.

В результате морфометрического анализа были выявлены ингибирование роста побегов при инокуляции 14 штаммами; корней – 25 штаммами. Установлено, что наиболее показательными параметрами угнетения роста микрорастений являются сырые массы побегов и корней.

На рисунке 1 представлены значения сырой массы побегов у контрольной группы и 19 опытных вариантов. В большинстве случаев инокуляции этими штаммами микрорастения характеризовались массой побегов в диапазоне приблизительно сопоставимым с контролем или несколько ниже него. Инокуляция несколькими штаммами (№№ 1, 2, 6, 13, 15, 18) приводила к существенно сниженным показателям, что указывает на выраженное угнетение роста побегов.

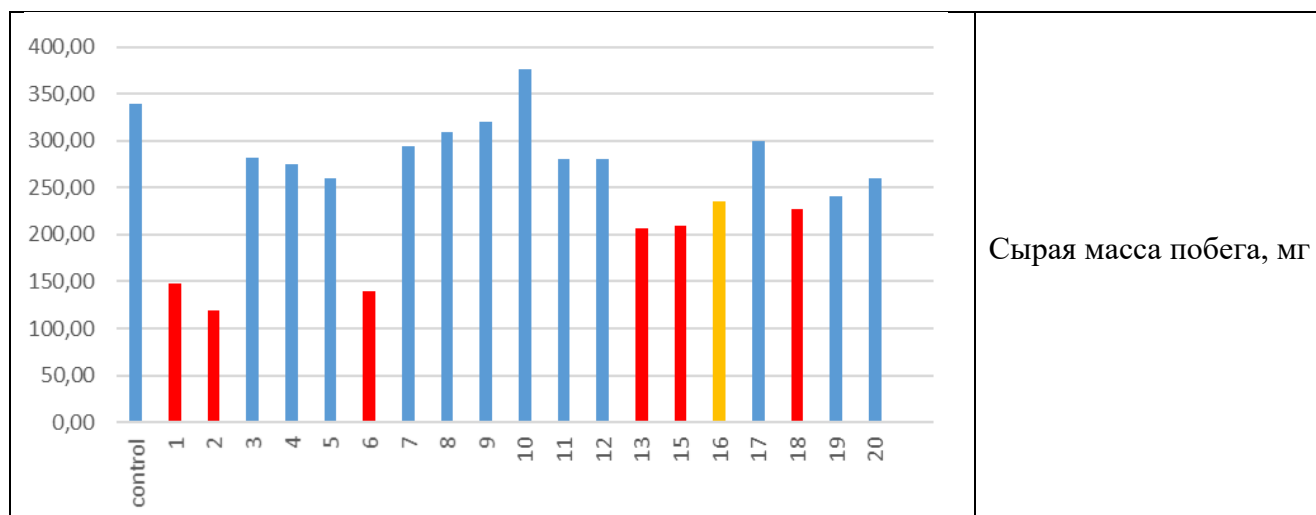


Рисунок 1. Результаты измерения сырой массы побегов 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 1-20. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Синий цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; оранжевый – достоверное снижение при $p \leq 0,1$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

На рисунке 2 представлены результаты сырых масс побегов микрорастений картофеля в контрольной группе и в экспериментальных вариантах для штаммов 21-37. При инокуляции семью штаммами наблюдались значения, сопоставимые с контролем. Штаммы 35, 36, 31, 24, 21, 33, 32 характеризовались выраженным негативным влиянием на массу побега по сравнению с контролем. Это указывает на угнетение роста надземной части растения под действием соответствующих факторов.

На рисунке 3 представлены значения сырой массы побегов у контрольной группы и 13 опытных вариантов. Большинство образцов характеризовались массой побегов в диапазоне приблизительно сопоставимым с контролем или несколько ниже него. В нескольких вариантах (инокуляция штаммами №№ 41, 43, 49, 50) выявлено существенно сниженные показатели, что указывает на выраженное угнетение роста побегов.

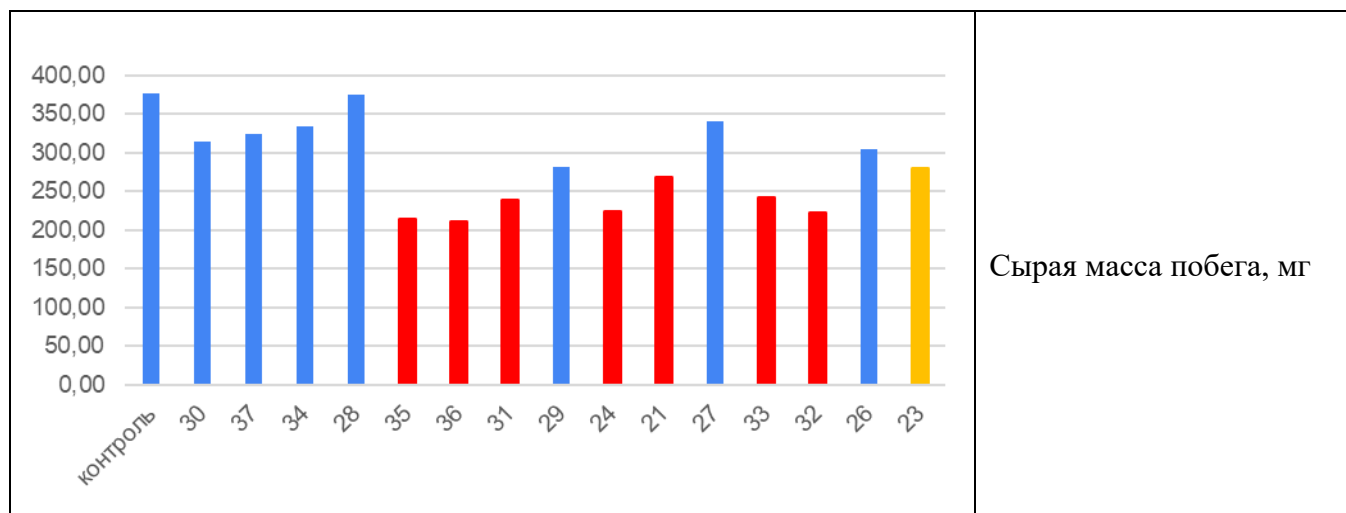


Рисунок 2. Результаты измерения сырой массы побегов 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 21-37. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Синий цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; оранжевый – достоверное снижение при $p \leq 0,1$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

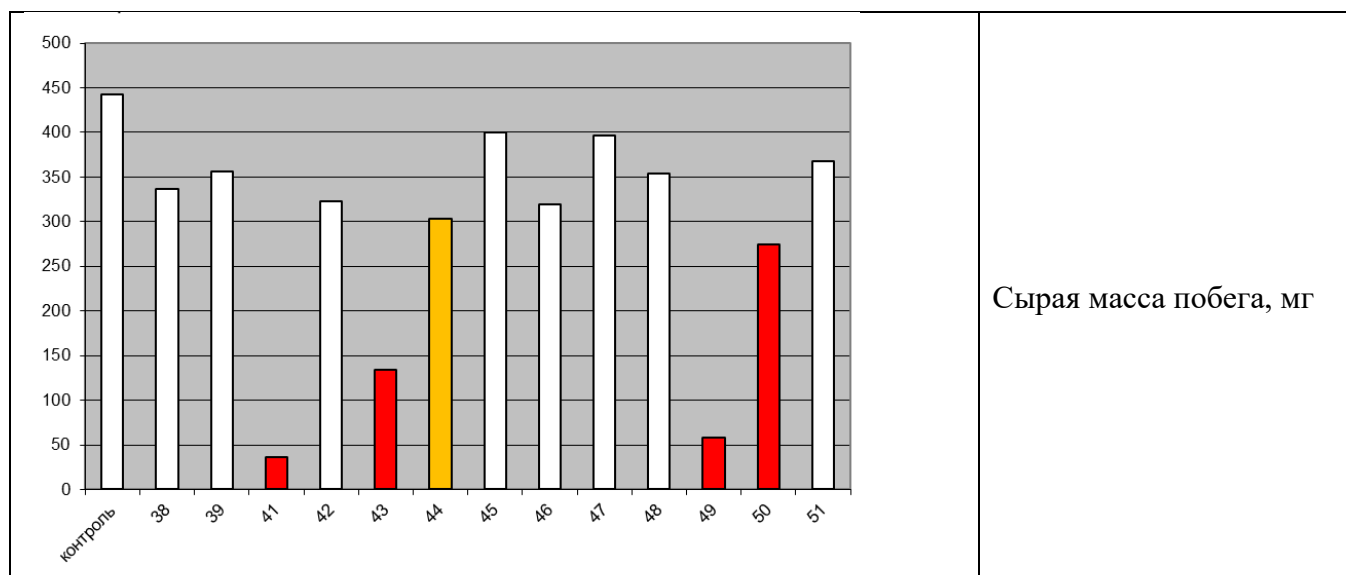


Рисунок 3. Результаты измерения сырой массы побегов 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 38-51. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Белый цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; оранжевый – достоверное снижение при $p \leq 0,1$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

На рисунке 4 отражены данные по сырой массе корней. Основная группа опытных вариантов находилась на уровне, близком к контролю, либо немного ниже. При инокуляции микрорастений штаммом 8 наблюдалось выраженное стимулирование – масса корней значительно превышая показатели контроля. Такой результат может указывать на специфическую положительную реакцию данного бактериального изолята на рост корневой системы картофеля. В нескольких вариантах опыта (инокуляция штаммами № 1, 2, 5, 6, 13, 15, 17, 18, 19, 20) установлены значительно сниженные массы корней, что свидетельствует о заметном угнетении корнеобразования.

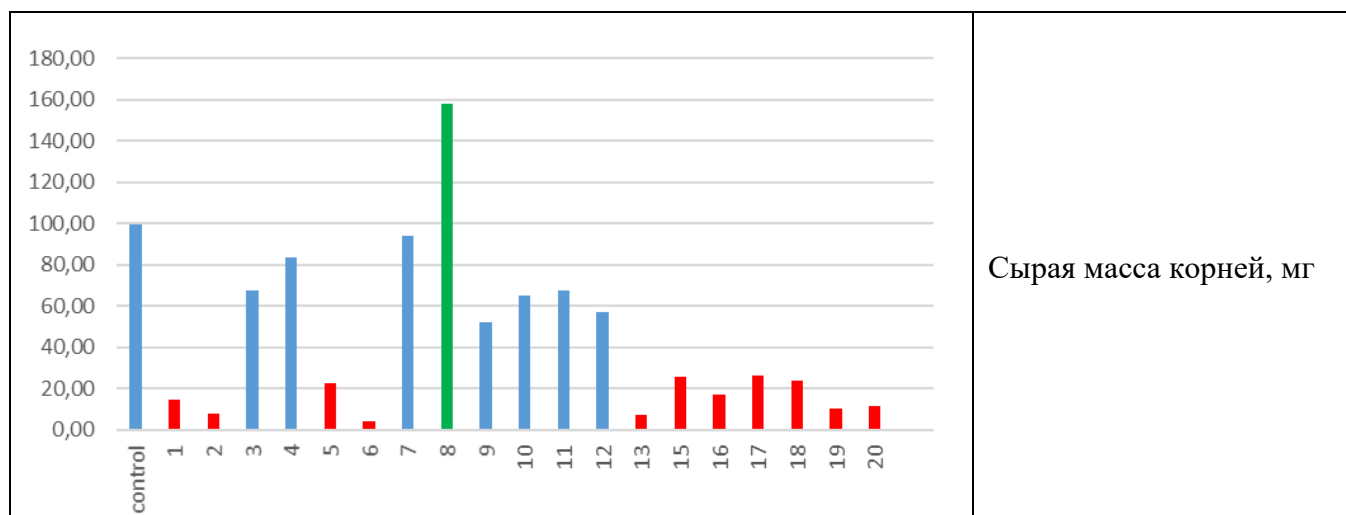


Рисунок 4. Результаты измерения сырой массы корней 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 1-20. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Синий цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; зелёный – достоверное повышение при $p \leq 0,05$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

На рисунке 5 представлены результаты измерения сырой массы корней. Большинство экспериментальных вариантов демонстрировали значительное снижение сырой массы корней. Это свидетельствует о существенном угнетающем влиянии соответствующих факторов на развитие корневой системы.

На рисунке 6 представлены результаты измерения значений сырой массы корней у контрольной группы и 13 опытных вариантов. Большинство образцов имели массу корней в диапазоне приблизительно сопоставимым с контролем или несколько ниже него. Несколько образцов (штаммы №№ 41, 43, 49, 50) показывают сильное угнетение. При инокуляции штаммом 47 масса корней микрорастений была значительно выше контроля, что может говорить о стимулирующем эффекте этого изолята на рост картофеля.

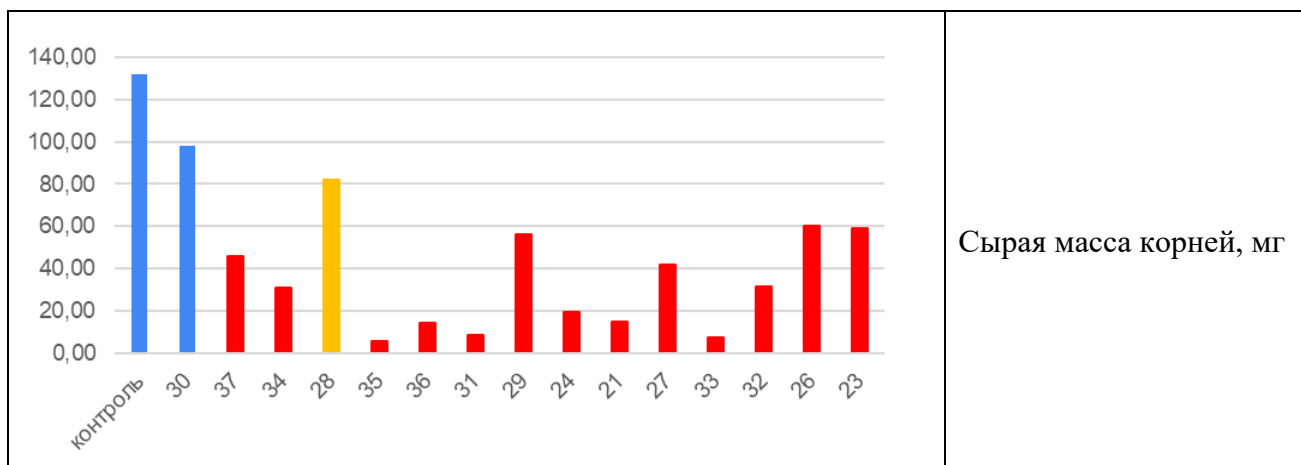


Рисунок 5. Результаты измерения сырой массы корней 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 21-37. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Синий цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; оранжевый – достоверное снижение при $p \leq 0,1$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

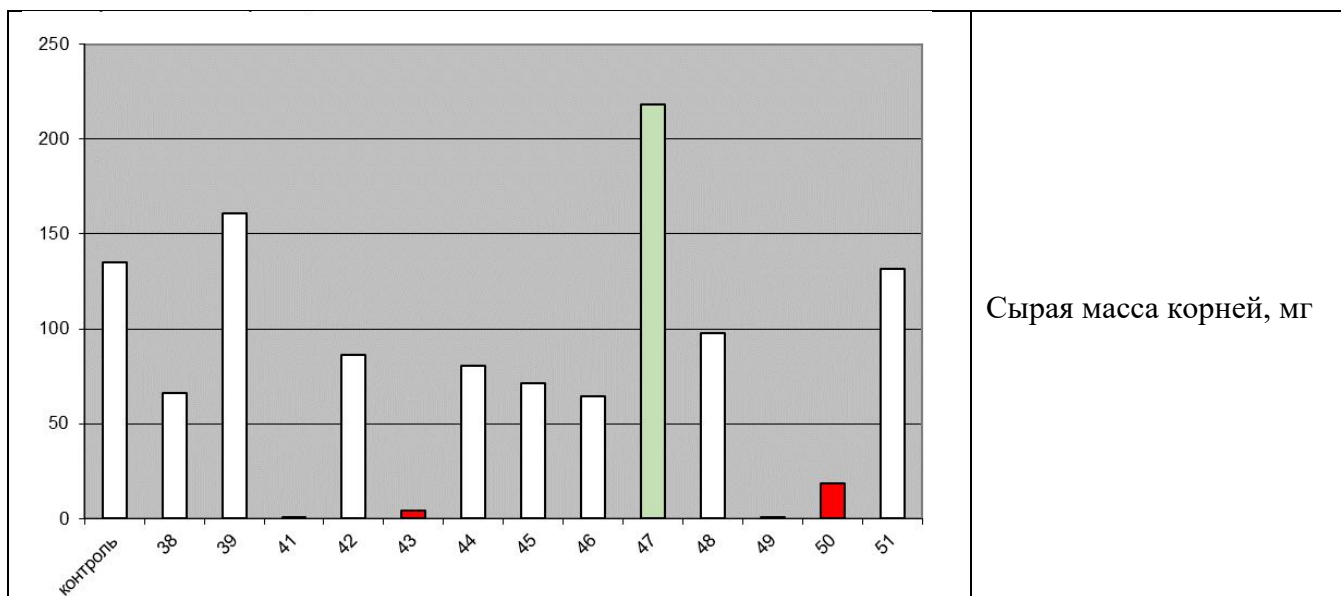


Рисунок 6. Результаты измерения сырой массы побегов 30-дневных микрорастений картофеля, инокулированных бактериальными штаммами (10^6 кл./мл) 38-51. В качестве контроля использованы неинокулированные микрорастения. Белый цвет – отсутствие достоверных различий от контроля; зелёный – достоверное повышение при $p \leq 0,05$; красный – достоверное снижение при $p \leq 0,05$.

Проведённый морфометрический анализ показал, что наиболее выраженный эффект инокуляция оказала на такие параметры как длина побега, длина корня, сырая масса корня и побега. Для 14 штаммов установлено достоверное снижение длины побегов, а 20 исследованных штаммов оказывали значительное негативное влияние на сырой вес побегов по сравнению с контролем. Влияние инокуляции на длину корней картофеля было разнонаправленным: 10 штаммов ингибировали удлинение корней, 5 штаммов увеличивали длину корней,

остальные штаммы не оказывали достоверного влияния. Сырую массу корней ингибировали 30 штаммов.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 25-16-20136, <https://rscf.ru/project/25-16-20136>.

Список литературы

1. Carezzano M.E., Paletti Rovey M.F., Cappellari L.D., Gallarato L.A., Bogino P., Oliva M.D., Giordano W. Biofilm-forming ability of phytopathogenic bacteria: a review of its involvement in plant stress // *Plants*. – 2023. – Vol. 12. – Art. 2207.
2. Kvitko B.H., Charkowski A.O., Joshi J.R. Mechanisms of Enterobacterales plant necrotrophy and host specificity: two types of bacterial necrotrophy // *Annual Review of Phytopathology*. – 2025. – Art. 63.
3. De L.C., Biswas S.S. Adaptational mechanisms of epiphytic orchids: a review // *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. – 2022. – Vol. 13. – P. 1312-1322.
4. Murashige T. Skoog G. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*. – 1962. – Vol. 15. – P. 473-497.

© Кушпетюк Д.Я., Макеева Н.А., Бычкова А.А., Деснева К.Д., Балабанова Ю.А., Зайцева Ю.В., Бурыгин Г.Л., 2026

Научная статья

УДК 63.631

Ю.В. Лобачев, О.В. Ткаченко

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

СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ НА КАФЕДРЕ БИОТЕХНОЛОГИИ, СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ САРАТОВСКОГО ГАУ ИМ. Н.И. ВАВИЛОВА

Аннотация. В статье рассматриваются результаты селекции растений за двадцать пять лет.

Ключевые слова: селекция растений, культура, сорт.

Yu.V. Lobachev, O.V. Tkachenko

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

PLANT BREEDING AT THE DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND GENETICS OF SARATOV STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.I. VAVILOV

Abstract. The article examines the results of plant breeding over twenty-five years. *Key words:* plant breeding, culture, variety.

В 2026 г. исполняется 90 лет со дня рождения известного в регионе ученого-селекционера доктора сельскохозяйственных наук Нины Семеновны Орловой, которая была выпускницей Саратовского СХИ и всю свою жизнь проработала в этом учреждении.

После распада Советского Союза в Саратовском СХИ селекцией растений занимались в проблемной лаборатории селекции озимой твердой пшеницы (зав. лаб. Н.Н. Салтыкова) и в научно-исследовательской группе «Тритикале» (зав. группой Н.С. Орлова), а также на двух кафедрах. В результате этой селекционной работы новые сорта растений были внесены в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: в 1996 г. сорта озимой мягкой пшеницы Янтарь Поволжья и озимой тритикале Студент, а в 1997 г. сорт редиса Стойкий. После закрытия группы «Тритикале» селекция этой культуры продолжилась на кафедре биотехнологии, селекции и генетики Саратовского СХИ.

На кафедре биотехнологии, селекции и генетики селекцией растений занимались доктора сельскохозяйственных наук Вертикова Е.А., Жужукин В.И., Заварзин А.И., Лобачев Ю.В., кандидат биологических наук Курасова Л.Г., кандидаты сельскохозяйственных наук Морозов Е.В., Сорокина И.К., Ткаченко О.В. Селекция на кафедре велась как за счет средств Саратовского СХИ, так и совместно с НИИ сельского хозяйства Юго-Востока и Российского НИПТИ сорго и кукурузы. За период с 1996 по 2020 гг. (двадцать пять лет) было создано 27 сортов по 13 культурам и 7 направлениям использования (табл.).

Таблица – Сорта растений, созданные в 1996-2020 гг.

Направление использования	Культура	Сорт	Код сорта	Год регистрации в Госреестре	Авторы
Зерновые	Тритикал е озимая	Студент	9101250	1996	Орлова Н.С.
		Саргау	9809982	2004	Заварзин А.И., Орлова Н.С.
		Юбилейная	9609631	2006	Орлова Н.С. и др.
		Орлик	9253885	2012	Орлова Н.С.
Зерно-кормовые	Сорго зерновое	Гарант	8757045	2016	Вертикова Е.А., Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Сорго веничное	Трудовой	9464014	2007	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Могар	Аскет	9464033	2006	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.

		Стоик	9359712	2007	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Красавец	9253713	2010	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Пайза	Готика	9464034	2006	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Росита	9252116	2008	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Ода	9253715	2009	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Чумиза	Рубинова я	9464035	2006	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Янтарная	9359711	2007	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Фиеста	9253714	2010	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Анастаси я	8757035	2014	Вертикова Е.А., Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Масличные	Клещевин а	Юлия	8757060	2014
Зернобобо-вые	Чина	Рачейка	9464019	2009	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
		Мраморн ая	9464024	2009	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.

Овощные	Вигна	Олеся	8757061	2013	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В., Ткаченко О.В. и др.
Цветочно-декоративные	Амарант хвостатый	Ангелина	9464018	2006	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В. и др.
	Амарант метельчатый	Вулкан	9359686	2009	Жужукин В.И., Лобачев Ю.В., Морозов Е.В. и др.
	Подсолнечник декоративный	Ореол	8854476	2013	Курасова Л.Г., Лобачев Ю.В. и др.
		Радуга	8854473	2013	Курасова Л.Г., Лобачев Ю.В. и др.
		Солнечный салют	8153599	2020	Курасова Л.Г., Лобачев Ю.В. и др.
Плодовые семечковые	Яблоня	Пасхальное	9153746	2008	Сорокина И.К. и др.
		Хвалынский	9153681	2008	Сорокина И.К. и др.

У многих сортов допуском к использованию являлась вся территория Российской Федерации, а в сельскохозяйственный оборот Саратовской области и многих других регионов России впервые были введены новые культуры зерновых (тритикале), зернокармливых (могар, пайза, чумиза), масличных (клещевина), зернобобовых (чина), овощных (вигна) и цветочно-декоративных культур (амарант хвостатый, амарант метельчатый, подсолнечник декоративный). Все 27 сортов, представленных в таблице, находились в Государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию в 2024 г. [1]. Это говорит о высокой эффективности селекции растений на кафедре биотехнологии, селекции и генетики и о востребованности этих сортов в производстве. Успех селекционной работы был связан, в том числе, и с исследованиями в области генетики и биотехнологии растений, проводимых на кафедре [2-10]. В разные годы эти новые сорта представлялись на выставке достижений «Золотая осень», где были удостоены золотых, серебряных и бронзовых медалей.

Таким образом, за период с 1996 по 2020 гг. на кафедре биотехнологии, селекции и генетики было создано 27 сортов по 13 культурам и 7 направлениям использования. Анализ этой двадцатипятилетней селекционной работы кафедры показал ее высокую эффективность и востребованность.

Список литературы

1. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных

растений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.

2. Лобачев Ю.В. Проявление генов низкорослости у яровых пшениц в Нижнем Поволжье / Под общ. ред. и с предисл. В.А. Крупнова. Саратов: Саратов. гос. агр. ун-т, 2000. 264 с., (100 табл., 39 рис., 425 библ.).

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

4. Лобачев Ю.В., Курасова Л.Г., Лекарев В.М., Константинова Е.А. Генетический контроль формы язычковых цветков у почти изогенных линий подсолнечника // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. 2010. №2 (144-145). С. 21-25.

5. Лобачев Ю.В. Развитие идей академика Н.И. Вавилова в генетических и селекционных работах кафедры «Растениеводство, селекция и генетика» Саратовского госагроуниверситета // Вестник Саратовского агроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2012. № 10. С. 8-10.

6. Костина Е.Е., Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В. Влияние генотипа на морфогенез в культуре соматических клеток и тканей подсолнечника *in vitro* // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 5. С. 21-24.

7. Лобачев Ю.В., Кудряшов С.П., Курасова Л.Г. Управление высотой растений у подсолнечника // Международный журнал экспериментального образования. 2013. №3. С. 62-63.

8. Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н., Курасова Л.Г., Панькова Е.М. Оценка интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №5-1. С. 11-12.

9. Костина Е.Е., Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В. Морфогенетический потенциал короткостебельных линий подсолнечника в культуре соматических тканей *in vitro* // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. С. 267.

10. 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 с.

© Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В., 2026

Научная статья
УДК 631.52

Ю.В. Лобачев, О.В. Ткаченко

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

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕНЕТИКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ПАРАЗИТАМ НА КАФЕДРЕ БИОТЕХНОЛОГИИ, СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ САРАТОВСКОГО ГАУ ИМ. Н.И. ВАВИЛОВА

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований в области генетики устойчивости растений к паразитам за двадцать восемь лет.

Ключевые слова: генетика растений, культура, ген.

Yu.V. Lobachev, O.V. Tkachenko

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

RESEARCH IN THE FIELD OF GENETICS OF PLANT RESISTANCE TO PARASITES AT THE DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND GENETICS OF THE SARATOV STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY NAMED AFTER N.I. VAVILOV

Abstract. The article examines the results of research in the field of genetics of plant resistance to parasites over twenty-eight years.

Key words: plant genetics, culture, gene.

В 2026 г. исполняется 90 лет со дня рождения известного в регионе ученого-селекционера доктора сельскохозяйственных наук Нины Семеновны Орловой, много лет работавшей на кафедре биотехнологии, селекции и генетики. Селекция растений ведется по многим ценным хозяйственным признакам культур, среди которых важное место занимает селекция на устойчивость растений к болезням и вредителям. Зачастую именно устойчивость к определенным заболеваниям и вредителям обеспечивает высокую урожайность и качество продукции сорта, а значит и высокую эффективность сельскохозяйственного производства.

Исследования по генетике устойчивости к паразитам пшеницы и подсолнечника проводились с 1993 г. по 2020 г. (двадцать восемь лет) на кафедре биотехнологии, селекции и генетики Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова (ныне Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова) совместно с сотрудниками НИИ сельского хозяйства Юго-Востока. Исследования велись в области генетики устойчивости мягкой пшеницы к листовой ржавчине, стеблевой ржавчине, мучнистой росе и пыльной головне, а также устойчивости подсолнечника к ложной мучнистой росе и заразихе. На разных этапах в этих исследованиях принимали участие

доктора биологических наук Бадаева Е.Д., Крупнов В.А., Сибикеев С.Н., доктор сельскохозяйственных наук Лобачев Ю.В., кандидаты сельскохозяйственных наук Абдряев М.Р., Буенков А.Ю., Дружин А.Е., Кудряшов С.П., Лекарев В.М., Ступина Н.В., Ткаченко О.В., кандидаты биологических наук Константинова Е.А., Курасова Л.Г., а также Бандурина Ю.Ю., Иманова Д.И., Костина Е.Е., Панькова Е.М.

Проведено тестирование саратовской популяции пыльной головки с использованием двух наборов тестеров (канадский и отечественный) и выявлены новые, ранее не идентифицированные расы патогена. Проведена оценка сортообразцов пшеницы местной и инорайонной селекции и среди них выявлены образцы с комплексной устойчивостью к местным расам пыльной головки. На наборах почти изогенных линий изучено влияние некоторых *Rht*-генов и *Lr*-генов на устойчивость к пыльной головке. Выявлены источники устойчивости к некоторым патотипам местной популяции пыльной головки среди *Triticum aestivum* L., *Triticum Durum* Desf., *Triticum dicoccum* Schuebl., *Triticum turgidum* L., *Triticum timopheevi* Zhuk., *Elytrigia intermedia* (Yost) Nevski. Доказано, что генетический метод защиты мягкой пшеницы от пыльной головки позволяет повысить на 19% рентабельность производства товарного зерна. Создан исходный материал для селекции мягкой пшеницы на устойчивость к пыльной головке [1, 3, 16-18].

С использованием набора почти изогенных линий дана комплексная оценка гену *Lr 19*, обеспечивающему на тот период времени защиту мягкой пшеницы от листовой ржавчины. Показаны эффекты этого чужеродного гена на хозяйственно-ценные показатели мягкой пшеницы [5].

Изучены интрогрессивные линии мягкой пшеницы, полученные сотрудниками НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, несущие чужеродный генетический материал от *Triticum Durum* Desf., *Triticum dicoccoides* (Koern. ex Aschers .et Graebn.), Schweinf., *Agropyron intermedium* Host., *Agropyron elongatum* Host., *Aegilops umbellulata* Zhuk., *Aegilops speltoides* Tausch., *Secale cereal* L. Была проведена фитопатологическая оценка интрогрессивных линий на устойчивость к листовой и стеблевой ржавчинам и мучнистой росе. Дана цитогенетическая характеристика интрогрессивных линий мягкой пшеницы. Изучено наследование чужеродных генов и чужеродных транслокаций, обеспечивающих устойчивость мягкой пшеницы к грибным заболеваниям. Проведена комплексная селекционная оценка интрогрессивных линий и сформирован перспективный исходный материал для селекции мягкой пшеницы [10, 11, 13-15, 19, 20].

Использовали наборы почти изогенных линий подсолнечника, различающихся по окраске и форме язычковых цветков, короткостебельности, эректоидному типу листьев, высокого содержания олеиновой кислоты в масле для оценки влияния неспецифических генов на поражение растений ложной мучнистой росой и заразихой. Установлено, что гены *l*, *la*, *o*, *pa* (контролирующие нестандартную окраску язычковых цветков), *fs*, *ft*, *fm*, *ftw* (контролирующие нестандартную форму язычковых цветков), *ert*

(контролирующие эректоидный тип листьев), *dw* (контролирующие короткостебельность), *ol* (контролирующие высокое содержание олеиновой кислоты в масле) не влияют на устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе и заразихе. Создан исходный материал для селекции сортов и гибридов подсолнечника с измененными морфологическими признаками и высоким содержанием олеиновой кислоты в масле [2, 4, 6-9, 12].

За последние четверть века селекционерами НИИ сельского хозяйства Юго-Востока с учетом описанных выше исследований созданы сорта яровой мягкой пшеницы, устойчивые к листовой ржавчине, стеблевой ржавчине, мучнистой росе и пыльной головне, а также сорта и гибриды подсолнечника, устойчивые к ложной мучнистой росе и заразихе.

Таким образом, за период с 1993 по 2020 гг. на кафедре биотехнологии, селекции и генетики была изучена генетическая устойчивость мягкой пшеницы к листовой ржавчине, стеблевой ржавчине, мучнистой росе и пыльной головне. Также была определена роль генов, контролирующих разные морфологические признаки и высокое содержание олеиновой кислоты в масле подсолнечника в устойчивости этой культуры к ложной мучнистой росе и заразихе. Анализ этой двадцативосьмилетней научной работы показал ее востребованность при создании новых сортов и гибридов мягкой пшеницы и подсолнечника.

Список литературы

1. Буенков А.Ю., Крупнов В.А., Лобачев Ю.В. Оценка сортообразцов яровой мягкой пшеницы при искусственном заражении их пыльной головней // В сб. Вавиловские чтения-2003. Сборник Материалы межрегиональной научной конференции молодых ученых и специалистов системы АПК Приволжского федерального округа, Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. С. 5-6.

2. Костина Е.Е., Лобачев Ю.В. Селекционная ценность и устойчивость к ложной мучнистой росе и заразихе экспериментальных гибридов подсолнечника // Вестник Саратовского агроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2012. № 5. С. 26-27.

3. Крупнов В.А., Буенков А.Ю., Абдряев М.Р., Лобачев Ю.В. Сравнительный анализ поражения сортов и линий яровой мягкой пшеницы пыльной и твердой головней // В сб. Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. Сб. науч. тр. по материалам междун. науч.-прак. конф., Саратов, 2004. С. 255-258.

4. Лекарев В.М., Лобачев Ю.В., Курасова Л.Г. Селекционная ценность и устойчивость к болезням, вредителям и паразитам линий подсолнечника с нестандартной формой язычковых цветков // Вестник Саратовского агроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2012. № 3. С. 22-23.

5. Лобачев Ю.В. Эффекты гена *Lr 19* у яровой мягкой пшеницы в Поволжье // Генетика, 1992. Т. 28, № 2. С. 154-156.

6. Лобачев Ю.В. Устойчивость к ложной мучнистой росе и заразихе набора почти изогенных линий подсолнечника // Вестник Саратовского агроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2012. № 2. С. 39-41.

7. Лобачев Ю.В., Кудряшов С.П., Буенков А.Ю., Курасова Л.Г., Бандурина Ю.Ю. Олейные гибриды подсолнечника, устойчивые к паразитам // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 13-17.

8. Лобачев Ю.В., Кудряшов С.П., Курасова Л.Г. Управление высотой растений у подсолнечника // Международный журнал экспериментального образования. 2013. №3. С. 62-63.

9. Лобачев Ю.В., Лекарев В.М., Константинова Е.А., Коваленко А.В., Кудряшов С.П. Использование разных генетических систем в селекции высокопродуктивных и высококачественных сортов и гибридов подсолнечника в условиях глобального изменения климата // В сб. Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. Сб. науч. тр. по материалам междуна. науч.-прак. конф., Саратов, 2004. С. 350-352.

10. Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н., Курасова Л.Г., Панькова Е.М. Оценка интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №5-1. С. 11-12.

11. Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н., Панькова Е.М. Использование генов устойчивости к листовой ржавчине в селекции пшеницы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 3-2. С. 61-62.

12. Иманова Д.И., Лобачев Ю.В., Курасова Л.Г. Влияние генов, контролирующих морфологические признаки, на устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе и заразихе // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 9. С. 14.

13. Панькова Е.М., Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н. Качество муки и хлеба у устойчивых к листовой ржавчине линий яровой мягкой пшеницы // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 5-2. С. 190-191.

14. Ступина Н.В., Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н. Генетический метод защиты яровой мягкой пшеницы от листовой ржавчины // В сб. Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Сб. науч. статей. Вып. 8. Саратов: СГУ, 2005. С. 57-60.

15. Ступина Н.В., Лобачев Ю.В., Сибикеев С.Н. Цитогенетические и пребридинговые исследования интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы // Вестник Саратовского агроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2006. № 5. Вып. 2. С. 36-37.

16. Abdryaev M.R., Krupnov V.A., Buyenkov A.Yu., Lobachev Yu.V. Resistance of spring bread wheat to loose smut and common bunt // Annual Wheat Newsletter. USA. 2004. V. 50. P. 108-109.

17. Buyenkov A.Yu., Druzhin A.E., Krupnov V.A., Lobachev Yu.V., Abdryaev M.R. The reaction of the bread wheat cultivars and lines to loose smut and bunt // Annual Wheat Newsletter. USA. 2003. V. 49. P. 98.

18. Buyenkov A.Yu., Lobachev Yu.V., Tkachenko O.V. Evaluation of near isogenic lines of bread wheat for resistance to loose smut // Annual Wheat Newsletter. USA. 2006. V. 52. P. 106-107.

19. Stupina N.V., Badaeva E.D., Lobachev Yu.V., Sibikeev S.N. Cytogenetic and phytopathologic evaluation of bread wheat-alien lines // Annual Wheat Newsletter. USA. 2005. V. 51. P. 118.

20. Stupina N.V., Lobachev Yu.V., Sibikeev S.N. Productivity of perspective spring bread wheat-alien lines resistant to fungal diseases // Annual Wheat Newsletter. USA. 2006. V. 52. P. 106.

© Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В., 2026

Научная статья

УДК 63.631

Н. А. Макеева¹, Г. Л. Бурыгин^{1,2}

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

ВЛИЯНИЕ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ГРУПП БАКТЕРИЙ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОРАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ *IN VITRO*

Аннотация. В работе изучено влияние липополисахаридов различных таксономических групп бактерий на рост и развитие микроростений картофеля сорта Невский в условиях культуры *in vitro*. Обработка проводилась на 10-е сутки культивирования путём внесения 50 мкл 0,1% растворов липополисахаридов. Оценивали длину побега, количество узлов, параметры корневой системы, а также сырую и сухую массу растений. Показано, что действие липополисахаридов носит разнонаправленный характер: в одних вариантах наблюдается стимуляция роста, в других — его угнетение. Наиболее чувствительными оказались показатели длины побега, развития корневой системы и накопления биомассы.

Ключевые слова: картофель, культура *in vitro*, липополисахариды, морфогенез растений, рост и развитие, корнеобразование, биомасса растений.

N. A. Makeeva¹, G. L. Burygin^{1,2}

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

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

EFFECT OF LIPOPOLYSACCHARIDES OF VARIOUS TAXONOMIC GROUPS OF BACTERIA ON MORPHOMETRIC INDICATORS OF POTATO MICROPLANTS *IN VITRO*

Abstract. The study examined the effect of lipopolysaccharides from various taxonomic groups of bacteria on the growth and development of micro-shoots of the Nevsky potato variety under *in vitro* culture conditions. The treatment was performed on the 10th day of cultivation by adding 50 µl of a 0.01% lipopolysaccharide solution. The shoot length, number of nodes, root system parameters, and wet and dry mass of the plants were evaluated. It was shown that the effect of lipopolysaccharides is multidirectional: in some cases, growth stimulation was observed, while in others, growth inhibition occurred. The most sensitive indicators were shoot length, root system development, and biomass accumulation.

Keywords: potato, *in vitro* culture, lipopolysaccharides, plant morphogenesis, growth and development, root formation, and plant biomass.

В последние годы всё больше внимания уделяется изучению взаимодействия растений с микроорганизмами и их компонентами [1,2]. Одними из таких компонентов являются липополисахариды, входящие в состав клеточной стенки грамотрицательных бактерий [3]. Они могут восприниматься растениями как сигнальные молекулы и вызывать различные физиологические реакции. При этом их влияние может проявляться не только в защитных реакциях, но и в изменении роста и морфогенеза [4,5].

В данной работе рассматривалось влияние липополисахаридов на развитие микроростений картофеля сорта Невский, выращенных в условиях *in vitro*. Такой подход позволяет более точно оценить действие исследуемых веществ, так как исключается влияние внешних факторов.

Растения культивировали на жидкой питательной среде Мурасиге-Скуга [6] в стерильных условиях. На 10-е сутки на 5мл среды вносили по 50 мкл 0,1% растворов липополисахаридов. В работе были исследованы препараты ЛПС штаммов *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *Azospirillum brasilense* Sp7, *Enterobacter ludwigii* R4 и *Enterobacter mori* R12. Для штамма Sp245 была оценено влияние методов экстракции на биологические свойства: сравнивались препараты, выделенные из общей и водной фракций. В качестве контроля были использованы необработанные ЛПС микрорастения картофеля. После обработки 20 дней растения культивировали на свету (18 ч день/ 6 ч ночь), после чего проводили оценку морфометрических показателей: длины побега, количества узлов и корней, длины главного корня, а также сырую и сухую массы побегов и корней.

В контрольном варианте растения развивались достаточно равномерно и характеризовались стабильными морфометрическими показателями. Длина побега составляла 99,6 мм, количество корней — 7,9, длина главного корня — 60,1 мм. Сырая масса побега и корня находилась на уровне 1907,1 и 848,3 мг соответственно, при этом сухая масса составляла 187,8 мг и 34,56 мг.

В варианте с препаратом ЛПС штамма *A. baldaniorum* Sp245, полученный из обобщённой водной и фенольных фракций, изменения носили неоднозначный характер. Несмотря на увеличение количества корней до 9,3, длина побега снижалась до 81,7 мм, а длина главного корня составляла 48,3 мм, что ниже контрольного значения. Сырая масса побега уменьшалась до 1354,8 мг, а корня — до 352,6 мг. Сухая масса также была ниже контроля 101 мг для побега и 17,2 мг для корня. Таким образом, можно отметить общее угнетение роста, несмотря на увеличение числа корней.

В варианте с препаратом ЛПС штамма Sp245, полученным из водной фракции экстракта, наблюдалась выраженная стимуляция роста и накопления биомассы. Длина побега составляла 105,55 мм, а длина главного корня достигала 149 мм, что значительно превышает контроль. Сырая масса побега увеличивалась до 2217,3 мг, корня — до 1867,1 мг. Сухая масса также была высокой 198,5 мг для побега и 126,5 мг для корня. При этом количество корней 3,9 было ниже контроля, что может говорить о том, что растение по-разному распределяет рост между побегом и корнями.

В варианте с препаратом ЛПС штамма *A. brasilense* Sp7 также отмечалась тенденция к снижению линейного роста: длина побега составляла 93,9 мм, длина корня — 56,0 мм. При этом сырая масса побега оставалась на уровне, близком к контролю 1891,1 мг, а масса корней увеличивалась до 995,7 мг. Сухая масса побега и корня 164,5 и 59,02 мг была выше контрольных значений, что может говорить о частичной компенсации снижения роста за счёт накопления вещества.

В варианте с препаратом ЛПС штамма *E. ludwigii* R4 наблюдалось более активное развитие корневой системы. Количество корней достигало 8,57, а длина главного корня — 69,6 мм, что выше контроля. Сырая масса побега составляла 2127,5 мг, тогда как масса корня находилась на уровне 675 мг. Сухая масса побега 180,0 мг оставалась близкой к контрольной, что свидетельствует о стабильных процессах накопления.

Вариант с препаратом ЛПС штамма *E. mori* R12 характеризовался выраженным влиянием на биомассу растений. Длина побега составляла 105,3 мм, длина главного корня — 57,1 мм. Сырая масса побега достигала 2132 мг, а корня — 700 мг. Сухая масса также увеличивалась 211,4 мг для побега и 46,05 мг для корня. Это позволяет предположить, что данный вариант в большей степени влияет на накопление биомассы.

Липополисахариды оказывают различное влияние на рост и развитие микроростений картофеля *in vitro*. Наиболее выраженное стимулирующее действие наблюдалось в варианте с ЛПС штамма Sp245, полученного из водной фракции, где отмечалось увеличение длины побега, длины корня и биомассы растений. Вариант с ЛПС штамма *E. mori* R12 преимущественно усиливал накопление биомассы при умеренном влиянии на линейный рост.

Препарат ЛПС штамма Sp245 оказывал угнетающее действие на рост побега и корневой системы, несмотря на увеличение количества корней. ЛПС штамма *E. ludwigii* R4 способствовал развитию корневой системы и умеренному

увеличению биомассы. Наиболее чувствительными показателями оказались длина побега, длина корня и масса растений.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что препараты ЛПС различных бактериальных вариантов оказывают выраженное, но неоднозначное влияние на рост и развитие микроростений картофеля *in vitro*. Характер их действия определяется происхождением препарата и может варьировать от стимуляции до угнетения ростовых процессов, затрагивая как линейные показатели, так и накопление биомассы.

Таким образом, можно заключить, что бактериальные ЛПС представляют собой важный регуляторный фактор, способный существенно модифицировать морфогенез растений картофеля в условиях *in vitro*.

Список использованных источников

1. Jain A., Sarsaiya S., Singh R., Gong Q., Wu Q., Shi J. Omics approaches in understanding the benefits of plant-microbe interactions // *Frontiers in Microbiology*. – 2024. – Vol. 15. – Art. 1391059.

2. del Carmen Orozco-Mosqueda M., Fadiji A.E., Babalola O.O., Santoyo G. Bacterial elicitors of the plant immune system: an overview and the way forward // *Plant Stress*. – 2023. – Vol. 7. – Art. 100138.

3. Alexander C., Rietschel E.T. Invited review: bacterial lipopolysaccharides and innate immunity // *Journal of endotoxin research*. – 2001. – Vol. 7. – P. 167-202.

4. 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 and Organ Culture*. – 2021. – Vol. 147. – P. 147-55.

5. Hernaández-Esquivel A.A., Castro-Mercado E., Valencia-Cantero E., Alexandre G., García-Pineda E. Application of *Azospirillum brasilense* lipopolysaccharides to promote early wheat plant growth and analysis of related biochemical responses. // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. – 2020. – Vol. 4. – Art. 579976.

6. Murashige T. Skoog G. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*. – 1962. – Vol. 15. – P. 473-497.

© Макеева Н.А., Бурьгин Г.Л., 2026

Научная статья
УДК 631.6

М.П. Мещеряков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩЕГО МЕЛИОРАНТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Анотация. В статье представлены результаты трехлетних полевых исследований, посвященных оценке эффективности использования природного цеолита (клиноптилолита) в качестве влагоудерживающего мелиоранта при выращивании основных овощных культур на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Установлено, что внесение цеолита в корнеобитаемый слой в дозе 5 кг/м² способствует увеличению запасов продуктивной влаги в почве на 18–24 %, а также подтверждена его целесообразность в условиях недостаточного увлажнения.

Ключевые слова: природный цеолит, клиноптилолит, влагоудерживающий мелиорант, овощные культуры, светло-каштановые почвы, водопотребление, урожайность, ресурсосбережение.

M.P. Meshcheryakov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", Volgograd, Russia

USE OF MOISTURE-RETENTIVE MELIORANT IN CULTIVATION OF VEGETABLE CROPS IN CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE

Abstract. The article presents the results of three-year field studies on the effectiveness of using natural zeolite (clinoptilolite) as a moisture-retaining ameliorant for growing major vegetable crops on light chestnut soils in the Volgograd region. It was found that applying zeolite at a dose of 5 kg/m² in the root zone increases the reserves of productive moisture in the soil by 18–24%, and it is also effective in conditions of insufficient moisture.

Key words: natural zeolite, clinoptilolite, moisture-retaining ameliorant, vegetable crops, light chestnut soils, water consumption, yield, and resource conservation.

В структуре сельскохозяйственных угодий Нижнего Поволжья значительный удельный вес занимают овощные культуры, возделывание которых в условиях острого дефицита атмосферных осадков и высокой испаряемости требует применения эффективных технологических решений, направленных на оптимизацию водного режима почвы [1]. Традиционные

приемы накопления и сохранения влаги – снегозадержание, ранневесеннее закрытие влаги, система обработок – не всегда обеспечивают стабильное увлажнение корнеобитаемого слоя в критические фазы развития растений, особенно в условиях нарастающей аридизации климата [2, 6, 7]. В связи с этим актуальным направлением инновационного растениеводства становится использование природных мелиорантов, способных аккумулировать влагу и постепенно отдавать её растениям по мере необходимости [5].

Среди таких материалов особое место занимают природные цеолиты – алюмосиликаты вулканического происхождения, обладающие уникальными сорбционными, ионообменными и водоудерживающими свойствами [1, 3, 4]. Кристаллическая структура цеолитов характеризуется наличием пор и каналов, обеспечивающих высокую удельную поверхность (до 800–1000 м²/г) и способность удерживать влагу в количествах, достигающих 30–40% от собственной массы [5].

Внесение цеолита в почву способствует не только улучшению влагообеспеченности растений, но и оптимизирует агрофизические свойства почвы, что особенно важно для светло-каштановых почв [3, 8].

Целью проведения исследований являлось экспериментальное обоснование эффективности применения природного цеолита в качестве водоудерживающего мелиоранта при возделывании овощных культур на светло-каштановых почвах Волгоградской области.

Исследования выполнялись в 2022–2024 гг. на участке КФХ Бирюков А.В., расположенном: п. Кузьмичи Городищенского района Волгоградской области в зоне светло-каштановых среднесуглинистых почв с содержанием гумуса в пахотном горизонте 1,8–2,1 %. Климат района исследований – резко континентальный, засушливый; среднегодовое количество осадков составляет 380–410 мм, из которых на период активной вегетации (май–август) приходится не более 25 %. Экспериментальные исследования проводились при выращивании овощных культур: перец сладкий сорта «Белозерка», томат сорта «Волгоградский розовый» и морковь гибрид «Тангерина F1». В качестве водоудерживающего мелиоранта использовали природный цеолит (клиноптилолит) Волгоградского месторождения с содержанием клиноптилолита 75–80 %, фракцией 3–5 мм. Химический состав природного цеолита: SiO₂ – 68,2 %, Al₂O₃ – 11,4 %, CaO – 3,5 %, K₂O – 2,8 %, Na₂O – 1,2 %, Fe₂O₃ – 1,1 %, прочие оксиды – 1,3 %, потери при прокаливании – 10,5 %. Влагоемкость цеолита по данным лабораторных определений составила 34,7 % от массы.

Данные о динамике влажности почвы в слое 0–40 см (основной корнеобитаемый слой овощных культур) свидетельствуют о выраженном водоудерживающем эффекте природного цеолита. Средняя за вегетационный период влажность почвы в варианте с дозой 5 кг/м² превышала контроль на 18,4 %, в варианте 7,5 кг/м² – на 23,7 %. Наибольшие различия наблюдались в верхнем слое 0–20 см и в фазы интенсивного роста растений (бутонизация – цветение). Это объясняется способностью цеолита удерживать влагу в макропорах и

постепенно отдавать её по мере высыхания почвы. В таблице 1 представлены значения влажности почвы в фазу цветения томата (июль) по слоям почвенного профиля.

Таблица 1 – Влажность почвы в фазу цветения томата, % массы абсолютно сухой почвы

Слой, см	Контроль	Цеолит 5 кг/м ²	Цеолит 7,5 кг/м ²	НСР ₀₅
0–10	14,2	18,7	20,1	1,3
10–20	16,8	20,9	22,5	1,4
20–30	18,3	21,4	22,8	1,2
30–40	19,1	21,2	22,6	1,1

Внесение цеолита способствовало также снижению непроизводительных потерь влаги на испарение с поверхности почвы. В вариантах с природным цеолитом испарение за межполивной период было на 12–15 % ниже.

В таблице 2 приведены данные полевой всхожести семян. Применение природного цеолита обеспечило увеличение всхожести на 12–18 % в зависимости от культуры, что объясняется более благоприятным водно-воздушным режимом внутри почвенного профиля.

Таблица 2 – Полевая всхожесть семян овощных культур, %

Культура	Контроль	Цеолит 5 кг/м ²	Цеолит 7,5 кг/м ²
Перец сладкий	74,2	86,5	88,3
Томат	77,6	89,2	90,8
Морковь	71,3	83,7	85,1

Ускорение начального роста позволило растениям лучше использовать весенние запасы влаги и сформировать более развитую корневую систему. В фазу плодоношения у перца и томата отмечено увеличение площади листовой поверхности на 16–22 % по сравнению с контролем.

Урожайность овощных культур (таблица 3) достоверно повышалась при внесении цеолита. В варианте 5 кг/м² прибавка составила: для перца – 21,6 %, томата – 19,1 %, моркови – 24,3 %; при увеличении дозы до 7,5 кг/м² прибавка возросла до 26,8; 24,5 и 30,1 % соответственно. Различия между дозами 5 и 7,5 кг/м² по большинству культур были статистически значимыми, однако экономический анализ показал, что дополнительный прирост урожайности не всегда компенсирует затраты на увеличение дозы мелиоранта.

Таблица 4 – Урожайность овощных культур, т/га

Культура	Контроль	Цеолит 5 кг/м ²	Цеолит 7,5 кг/м ²	НСР ₀₅
Перец сладкий	28,4	34,5	36,0	1,8
Томат	39,7	47,3	49,4	2,1
Морковь	32,5	40,4	42,3	2,3

Коэффициент водопотребления (расход влаги на формирование 1 т продукции) в вариантах с цеолитом снизился по сравнению с контролем: для

перца – на 23,5 %, для томата – на 20,7 %, для моркови – на 26,1 %. Это подтверждает повышение эффективности использования оросительной воды при применении мелиоранта.

Внесение цеолита положительно сказалось на товарных и биохимических показателях овощей. У перца и томата увеличилось содержание сухого вещества (на 1,1–1,4 %), витамина С (на 12–18 мг%), снизилось накопление нитратов (в 1,4–1,7 раза). Морковь характеризовалась более высоким содержанием каротина и сахаров. Улучшение качества, вероятно, связано с более сбалансированным водным и минеральным питанием, а также с поступлением в растения микроэлементов (цинка, меди, марганца), содержащихся в цеолите.

Расчет затрат на приобретение и внесение цеолита, а также стоимости дополнительной продукции показал, что применение мелиоранта в дозе 5 кг/м² обеспечивает уровень рентабельности, превышающий контрольный вариант на 12–18 процентных пунктов. При дозе 7,5 кг/м² чистый доход возрастает, но окупаемость дополнительных затрат снижается. Таким образом, оптимальной для условий светло-каштановых почв можно считать дозу 5 кг/м² при возделывании овощных культур.

Список литературы

1. Досова А.Г. Риск-менеджмент в управлении рекультивацией нарушенных земель / А.Г. Досова, А.А. Карпова, М.П. Мещеряков, Т.В. Даева // Естественно-гуманитарные исследования. 2025. № 6 (62). С. 1116-1122.

2. Дуброва Ю.Н. Повышение плодородия песчаных почв на основе потенциала местных природных мелиорантов / Ю.Н. Дуброва // В сборнике: Инновационные технологии в мелиорации и строительстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию образования УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». 2021. С. 33-38.

3. Мещеряков М.П. Применение природного цеолита в качестве мелиоранта в адаптивной земледелии / М.П. Мещеряков, А.Ю. Пазухина // В сборнике: Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях. Материалы Национальной научно-практической конференции Волгоград, 2022. С. 246-250.

4. Новиков А.Е. Водосберегающая технология возделывания картофеля с применением современных мелиорантов / А.Е. Новиков, В.А. Цепляев, С.Я. Семененко, А.Н. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1 (79). С. 13-21.

5. Овчинников А.С. Эффективность применения и конструкции систем внутрипочвенного и капельного орошения при возделывании сладкого перца / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2007. № 5. С. 74-78.

6. Филатова Е.Г. Физико-химические свойства сорбционных материалов

на основе природных цеолитов, модифицированных кремнийорганическими гуанидинами / Е.Г. Филатова // В сборнике: Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг. IX Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: к 95-летию ИРНТУ и кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной . Иркутск, 2025. С. 54-56.

7. Чекалова Т.А. Деалюминирование как способ модификации природных цеолитов / Т.А. Чекалова, Ю.А. Гужель // Инновационные научные исследования. 2024. № 1-1 (38). С. 27-33.

8. Якубов В.В. Магнитно-импульсная обработка режущей части инструмента в кольцевом индукторе / В.В. Якубов, М.П. Мещеряков, В.Н. Хавронина, И.М. Мещеряков // В сборнике: Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации. Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 220-224.

© Мещеряков М.П., 2026

Научная статья
УДК 631.17

В.А. Милюткин¹, В.Э. Буксман²

¹Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Россия

²АО «АМ-Техника», г. Самара, Россия

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕМУЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ СЕЯЛКИ DISCARA АО «АМ-ТЕХНИКА» (Г. САМАРА) ДЛЯ АПК РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается инновационная универсальная сеялки с дисковыми рабочими органами Discara 9000 и 12000 производства АО «АМ-Техника» (г. Самара) с дисковыми рабочими органами для посева зерновых, а также гороха, сои, рапса, подсолнечника, мелкосемянных культур по почве, подготовленной традиционно со вспашкой, а также по технологиям Mini-Till, No-Till с высоким качеством и минимальными энергетическими затратами.

Ключевые слова: сельхозкультуры, технологии, посев, сеялки, универсальные, дисковые, преимущества

V.A. Milyutkin¹, V.E. Buksman²

¹Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

²АО АМ-Техника, Samara, Russia

DESIGN AND TECHNOLOGICAL ADVANTAGES OF THE INNOVATIVE DISCARA SEEDER PRODUCED BY AM-TEKHNIKA JSC (SAMARA) FOR THE RUSSIAN AGRO-INDURAL INDUSTRY

Abstract. This article discusses the innovative Discara 9000 and 12000 universal disc seeders manufactured by AM-Tekhnika (Samara). These disc seeders are suitable for sowing grains, peas, soybeans, rapeseed, sunflowers, and small-seeded crops in soil prepared by traditional plowing, as well as using mini-till and no-till technologies with minimal energy consumption.

Key words: crops, technology, sowing, seeders, disc, universal

Одна из ведущих в Российской Федерации (г. Самара) фирм - АО «АМ-Техника» разработала и начала поставлять агропромышленному комплексу - АПК России инновационную сеялку Amazone Discara 9000 и 12000 для сплошного посева, главным образом зерновых, а также гороха, рапса, подсолнечника, кукурузы, мелкосемянных культур с нормой высева от 2 до 400 кг на 1 га на скорости до 14 км/ч по всем известным технологиям обработки почвы: классической плугом и культиватором, минимальной-поверхностно, нулевой-прямой посев по стерне без обработки почвы (рис.1) [1-3]. Сеялка производит точную заделку семян по глубине. Такой эффект обеспечивается пневматической системой дозирования и распределения различных видов семян. Сеялки Discara – пневматические дисковые сеялки с рабочей шириной 9 м (Discara 9000-С) или 12 м (Discara 12000-С), оснащённые однодисковыми сошниками с междурядьем 19 или 25 см, треугольной подвеской со встроенной пружиной, трехсекционным бункером объёмом 12700 л и дозирующими устройствами с механическим приводом.

Ключевые особенности сеялки - Amazone Discara:

- однодисковые сошники на индивидуальной треугольной подвеске с гидравлическим прижимом до 240 кг, обеспечивающие стабильную глубину высева в условиях как минимальной обработки почвы, так и в условиях прямого сева; - трехсекционный, отдельный герметичный бункер объёмом 12700 л (4900 л+3600 л+4200 л), позволяющий вносить семена в комбинации с двумя видами удобрений или использовать все три секции только для заполнения семенами. Механическая система дозирования с приводом от колеса обеспечивает точное внесение семян и удобрений с бесступенчатой регулировкой нормы от 2 до 400 кг/га. Сеялка имеет опционально доступное внесение удобрений через дополнительные сошники отдельно от семян (только в исполнении с междурядьем 25 см). Скорость работы - до 14 км/ч, ширина захвата - до 12 м и большой бункер объёмом - 12700 л обеспечивают высокую производительность в условиях ограниченного времени на посев. Бортовой компьютер обеспечивает учет обработанных гектаров и позволяет контролировать работу высевающего аппарата, уровень семян в бункере и работу каждого семяпровода. С 2026 года посевные комплексы Amazone Discara, после прохождения серии полевых испытаний, поставляются по заказу российским фермерам.



Рис.1. Инновационная сеялка Amazone Discara 9000-С (12000 С)



Рис.2. Работа Amazone Discara при посеве по стерне по технологии Mini-Till и по традиционной технологии

Сеялка, по отзывам профессионалов – аграриев, «выдерживает один из главных и важных параметров - глубину сева, которая задаётся, а также распределение семян по всем 36 сошникам с междурядьем - 25 см». Следует при этом отметить, что у широко распространенной в АПК России зерновой сеялки АО «АМ-Техника» - Condor с долотовидными сошниками для посева по стерне - по технологиям Mini-Till и No-Till междурядья составляют, также как у Discara, 25 см для исключения забиваемости сошников большим количеством растительных остатков и стерней. Классическим преимуществом конструкции сеялки Discara при посеве без обработки почвы по стерне или при ее минимально-разрыхленном состоянии по технологиям No-Till и Mini-Till, является ее комплектация дисковыми сошниками при их надежном заглублении, которые имеют значительно меньшее сопротивление и разрушение почвенного пласта с лучшим сохранением дефицитной влаги по сравнению с долотовидными сошниками сеялок АО «АМ-Техника»: DMC Primer и Condor [4-

9]. Также достоинство сеялки состоит из-за вместительного бункера 12,5 тысяч м³, что позволяет агрегату продолжительное время работать без дополнительной дозаправки с одновременным внесением в почву семян и удобрений [10-13]. Первая сеялка Discara исследовалась в 2025 году в агропредприятии ООО «Зерно жизни» (Кошкинский р-он, Самарская обл.) на посеве различных культур, при этом сеялка, по мнению руководителя предприятия, известного ученого-практика, кандидата сельскохозяйственных наук А.В. Зорина, обеспечивает хорошее качество и не забивается даже на высокой стерне, хотя и имеет некоторые недостатки. Завод АО «АМ-Техника», устраняет замечания производителей и дорабатывает сеялку с поставками сеялки по заявкам агропредприятиям Самарской области в 2026 г.

Таким образом сеялка Discara расширяет номенклатуру сеялок АО «АМ-Техника» (DMC Primer и Condor) для качественного посева как по традиционной технологии, так по минимальной обработке почвы - Mini-Till и по прямому посеву – No-Till [1-7], дополняя их, но с классическими рабочими органами – дисками по сравнению с долотовидными сошниками, обеспечив при этом на них высокое давление – 240 кг для лучшего заглубления, перерезание стерни в борозде и требуемой равномерности распределения семян, что обеспечит сеялки большую востребованность при энерго-ресурсо-сберегающих и традиционных технологиях для получения высоких урожаев [7-13].

Список литературы

1. Милюткин В.А., Макушин А.Н., Блинова О.А. Оптимальная система машин для технологий подготовки почвы Mini-Till под посев (АО «Евротехника» г. Самара) // В сборнике: Современное производство сельскохозяйственного сырья и продуктов питания: состояние, проблемы и перспективы развития. Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции с международным участием. Кинель, 2023. С. 38-44.

(3)

2. Милюткин, В.А. Рациональная система машин для энерго-ресурсо-влагосберегающей технологии Mini-Till (дисковые бороны "Catros", "Certos", культиваторы Ceus, Senius и сеялки Primer DMC, "Condor" АО "Евротехника" - г. Самара, Россия) // В сборнике: Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Матер. конференции с международным участием. Оренбургский государственный аграрный университет. 2023. С. 66-70. (9)

3. Буксман В.Э., Милюткин В.А., Сазонов Д.С. Инновационная техника для инновационных технологий No-Till и Mini-Till для обработки почвы и посева в России // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник V Всероссийской (национальной) научной конференции. 2020. С. 346-349. (17)

4. Милюткин, В.А. Сеялки АО "Евротехника" с долотовидными сошниками, гарантирующими хорошие всходы и высокую урожайность в условиях дефицита влаги // В.А. Милюткин, В.Э. Буксман, С.П. Кузьмина // В сборнике: Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в

современных условиях. Сборник VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Циринского Нёни Абрамовича, доцента, кандидата технических наук, заведующего кафедрой начертательной геометрии Омского СХИ (с 1962 по 1989 гг.). Омск, 2022. С. 129-137. (2)

5. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Эффективный технико-технологический сеялочный комплекс-Condor российского производства (АО "Евротехника"-г. Самара) при посеве озимых при недостаточном почвенном увлажнении//АгроФорум. 2020. № 3. С. 64-67. (14)

6. Милюткин В.А., Шахов В.А., Комарова Н.К., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника с повышением урожайности и качества продукции в засушливых почвенно-климатических условиях//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 152-158. (23)

7. Милюткин, В.А. Эффективность комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АУП-18//Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 3.-С. 5-7. (62)

8. Милюткин, В.А. Разработка машин для подпочвенного внесения удобрений на основании агробиологических характеристик растений/В.А. Милюткин, М.А. Канаев, А.В. Милюткин//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.-2012.-№ 3.-С. 9-13. (63)

9. Милюткин, В.А. Эффективность ресурсосберегающих элементов применения удобрений при внедрении прямого посева/В.А. Милюткин, Н.И. Несмеянова, М.А. Беляев//Агро XXI. 2007. № 7-9. С. 39-41. (64)

10. Способ и устройство для внесения удобрения при культивировании Милюткин В.А., Ларионов Ю.В., Канаев М.А. Патент на изобретение RU 2376743 С2, 27.12.2009. Заявка № 2007132386/12 от 27.08.2007. (59)

11. Буксман, В.Э. Совершенствование конструкции рабочих органов и агрегатов для внутрпочвенного внесения минеральных удобрений/В.Э. Буксман, В.А. Милюткин, А.А. Перфилов, С.А. Толпекин, М.М. Константинов//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). С. 127-130.

12. Милюткин В.А. Идеология интегрального многофункционального почвообрабатывающе-посево-удобрительного комплекса АО "Евротехника" на базе аг-регата FDC-6000//В сборнике: Современное состояние: проблемы и перспекти-вы развития АПК России. сборник материалов Всероссийской научно-практи-ческой конференции. Иваново, 2022. С. 40-47. (0)

13. Milyutkin, V.A. Technical and technological operations for the adaptation of agriculture to global warming conditions/Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Trots A.P., Guzhin I.N., Zhiltsov S.N.//В сборнике: Bio web of conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. С. 00075. (77)

© Милюткин В.А., Буксман В.Э., 2026

В.А. Милюткин¹, В.Э. Буксман²

¹Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Россия

²АО «АМ-Техника», г. Самара, Россия

АКТУАЛЬНОСТЬ КЛАССИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ-ВСПАШКИ ОТВАЛЬНОЙ, ГЛАДКОЙ-ОБОРОТНЫМ ПЛУГОМ AMAZONE TYROK 7+1 АО «АМ-ТЕХНИКА» (Г. САМАРА) ДЛЯ АПК РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается инновационный для АПК России плуг прицепной оборотный TYROK, обработка которым в интенсивных технологиях обеспечивает получение максимально-возможного урожая при сравнительно - высокой сменной производительности без потерь времени на повороты в загоне. *Ключевые слова:* обработка почвы, технологии, плуг оборотный, вспашка «гладкая», урожай, производительность.

V.A. Milyutkin¹, V.E. Buksman²

¹Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

²АО АМ-Техника, Samara, Russia

DESIGN AND TECHNOLOGICAL ADVANTAGES OF THE INNOVATIVE DISCARA SEEDER PRODUCED BY AM-TEKHNIKA JSC (SAMARA) FOR THE RUSSIAN AGRO-INDURAL INDUSTRY

Abstract. This article discusses the innovative Discara 9000 and 12000 universal disc seeders manufactured by AM-Tekhnika (Samara). These disc seeders are suitable for sowing grains, peas, soybeans, rapeseed, sunflowers, and small-seeded crops in soil prepared by traditional plowing, as well as using mini-till and no-till technologies with minimal energy consumption.

Key words: crops, technology, sowing, seeders, disc, universal

По информации и прогнозам ИИ в Мире и в России традиционная вспашка плугом остается доминирующей при основной обработке почвы [1-4], хотя ресурсосберегающие технологии (Mini-Till, No-Till) [5-7] стабильно развиваются в основном в странах Северной и Южной Америки, тогда как Россия находится на этапе активного освоения данного направления. Технологии No-Till и Mini-Till - это около **15–20%** всей мировой пашни: в лидерах по No-Till находятся Южная и Северная Америка, в Бразилии и Аргентине - **60%** посевных площадей. В США этот показатель - около **23–25%**. Традиционная обработка (плуг): по-прежнему охватывает около **70–80%** мировых угодий, особенно в Европе и Азии. Так же и в России наблюдается устойчивый рост интереса к бесплужным - безотвальной технологиям обработки почвы, хотя традиционная вспашка плугом [1-4] остается основной для более **80%** площадей. Доля **No-Till** невелика, но динамично растет. В 2016 году её использовали только 5% фермеров, к 2020 году этот показатель вырос до

11–12%. В России по сравнению с No-Till более распространена технология Mini-Till, так как она является «переходным» этапом. И все-же большое количество агропредприятий РФ основную обработку почвы проводит по классической технологии загонными плугами – отвальной глубиной (24-27 см) вспашкой. Многие предприятия, в том числе крупные агрохолдинги, применяющие ресурсосберегающую технологию Mini-Till, один раз в 3-5 лет обязательно используют отвальные плуги для разуплотнения почв - особенно тяжелых и средних глинистых и суглинистых, а также для повышения их биологической активности и по многим ряду других необходимых причин. При этом последние годы предпочтение отдается оборотным плугам в сравнении - с загонными [1-4].

К такому решению пришли и ученые Самарского ГАУ в своих исследованиях на опытно-производственном поле (8 тыс. га) со средне-суглинистыми почвами, обрабатываемыми ежегодно по технологии Mini-Till дисковыми боронами и тяжелыми лаповыми культиваторами [5-7] из-за проблемы переуплотнения верхнего слоя почвы с невозможностью качественного, в соответствии с агро-требованиями, посева сельхозкультур дисковыми сеялками на заданную глубину. При этом сеялки с долотовидными сошниками Primera DMC, Condor [8-9] данную проблему успешно решают.

Нашими сравнительными исследованиями по оптимизации основной обработки почвы отвальными плугами (1-й вариант) в сравнении с минимальной обработкой почвы по технологии Mini-Till (2-й вариант) установлено, что урожайность озимой пшеницы по агрофону (1) превысила урожайность – по агрофону (2) до 20-30%, в основном из-за неравномерных всходов на переуплотненном участке с Mini-Till с более поздним развитием растений (рис.1).

При возделывании озимой пшеницы [10-14] сорт «Базис», посеянной по технологии основной обработки почвы: Mini-Till – вариант - (2) с глубиной обработки почвы - 6-8 см урожайность была получена – 28,5 ц/га (рис.1,а,в-слева) и классической - вспашке - отвальным плугом вариант (1) на глубину обработки – 24 см с последующим предпосевным боронованием и культивацией лаповым культиватором (2) урожайность была получена - 39,2 ц/га или на 37,5 % выше чем во втором варианте (рис. 1 - б, в-справа). Определяющим - была обработка почвы по разным технологиям.

Так как раньше Россия только пахала, то и промышленность выпускала в основном «загонные» плуги – на крупнейших заводах «Одесса-почвомаш» и «Алтай-сельмаш», в то время - как более технологичных, оборотных плугов, работающих «челночным» способом, отечественная промышленность не производила. В настоящее время, только в Самарской области два предприятия производят оборотные плуги [2-3]. Так одна из ведущих в России фирм по прицепной технике АО «АМ-Техника» (г. Самара) поставляет АПК несколько марок оборотных плугов, в частности, прицепной полно оборотный плуг Тугок 400 OL 7+1 (рис.2) с различной шириной захвата за счет количества корпусов 6, 7, 8 или 9 и ручной или гидравлической регулировкой ширины захвата от 33 см

до 55 см. Плуг разработан для применения в различных эксплуатационных условиях. Благодаря простому пользованию и настройке плуг Турок является надежным орудием с удобным обслуживанием во время эксплуатации. Версия плуга Турок OL позволяет проводить вспашку вне борозды, при необходимости также и по борозде (рис. 2а) с соответствующей колее трактора шириной захвата.

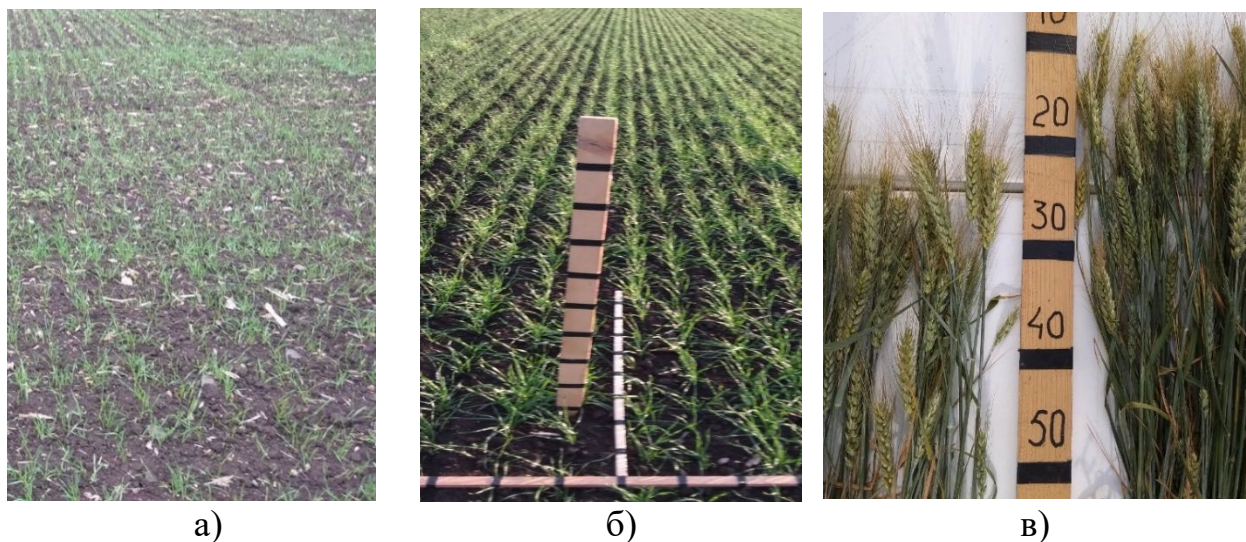


Рис.1. Сравнительные всходы озимой пшеницы «Базис», посеянной по фону-технологии основной обработки почвы: Mini-Till (а) и классической-вспашке отвальным плугом (б) с оценкой потенциальной урожайности (в)

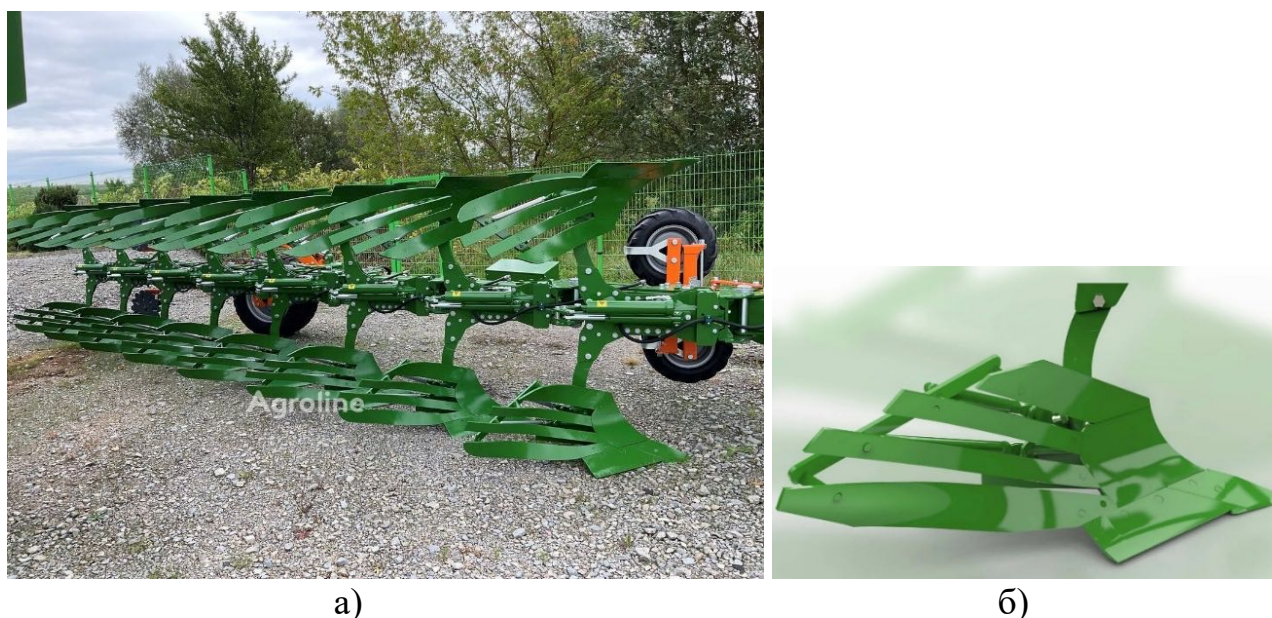


Рис.2. Обратный плуг Турок 400 OL 7+1 - (а); пластинчатый корпус плуга – (б)

В связи с чем основная инновационность данного оборотного плуга состоит в его возможности работать как «по борозде», так и «вне борозды», а новые корпуса Speed Blade обеспечивают качественную обработку почвы на максимальной скорости 9-12 км/час с высокой производительностью. За счет опции вспашки «вне борозды» можно проводить еще более щадящую обработку

почвы. Плуг обеспечивает точную глубину обработки по всей ширине захвата, AutoAdapt-автоматически осуществляет точную адаптацию ширины первой борозды при изменении ширины захвата, быстрый и бережный процесс разворота SmartTurn. Перевод с режима «вне борозды» на режим «по борозде» производится вручную или гидравлически с регулировкой ширины захвата каждого корпуса от 33 см до 55 см. При вспашке «вне борозды» можно использовать трактора с более широкими шинами или гусеничным движителем, что снижает давление на почву в более глубоких слоях и предотвращается образование плужной подошвы. При вспашке «вне борозды» можно работать с GPS - системами «подруливания», которые способствует точному стыку между соседними бороздами. Если из-за высокой влажности нет оптимальных условий для проведения вспашки «вне борозды», то можно быстро перейти к режиму вспашки «по борозде».

Для повышения качества заделки пожнивных остатков на дно борозды используют дерноснимы: дерноснимом М 2 хорошо подходит для универсального применения от перепашки луга до большого количества пожнивных остатков, особенно кукурузной соломы; дерноснимом L2 имеет более развитую форму, чем дерноснимом М2, поэтому он предлагается для заделки экстремально большого количества органических, пожнивных остатков; использование дерноснима G2 обеспечивает вспашку без засорения особенно на тяжелых и липких почвах и при перепашке кормовых угодий. Выгодной альтернативой дерноснимам является «углоснимы» для смешивания пожнивных остатков и более качественного оборота пласта с заделкой в борозду растительной, не зерновой части урожая.

Для еще большей эффективности плуга, дробление пересохших почвенных комков, выравнивания поверхности с уплотнением, применяют, так называемый «пакер» (рис.3), в конструкции которого применяются различного диаметры диски, а также разнообразные их профили с одинарным или двойным размещением и шириной захвата до 4,65 м.



Рис.3. Плуг Tyrok 400 OL 7+1 100 с рабочей шириной, 2,8 м, требуемой мощностью трактора от 320 л.с.

У большого количества агропредприятий Российской Федерации основная обработка почвы проводится по классической технологии загонными плугами – отвальной глубокой (24-27 см) вспашкой. Многие предприятия, в том числе крупные агрохолдинги, применяющие ресурсосберегающую технологию Mini-Till, один раз в 3-5 лет используют отвальные плуги для разуплотнения почв – особенно тяжелых и средних глинистых и суглинистых, а также для повышения их биологической активности и по многим ряду других необходимых причин. При этом предпочтение отдается оборотным плугам в сравнении – с загонными.

Таким образом АПК Российской Федерации имеет возможность, при чем в нарастающих объемах, применять отвальную вспашку на основной обработке почвы при агротехнической необходимости в соответствии с зональными почвенно-климатическими условиями инновационными оборотными плугами, поставляемыми АО «Ам-Техника» (г. Самара).

Список литературы

1. Маслов Г. Г., Юдина Е. М., Кадыров М. Р., Малашихин Н.В. Анализ использования пахотных агрегатов для отвальной вспашки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 108-114.

2. Эффективность использования поворотных плугов для гладкой вспашки почвы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013 – № 1 – С. 48–52.

3. Милюткин В.А. Опыт применения почвообрабатывающих машин Самарского ООО "Волгаагромаш" для основной отвальной и безотвальной обработок почвы // В сборнике: Инженерное обеспечение сельского хозяйства: проблемы, достижения, перспективы. Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель в Алтайском крае. Барнаул, 2024. С. 34-38. (0)

4. Милюткин В.А. Инновационная техника ООО "Волгаагромаш" из г. Самара для классических технологий обработки почвы АПК России // В сборнике: Организационно-экономические проблемы регионального развития в современных условиях. Сборник трудов XVI Всероссийской научно-практической конференции. Симферополь, 2024. С. 143-145. (3)

5. Милюткин В.А. Агрегат CENIUS (АО Евротехника) для технологии Mini-Till при поверхностной обработке с почво-углублением при оптимальном агрегатировании // В сб.: Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений. Сборник статей VI Национальной научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения В.А. Кумакова. Саратов, 2025. С. 102-110. (0)

6. Милюткин В.А. Самарская техника - дисковые бороны Catrosxl и культиваторы "Cenius" АО "Евротехника" при ресурсо и влаго-сберегающей поверхностной обработке с почвоуглублением // В сборнике: Современные

проблемы изучения вредных организмов с целью повышения урожайности культур, получения экологически безопасной продукции и подготовки специалистов по защите растений. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ю.А. Леонтьевой. Кинель, 2025. С. 58-64. (0)

7. Буксман В.Э., Милюткин В.А., Сазонов Д.С. Инновационная техника для инновационных технологий No-Till и Mini-Till для обработки почвы и посева в России//В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник V Всероссийской (национальной) научной конференции. 2020. С. 346-349. (17)

8. Милюткин В.А., Хайнц Д., Буксман В.Э. Техничко-эксплуатационное обоснование рационального комплекса высокотехнологичных сеялок ДМС для агроприятий различного уровня//В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 416-421. (15)

9. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Эффективный технико-технологический сеялочный комплекс - Condor российского производства (АО "Евротехника" - г. Самара) при посеве озимых при недостаточном почвенном увлажнении// Агро Форум. 2020. № 3. С. 64-67. (14)

10. Милюткин В.А., Канаев М.А., Кузнецов М.А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 34-39.

11. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А., Длужевский Н.Г. Техничко-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений на базе КАС-32//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 149-152. (36)

12. Милюткин В.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Комарова Н.К., Смелик В.А. Исследования инновационных технологий, техники и жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси при возделывании сельхозкультур//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 104-111. (35)

13. Милюткин В.А., Петров А.М., Кухарев О.Н., Длужевский Н.Г. Техничко-технологическое применение жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений на базе КАС-32 в посевах зерновых и зернобобовых культур//Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 79-85.

Версии: Milyutkin V.A., Petrov A.M., Kukharev O.N., Dluzhevsky N.G. Technical and technological application of liquid nitrogen and nitrogen-containing fertilizers on the basis of Kas-32 in seeding cereal and grain legume crops

Volga Region Farmland. 2019. № 4 (4). С. 53-57. (15)

14. Милюткин В.А., Овчинников В.А. Повышение урожайности и качества зерна озимой пшеницы за счет применения инновационных удобрений и

© Милюткин В.А., Буксман В.Э., 2026

Научная статья
УДК 631.81:631.421

В.А. Милюткин

Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС С ПОВЫШЕНИЕМ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА

Аннотация. В статье представлены материалы сравнительных исследований возможности и результаты управления урожайностью и качеством зерна яровой твердой пшеницы применением инновационных жидких удобрений - КАС+S по разным технологиям: внутри - почвенно модулем мульти-инжектором и «по листу» - модулем штанговым опрыскивателем с крупнокапельными форсунками многофункциональным комплексом «Туман...» ООО «Пегас-Агро» с учетом фаз развития растений и потребностей растений в азоте.

Ключевые слова: пшеница, урожай, качество, удобрения, азот, внесение, дробное, мульти-инжектор, опрыскиватель.

V.A. Milyutkin

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF SPRING HARD WHEAT BY USING LIQUID FERTILIZERS CAS WITH INCREASE OF YIELD AND QUALITY OF GRAIN

Abstract. The article presents the materials of comparative studies of the possibility and results of managing the yield and quality of spring durum wheat grain using innovative liquid fertilizers - CAS+S using different technologies: inside - soil module multi-injector and "on the leaf" - module boom sprayer with large-drop nozzles multifunctional complex "Fog..." LLC "Pegas-Agro" taking into account the phases of plant development and the needs of plants in nitrogen.

Key words: wheat, yield, quality, fertilizers, nitrogen, application, fractional, multi-injector, sprayer.

Введение. Твердая пшеница имеет большое значение в производстве и потреблении специфических продуктов питания (макаронные изделия, крупы, хлеб) с длительным периодом хранения, обладающих высокой питательной ценностью, пользующихся спросом почти во всех регионах мира. Традиционные и инновационные технологии возделывания сельхоз-культур для получения высоких урожайности и качества продукции, при всех прочих равных условиях,

основываются на применении удобрений с макро-мезо-микро-элементами.

Главным элементом при этом является азот-N [1-4], содержащийся в различных минеральных удобрениях в различных формах и соотношениях. Конечно, все другие факторы: удобрения, семена, средства защиты, техника и т.д. безусловно важны и без них не будет общего успеха. В основном известные удобрения растение использует через корневую систему и только азотные могут поступать в растение через листья. В 1984 году был открыт и запатентован новый вид азотных минеральных удобрений в жидкой форме КАС (32-26) - карбамидо-аммиачная смесь, которая при трех формах азота N содержит: нитратного - NO_3 - 12,5%, аммонийного - NH_4 - 12,5%, амидного - NH_2 - 25% с пролонгирующим действием на процесс вегетации растений, так как одни формы азота переходят в другие. И только амидный азот (рис.1а) способен проникать в растения через листья для развития сельхоз-культур с возможным управлением урожайностью и качеством продукции.

Азот в листьях определялся экспресс-тестированием растений прибором «N-Тестер» (рис.1б), что важно. К тому же обоснована потребность в азоте - N по всем культурам при расчетах норм внесения азотных удобрений в критические фазы их развития (рис.2). В связи с чем разработка [4-10], производство и применение КАС имеют большую эффективность для АПК.

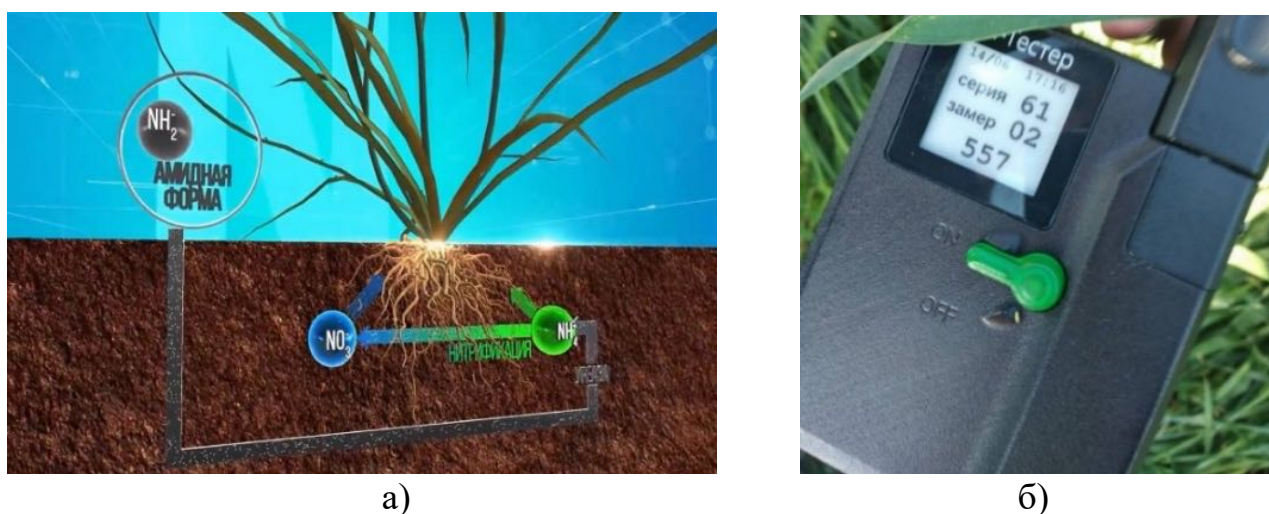


Рис.1. Действие КАС на растение (а), оценка накопления азота в листьях N-тестером (б)

Материалы и методы. Самарским ГАУ по инициативе ПАО «КуйбышевАзот» и ООО «Пегас Агро» в течение шести лет отработывают технологии эффективного, для урожайности сельхоз-культур и качества продукции, применения жидких азотных удобрений КАС. В тоже время в настоящее время в России практически в полном объеме решены все проблемы по внесению КАС и других инновационных азото-серосодержащих удобрений, логистике транспортировке перегрузки и хранению относительно нового для АПК продукта – жидких удобрений [8]. По технологии применения - наиболее эффективными агроприемами для получения высокой урожайности и качества

сельхозпродукции является дробное внесение КАС-32 (N-32%) и КАС+S (N-26%, S-2,5%) в основные фазы развития возделываемых культур с учетом потребления азота в сравнении с традиционно применяемыми твердыми азотными удобрениями - аммиачной селитрой.

Наши исследования проводились на полях Самарского ГАУ на тяжелосуглинистом черноземе при возделывании яровой твердой пшеницы сорта «Безенчукская крепость» селекции Самарского НИИСХ с применением инновационной техники «Туман-3». Для внесения КАС применялись: разбрасыватель твердых удобрений (рис.2а), мульти-инжектор (рис.2б) для инъекционного, внутрипочвенного внесения КАС и штанговый опрыскиватель (рис.2в) с крупнокапельными форсунками для поверхностной – по «листу» и внекорневой подкормки растений, что успешно решает импортозамещение в агрохимии, пользуясь высоким спросом у аграриев [7,8].



а)



б)



в)

Рис.2. Комплекс «Туман-3» (третьего поколения) производства ООО «Пегас-Агро»: а)-разбрасыватель твердых минеральных удобрений; б)-мульти-инжектор; в)-опрыскиватель

Результаты исследований и обсуждение. Исследования проводились с учетом региональных рекомендаций по внесению удобрений по фазам развития, по нормами и сроками внесения с учетом исследуемых минеральных удобрений-

жидкие, твердые - аммиачная селитра-контроль с определением азота в листьях прибором N-Тестер (рис.1б) по программе (табл.1) одноразового (перед посевом) и дробного (в соответствии со схемой) питания сельхоз-культур (пшеница) комплексом «Туман...».

Таблица 1 Программа внесения КАС (физ. массы, кг(л)/га) в опыте с яровой твердой пшеницей «Безенчукская крепость»

Сроки внесения	Аммиачная селитра	КАС+S
Яровая пшеница твердая, общая доза азота 90 кг/га д.в.		
До посева	150 кг (50 кг д.в.)	180 кг-140 л (50 кг д.в.)
Кущение	100 кг (30 кг д.в.)	70 кг-55 л (15 кг/га д.в.)
Флаговый лист	-	70 кг-55 л (15 кг/га д.в.)
По колосу	30 кг (10 кг/га д.в.-раствор)	40 кг-30 л (10 кг/га д.в.)

Исследования показывают увеличение азота в листьях пшеницы (14.06.) в единицах прибора N-тестера по сравнению с контролем при разных нормах и способах внесения от 18,8% при внесении КАС+S мульти-инжектором нормой 200 л/га до 26,4 и 24,2 % при внесении КАС нормой 350 л/га и опрыскивателем нормой 200 л/га. Наибольшее значение 638,1 азота-N в листьях было при внесении КАС мульти-инжектором и опрыскивателем (табл.2).

Варианты опытов:

1. Аммиачная селитра-280 кг/га ф.в.-дробно (контроль); 2.КАС+S-360 кг/га-270 л/га ф.в.- мульти-инжектором; 3.КАС+S-360 кг/га-270 л/га ф.в.-дробно, мульти-инжектором; 4.-КАС+S-360 кг/га=270 л/га ф.в.-одноразово, опрыскивателем «Туман-2»; 5.-КАС+S-360 кг/га=270 л/га ф.в.-дробно - «Туман-2»; 6.КАС+S-360 кг/га 270 л/га ф.в.-одноразово в период кущения: 180 кг/га-140 л/га опрыскивателем+180 кг/га-140л/га мульти-инжектором.

Таблица 2 Содержание азота (единиц прибора N-тестер) в листьях яровой пшеницы сорт «Безенчукская крепость» в опытах Самарского ГАУ при обработке жидкими азотными удобрениями КАС+S

ВАРИАНТЫ					
Конт-роль	Мультиин-жектор, одноразово 200 л/га	Мультиин-жектор, дробно,100 +100 л/га	Опрыскива-тель, одноразово 200 л/га	Опрыскива-тель, дробно 100+100 л/га	Опрыскива-тель+мультиинжектор 100+100 л/га
443,2	554,8	563,3	533,6	549,3	627,2
-	25,1 %	27,1 %	20,3%	23,9%	41,5 %

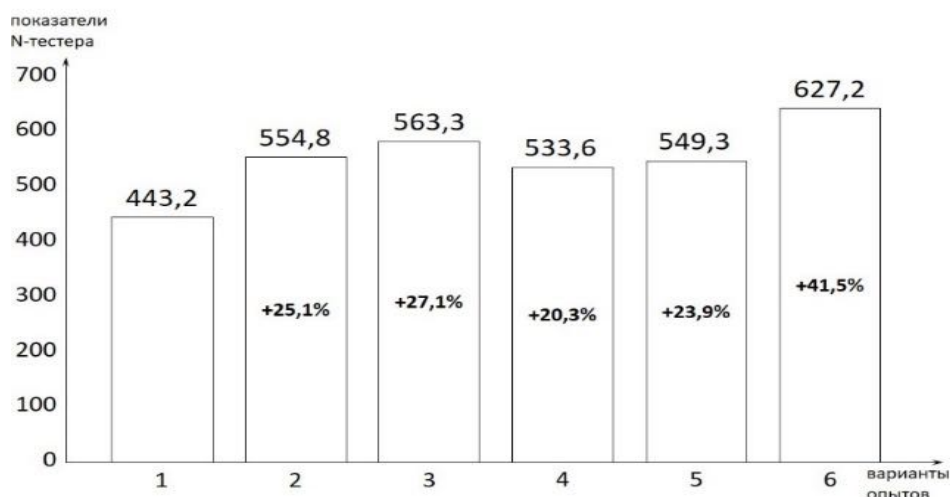


Рис. 4. Накопление азота в листьях яровой пшеницы от КАС+S в сравнении с аммиачной селитрой: 1-контроль, аммиачная селитра, 2-мультиинжектор-внесение КАС+S-одноразово, 3- мульти-инжектор-внесение КАС+S-дробно, 4-опрыскиватель- внесение КАС+S-одноразово, 5-опрыскиватель- внесение КАС+S-дробно, 5-мульти-инжектор внесение КАС+S совместно с опрыскивателем

В год проведения исследований при повышенном влаго-обеспечении из-за обильных осадков, растения сформировали высокую урожайность (рис.5).

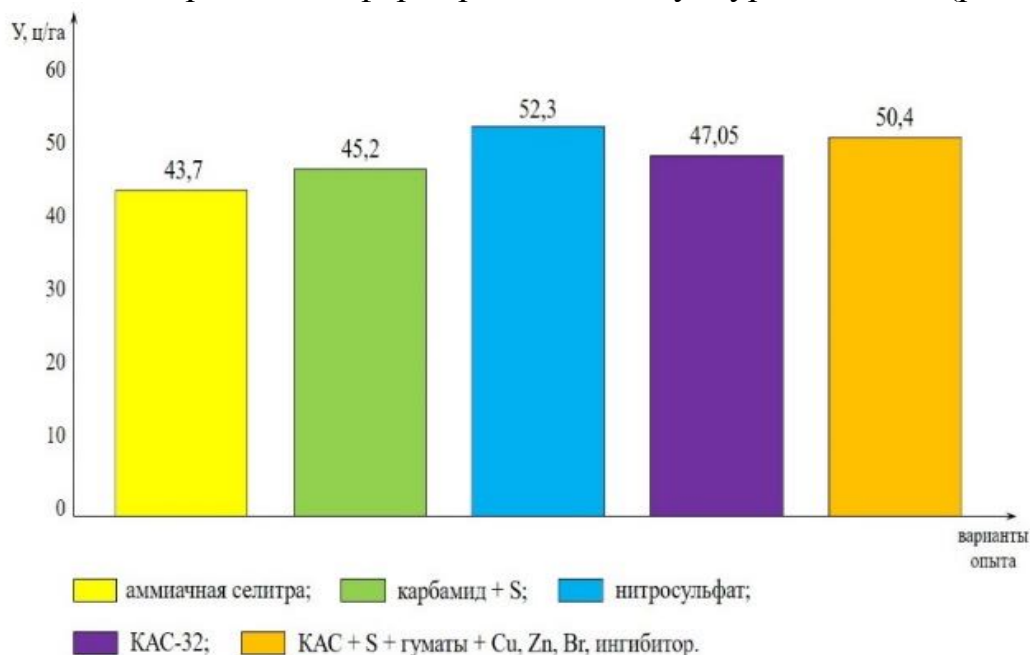


Рис. 5. Урожайность (ц/га) яровой пшеницы сорт «Безенчукская крепость» в опытах

Так в соответствии с разработанной агрохимической программой внесения минеральных удобрений была получена урожайность пшеницы (рис.5): от твердых минеральных удобрений – аммиачная селитра (контроль) – 43,7 ц/га или прибавка составила 68% от средне-областной урожайности 26,0 ц/га, от жидких минеральных удобрений КАС-32 – 47,05 ц/га или прибавка урожайности

составила 81%, а от контроля 7,7%, при внесении жидких минеральных удобрений КАС+S с гуматом и микроэлементами урожайность пшеницы составила 50,4 ц/га или прибавка урожайности возросла до 94 %, а от «контроля» 15,3%, при внесении твердых минеральных удобрений-нитросульфата урожайность пшеницы получилась максимальной 52,3 ц/га или прибавка урожайности составила 101% от средне-областных, а от «контроля» - 19,6%, при внесении твердых минеральных удобрений – карбамид+S урожайность пшеницы была равна 45,2 ц/га или прибавка урожайности составила 74 % от средне-областных, а от «контроля» 3,4%, что также свидетельствует о высоком влиянии твердых инновационных удобрений-нитросульфата и карбамид+S.

Так же высокую эффективность в прибавке урожайности твердой пшеницы имеют жидкие удобрения КАС, как в чистом виде - КАС-32, так и с добавлением серы – КАС+S. При этом нашими опытами подтверждается, что только основных элементов плодородия N, P, K в повышении урожайности недостаточно-неоходимы и мезоэлементы - сера S и микроэлементы Cu+Zn+Br, также положительную роль на повышение урожайности пшеницы оказали гумат калия и ингибитор б101 в жидких удобрениях КАС. В целом в благоприятный вегетационный год по влагообеспеченности сельхоз-культур инновационные азотные удобрения с серой: твердые - нитросульфат и жидкие - КАС+S с микроэлементами Cu+Zn+Br, гуматом калия и ингибитором повышают урожайность пшеницы в сравнении с традиционными удобрениями-аммиачная селитра соответственно на 19,6 и 15,3% или максимальная урожайность по жидким удобрениям составила - 50,4 ц/га, по твердым -52,3 ц/га.

Также улучшалось качество пшеницы (табл.2), которое свидетельствует о том, что по основному показателю-массовая доля сырой клейковины, единиц прибора ИДК%, яровая твердая пшеница сорта «Безенчукская крепость» в благоприятных для высокого урожая условиях 2022 года и при высоких фонах азота и серы, соответствовала I классу качества – 29,4-30,8% (1-й класс-28%; 2-й класс-25%; 3-й класс-22%), по показателю-протеин, белок,% - также I класса. При применении традиционных удобрений качество пшеницы получено II кл.

Таблица 2 Качество яровой твердой пшеницы – сорт «Безенчукская крепость» Самарского НИИСХ в опытах при различном питании и технологиях внесения в 2022 году

Варианты опытов	Протеин белок, %, (класс)	Влажность%,	Массовая доля сырой клейковины, % (класс)	Качество сырой клейковины, ед. прибора ИДК %, (класс)	Стекло-видность, %, (класс)
1.Контроль, аммиачная селитра	13,202 (II)	10,383	23,359(II)	85,444(I)	49,401(II)
2.КАС+S, мультиинжектор	18,134 (I)	9,693	30,786(I)	84,433(I)	49,842(II)
3.КАС+S,опрыск.	17,281(I)	9,723	29,394(I)	85,793(I)	49,749(II)

Выводы

В целом, предлагаемые технологии с внесением инновационных азото-серосодержащих жидких удобрений по разным технологиям отечественным агрохимическим, многофункциональным модульным комплексом «Туман» ООО «Пегас-Агро» (г. Самара, Россия), позволяют активно управлять качеством и урожайностью сельхозпродукции в соответствующие фазы развития в течении всего периода вегетации от посевной до уборки в зависимости от потребностей растений в минеральном питании.

Список литературы

1. Вьюшков А.А., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Пшеница твердая яровая (*triticum durum* desf.) Безенчукская крепость//Патент на селекционное достижение RU 9660. Заявка № 65272 от 20.11.2014.
2. Петров А.Ф. и др. Влияние азотных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы //Инновации и продовольственная безопасность. 017. № 4 (18). С. 14-19.
3. Милюткин В.А. Перспективные инновационные техника и технологии для внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 38-47.
4. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении // Кинель, 2021.
5. Милюткин В.А и др. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС//Вестник ИрГСХА. 2022. № 108. С. 19-31.
6. Милюткин В.А и др. Жидкие азотные и азотосеросодержащие удобрения на базе КАС-эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям//В сборнике: Проблемы современной аграрной науки. Материалы международной научной конференции. Красноярск, 2020. С. 71-74.
7. Милюткин В.А и др. Техничко-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений на базе КАС-32// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 149-152.
8. Милюткин В. А. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрипочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро»// Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и За рубежом: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича, Иркутск, 11 ноября 2021 года. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 114-121. (48)
9. Способ и устройство для внесения удобрения при культивировании.

Милюткин В.А., Ларионов Ю.В., Канаев М.А. Патент на изобретение RU 2376743 С2, 27.12.2009. Заявка № 2007132386/12 от 27. 08. 2007.

10.Милюткин, В. А. Использование сидератов в лесостепи Поволжья// Земледелие. – 1999. – № 6. – С. 22-23.

11.Милюткин В.А., Макушин А.Н., Кнурова Г.В., Толпекин С.А. Повышение продуктивности яровой твердой пшеницы внесением многофункциональным комплексом «Туман» ООО «Пегас -Агро». В сборнике: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова (1930-2015). Чебоксары, 2025. С. 151-156.

12.Милюткин В.А. Преимущества модульного комплекса «туман» при внесении жидких удобрений КАС (КАС-32, КАС+S) с мезо- и микроэлементами на яровой твердой пшенице//В сборнике: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-ле-тию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова (1930-2015). Чебоксары, 2025. С. 157-162.

13.Technical and technological operations for the adaptation of agriculture to global warming conditions/Milyutkin V.A., Sysoev V.N., Trots A.P., Guzhin I.N., Zhiltsov S.N.//В сборнике: Bio web of conferences. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. С. 00075.

© Милюткин В.А., 2026

Научная статья

УДК 631.348.4

В.А. Милюткин^{1,3}, Г.В. Кнурова²

¹Самарский государственный аграрный университет, г.Кинель, Россия;

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

³Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта

**ШТАНГОВЫЕ ОПРЫСКИВАТЕЛИ «ТУМАН» ООО «ПЕГАС-АГРО»
ДЛЯ АГРОПРЕДПРИЯТИЙ ЛЮБОГО УРОВНЯ ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ АПК**

Аннотация. В статье рассматривается система отечественных опрыскивателей широкого линейного ряда «Туман» российской (г. Самара) фирмы ООО «Пегас-Агро» в динамике развития по «импортозамещению» для решения острой потребности агропромышленного комплекса в интенсивных технологиях АПК, начиная от первых вариантов самоходных - «Туман - 1 и 2», «Туман - 3», высококлиренсного - «Туман - 4» и модернизированного «Туман - 5» в 2025 году при обработке гербицидами посевов различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: сельхозпроизводство, земледелие, урожайность, сорняки, гербициды, опрыскиватели

V.A. Milyutkin^{1,3}, G.V. Knurova²

¹Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;

²Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev;

³Immanuel Kant Baltic Federal University

PEGAS-AGRO LLC'S "TUMAN" ROAD SPRAYERS FOR AGRIBUSINESSES OF ANY SIZE USING INTENSIVE PRODUCTION TECHNOLOGIES

Abstract. This article examines the domestically produced Tuman sprayer system, a wide range of which is manufactured by the Russian company Pegas-Agro (Samara), and its development through import substitution to address the agro-industrial complex's acute need for intensive agricultural technologies. This includes the first self-propelled versions of the Tuman-1 and 2, Tuman-3, the high-clearance Tuman-4, and the modernized Tuman-5, which will be available in 2025 for herbicide treatment of various crops.

Key words: agricultural production, farming, crop yield, weeds, herbicides, sprayers

Из всех основных элементов системы интенсивного земледелия с повышенной продуктивностью сельхозкультур - важным - является борьба с сорняками [1-9]. Учитывая, что в условиях рыночной экономики, когда научно обоснованные севообороты очень часто заменяет укороченный плодосмен, а цены на энергоносители, сельскохозяйственную технику, минеральные удобрения и другие сырьевые ресурсы постоянно растут, гербицидам нет альтернативы по уровню целесообразности при борьбе с сорной растительностью - о чем свидетельствуют, в частности исследования [1] по применению гербицидов с уничтожением сорняков на 85-90% и повышением урожая на 10-15% - без внесения удобрений и - до 30% - при внесении удобрений. Естественно, эффективность гербицидов во многом зависит от качества их внесения технико-технологическими средствами. В настоящее время, в условиях «жестких» ограничительных санкций, для агропромышленного комплекса - АПК России определяющее значение имеют отечественные машины, оборудование, технологии, при чем высокоэффективные.

Среди известных отечественных сельхоз-машиностроительных

предприятий особое место по производству агрохимической техники занимает фирма ООО «Пегас-Агро», разрабатывающая и производящая многофункциональный самоходный комплекс «Туман» с разными технологическими модулями для агрохимических работ в полеводстве, в том числе фирма разрабатывает штанговые опрыскиватели [2-5].

Исследования Самарского государственного аграрного университета – Самарский ГАУ, проводимые в содружестве с интенсивно и прогрессивно развивающейся и эффективно решающей важную проблему продовольственной безопасности России - фирмой ООО «Пегас-Агро», дают возможность совершенствовать и создавать новые, более эффективные аграрные технологии [2,10-12] за счет инновационной конструкции комплекса «Туман» с необходимым набором технологических модулей (рис.1-6) [2-9]. Прежде всего это штанговый (рис.1а) и вентиляторный (рис.1б) опрыскиватели второго модельного ряда – «Туман-2», широко используемые аграриями с 2008 года.



Рис.1. Комплекс «Туман-2»: а)-штанговый, б)-вентиляторный опрыскиватели

В 2021 году на самарском заводе Пегас-Агро произошло знаковое событие – с конвейера сошел двухтысячный модернизированный опрыскиватель-«Туман-2 М» и сегодня он является самой заслуженной моделью завода, а сами машины работают в различных регионах России и странах ближнего зарубежья, как в небольших фермерских хозяйствах, так и в крупнейших агрохолдингах. Машина поступила в продажу в 2016 году, и аграрии сразу оценили её уникальные потребительские свойства: высокую производительность, легкость и простоту в обслуживании, мобильность, экономичность, а главное многофункциональность. Сейчас самоходный опрыскиватель «Туман-2М» комплектуется пятью сменными модулями, позволяя выполнять широкий спектр работ по внесению удобрений и химической защите растений одним агрегатом разными модулями.

В 2019 году ООО «Пегас-Агро» представило новую модель опрыскивателя - «Туман - 3» производительностью 80 га/ч с увеличенной емкостью бака/бункера - 2600 л., дополнительным баком и новым дизайном корпуса машины (рис.2).



Рис.2. Штанговый опрыскиватель «Туман-3» ООО «Пегас-Агро»

«Туман-3» может быть оснащен различными вариантами спутниковых систем навигации, в том числе собственной электронной системой управления (рис.3).



Рис.3. Оборудование в кабине «Туман» для автоматизации управления

Навигационная система позволяет оптимизировать траектории движения, избегать перекрытий и «мертвых зон», повышать качество обработки и снижать затраты на удобрения. Также доступны функции автоматического управления секциями и поддержания уровня расхода рабочей жидкости, а также функция дифференцированного внесения различных доз удобрений и средств защиты растений с учетом потребностей конкретной культуры на каждом участке поля. «Туманы», оснащенные новой навигацией и 6-ю мощными противотуманными

фарами для подсветки всей длины штанги, могут работы как в дневное, так и в ночное время (рис.4) с высокой точностью, эффективностью и минимальными потерями удобрений. Навигация «Туман» ООО «Пегас-Агро» позволяет осуществлять автоматическое вождение с координатной привязкой.

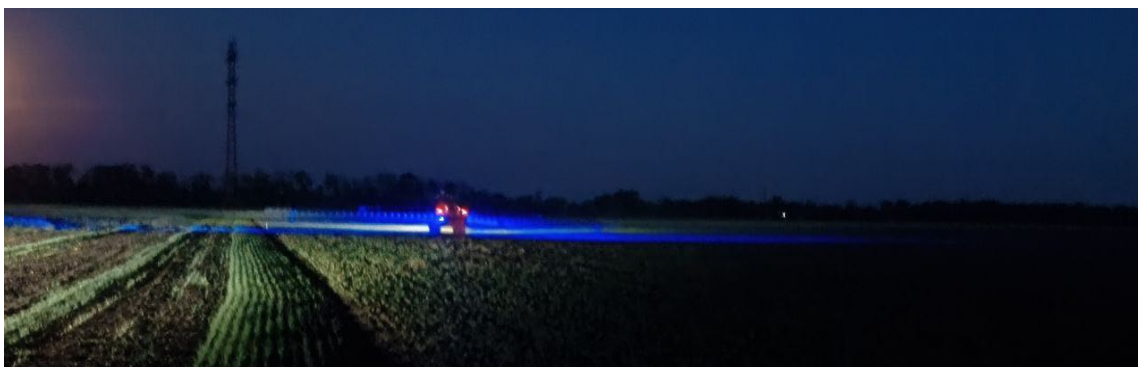


Рис.4. Работа опрыскивателя «Туман-3» ночью при внесении гербицидов

8.10.2024 года на выставке «Агросалон-2024» ООО «Пегас-Агро» представило инновационный высоко-клиренсный опрыскиватель «Туман-4». 8. 04. 2025 г. – был собран первый серийный российский опрыскиватель «Туман-4» (рис.5,6) - это новейшее поколение отечественных высоко-клиренсных опрыскивателей [9].

8.10.2025



Рис.5. Инновационный высоко-клиренсный опрыскиватель «Туман-4»

Модель отличается от предшественников полностью гидростатической трансмиссией и увеличенной мощностью. Двигатель: дизельный Weichai (160 л.с.) или YunNai (150–180 л.с.). Объем бака - 3 000 л., проходимость: полный привод 4×4 с независимой пневмо-подвеской с авто-поддержанием уровня.

Клиренс - дорожный просвет регулируется от 1 600 до 2 000 мм для работы с высокими культурами. Захват - ширина обработки штанговым опрыскивателем достигает 30 метров. Колея - регулируемая, стандарт - 2 780 мм.

Разработка и запуск новой модели ускорились в связи с санкциями и возросшим спросом на отечественную технику. В настоящее время самарский завод в числе лидеров в первой пятёрке российских производителей сельскохозяйственной техники – с производством 1100 машин в год, в планах - увеличение объема до 2500 единиц.

Самарский ГАУ проводит исследования с комплексом «Туман», в частности со штанговыми опрыскивателями при применении средств защиты – пестицидов на основных сельскохозяйственных культурах с высокой эффективностью, в частности при обработке посевов: кукурузы, подсолнечника, льна масличного, сои, гороха, пшеницы яровой и озимой соответствующими гербицидами (рис.6), что обеспечило в опытах развитие растений без конкуренции за питание и воду со стороны сорняков и получение высокой урожайности хорошего качества.

На фотографиях (рис.6 а-е) показана эффективность гербицидов, вносимых на изучаемых культурах, штанговыми опрыскивателями (модулем) «Туман-3», при этом гербициды подбирались для соответствующего типа культуры, видам сорняков (двудольные или злаковые) и фазам роста растений. В жаркую погоду гербициды эффективно применялись – вносились в ночное время (рис. 4) [5].



а)



б)

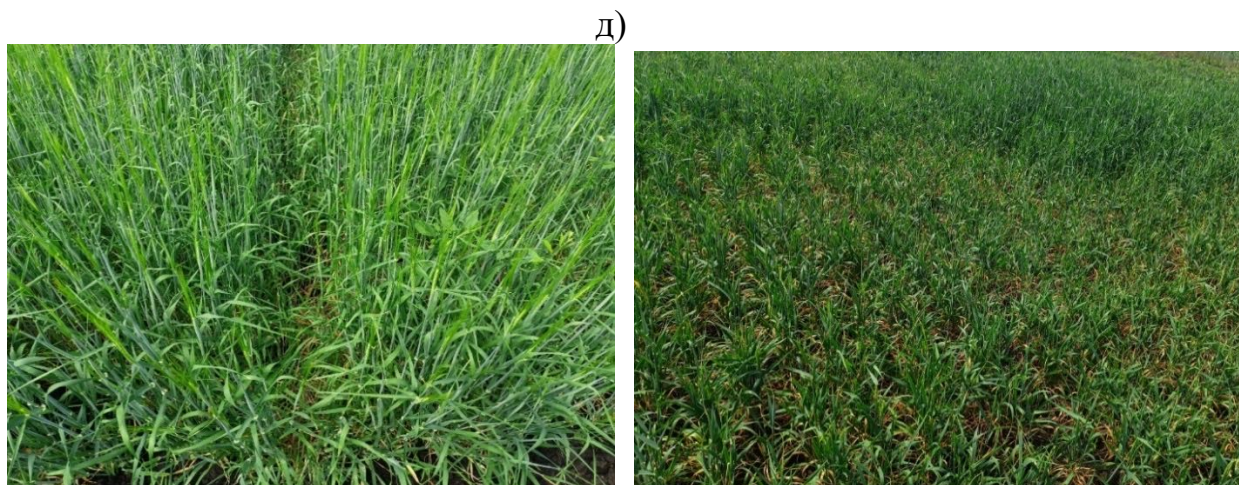


в)



г)





е)

Рис.6. Эффективность работы штангового опрыскивателя «Туман-3» на опытных полях Самарского ГАУ в 2025 году (слева обработка посевов гербицидами; справа-без гербицидов): а)-кукуруза; б)-подсолнечник; в)-лен масличный; в)-соя; д)-горох; е)-пшеница яровая

Таким образом, по защите растений и внесению минеральных удобрений ООО «Пегас-Агро» решает основные вопросы для АПК по импортозамещению, причем с опережающим техническим уровнем. В настоящее время ООО «Пегас-Агро» начало производить модернизированный самоходный опрыскиватель - «Туман - 5» (рис.7) - опрыскиватель нового поколения, устанавливающий новые стандарты производительности, комфорта и безопасности. Разработка модели «Туман - 5» велась в непосредственной связи с проектом «Туман - 4» (рис.7). «Туман - 5» олицетворяет передовые достижения в области техники и технологий, обеспечивая экономичное и результативное внесение рабочих препаратов для защиты культур. При создании этой модели было сохранено основное преимущество линейки «Туман»-многомодульная конструкция, позволяющая использовать широкий спектр агротехнических возможностей в течении всего сезона.

Агрегаты «Туман» уже поставляются в Беларусь, Казахстан и Узбекистан.



Рис.7. Инновационные опрыскиватели «Туман-5» (слева) и «Туман-4» (справа) на международной выставке «Агросалон-2024»

Список литературы

1. Мамиев Д.М., Абаев А.А., Кумсиев Э.И., Шалыгина А.А., Оказова З.П. Эффективность различных гербицидов и доз минеральных удобрений на посевах сельскохозяйственных культур. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 749.

2. Милюткин В.А., Гужин И.Н., Толпекин С.А. Оптимальные решения агрохимических задач при возделывании сельхозкультур единой системой агрегатов «Туман...» ООО «Пегас-Агро»//В сборнике: Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 201-206. (29)

3. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Буксман В.Э. Приоритетные конструктивные и технологические особенности опрыскивателей для защиты растений при техперевооружении агропредприятий АПК//Нива Поволжья. 2018. №1(46). С. 97-102.

4. Милюткин В.А., Кухарев О.Н. Сравнительная эффективность инновационных агрегатов "Туман" (опрыскиватель и мультиинжектор) ООО "Пегас-Агро" при внесении жидких удобрений КАС//Нива Поволжья. 2022. № 2 (62). С. 3005.

Версии: Milyutkin V.A., Kukharev O.N. Comparative efficiency of the innovative "Tuman" units (sprayer and multi-injector) OF ООО "Pegas-Agro" (llc) when applying liquid ureaammonium nitrate fertilizers

Volga Region Farmland. 2022. № 2 (13). С. 3005. (2)

5. Милюткин В.А. Защита сельхозкультур от сорняков и исследования самарским гау опрыскивателей модулей "Туман-2;3" и инновационного высококлиренсного "Туман-4"//В сборнике: Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Кемерово, 2025. С. 603-609. (0)

6. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Инновационная сельскохозяйственная техника для цифровых технологий в АПК России//АгроФорум. 2020. № 4. С. 10-16. (16)

7. Милюткин В.А., Калашников А.В., Диоп А. Техническое обеспечение агрохимической обработки посевов с цифровизацией опрыскивателей – дальнейшее развитие ресурсосберегающих, адаптивных и экологически безопасных техно-логий в земледелии//В сборнике: Ресурсосберегающие технологии и техниче-ские средства для производства продукции растениеводства и животноводства //Сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2020. С. 102-107. (9)

8. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Интеллектуальный опрыскиватель нового поколения//Техника и оборудование для села. 2018. № 7. С. 10-12. (69)

9. Милюткин В.А., Дикуша И.А. Высоклиренсный опрыскиватель Туман-4 для агрохимической обработки высокостебельных культур, эффективной десикации подсолнечника//В сборнике: Аграрная наука и

инновационное развитие АПК: состояние, проблемы и перспективы. Сборник Материалов II международной научной конференции. Смоленск, 2025. С. 190-194. (0)

10. Милюткин В.А., Канаев М.А., Кузнецов М.А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме On-Line//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 34-39. (57)

11. Буксман В.Э., Милюткин В.А., Сазонов Д.С. Инновационная техника для инновационных технологий No-Till И Mini-Till для обработки почвы и посева в России//В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник V Всероссийской (национальной) научной конференции. 2020. С. 346-349. (17)

12. Milyutkin V.A., Vuxmann V., Mozgovoy A.V., Rudoj D.V., Olshevskaya A.V. Modern technology for cultivation of agricultural crops in zones of "risk farming" with conservation and accumulation of atmospheric moisture//В сборнике: XIV International Scientific Conference "Interagromash 2021". Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Volume 1. Springer Verlag, 2022. С. 138-146. (27)

© Милюткин В.А., Кнурова Г.В., 2026

Научная статья
УДК 635.657:631

Ж. Н. Мухатова, А.Г. Субботин, Ж.Н. Беткалиева

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

ИЗУЧЕНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ НУТА КОЛЛЕКЦИИ ВИР КАК ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по группировке 46 сортообразцов нута коллекции ВИР по комплексу вегетативных и генеративных признаков с помощью кластерного анализа. Распределение сортообразцов по минимуму евклидовых расстояний на 36 шаге итерации (евклидово расстояние 10,263) позволило выделить 9 кластеров. Определение значимости различий между кластерами проведено с использованием дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений. Существенные различия между кластерами выявлены по всем признакам.

Ключевые слова: нут, сортообразец, признаки, кластерный анализ, евклидово расстояние

Zh. N. Mukhatova, A. G. Subbotin, Zh.N. Betkaliyeva

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

STUDY OF CHICKPEA VARIETAL SAMPLES FROM THE VIR COLLECTION AS INITIAL MATERIAL FOR BREEDING IN THE LOWER VOLGA REGION USING CLUSTER ANALYSIS

Abstract. The article presents the results of studies on the grouping of 46 chickpea varietal samples from the VIR collection based on a set of vegetative and generative traits using cluster analysis. The distribution of varietal samples according to the minimum Euclidean distances at the 36th iteration step (Euclidean distance 10.263) allowed identifying 9 clusters. The significance of differences between clusters was determined using analysis of variance by the method of unorganized repetitions. Significant differences between clusters were found for all traits.

Key words: chickpea, varietal sample, traits, cluster analysis, Euclidean distance

Введение. Оценка исходного материала играет ключевую роль в селекционной работе с нутом, что позволяет выявить и сохранить ценные генетические ресурсы, которые могут быть использованы для улучшения существующих сортов и создания новых, более приспособленных к современным условиям выращивания. Для решения большинства селекционных задач требуется анализ сложных, многомерных данных [1, 3].

Кластерный анализ является эффективным методом для оценки большого количества коллекционных образцов нута по множеству показателей для различных селекционных программ. При изучении нута используется метод евклидовых расстояний, который позволяет выявить иерархическую структуру среди изученных образцов, сгруппировать их по комплексу показателей и выделить наиболее перспективные. Метод позволяет оценить как сходство, так и отличие образцов и характеризует меру проявления изученного показателя [2, 6].

В связи с чем цель исследований заключается в анализе вариабельности хозяйственно – ценных признаков и последующей классификации образцов нута с применением кластерного анализа.

Материалы и методы. Посевной материал размещали на базе УНПК «Агроцентр» в Правобережье Саратовской области в 2025 году, на однорядковых делянках площадью 3,85 м с междурядьем шириной 0,7 м. Норма высева составила 350 тысяч всхожих семян на гектар. В исследование включено 46 сортообразцов нута коллекции ВИР различного эколого – географического происхождения. Все наблюдения и учеты проводились в соответствии с установленными научными методиками [4, 5].

Результаты и обсуждение. В качестве оптимального шага итерации при анализе дендрограммы сходства и различий 46 сортообразцов нута был выбран 36 ход итерации, что соответствует евклидову расстоянию 10,263 и позволило объединить наименования в 9 кластеров (рисунок 1).

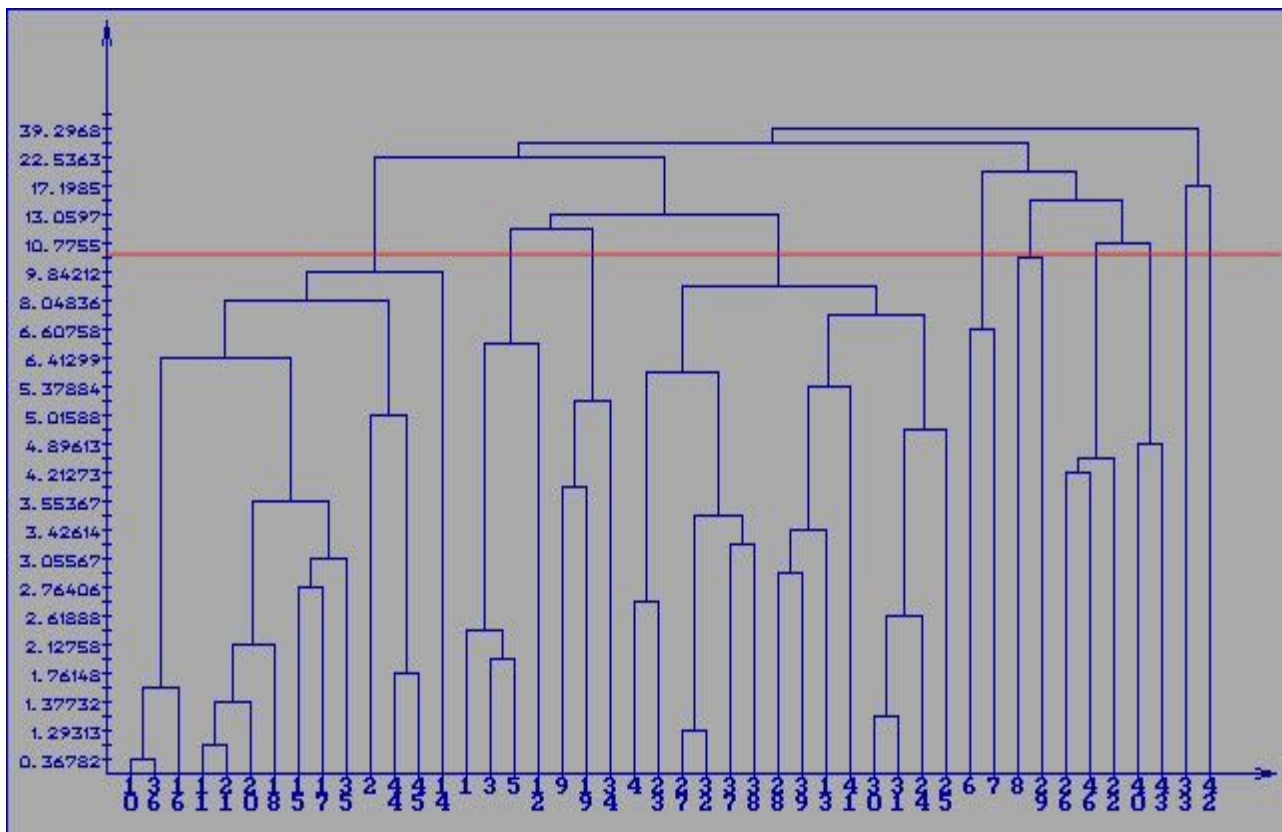


Рисунок 1. Дендрограмма сходства и различий сортов образцов нута

Определение значимости различий между кластерами проведено с использованием дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений. Статистическая обработка хозяйственно-ценных параметров сортов образцов нута, сгруппированных по кластерам, позволила выявить достоверные различия. Корректность распределения сортов образцов по кластерам подтверждена результатами дисперсионного анализа (таблица 2).

Первый кластер образовали сорта образцы (к-3919 б/н (Таджикистан), к-3979 (Россия), к-3952 ID -2091 (США), к-3920 б/н (Марокко), к-3958 ID -2731 (США), к-3957 ID -2729 (США), к-3954 ID -2248 (США), к-3951 ID -2086 (США), к-3953 ID -2245 (США), к-3977 (Россия), к-3864 (Россия), к-3995 (Сирия), к-3999 (Таджикистан), к-3927 б/н (Таджикистан)) в основном с самыми низкими показателями по толщине стебля, высоте прикрепления нижнего боба, длине и ширине боба.

Во втором кластере (к-3863 (Россия), к-3876 Сокол (Россия), к-3880 местный (Узбекистан), к-3922 б/н (Шри Ланка), к-3916 Донплаза (Россия), к-3955 ID -2261 (США), к-3976 Кулундинский 5 (Россия)) сорта образцы с относительно высокими показателями по количеству ветвей 1 порядка и длине боба, а также низкими значениями остальных признаков.

Таблица 1 – Дисперсионный анализ хозяйственно – ценных признаков сортообразцов нута коллекции ВИР, сгруппированных по кластерам

Признак	Кластеры									F _{факт.}	НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Длина стебля, см	32,8a	47,3cd	42,6c	42,3bc	45,5c	45,5c	32,7a	53,0de	56,5e	9,7*	6,6
Толщина стебля, мм	2,6a	3,8cd	3,2abc	3,6bc	4,5d	3,2abc	3,0ab	9,0f	7,0e	28,1*	0,7
Число ветвей 1-го порядка, шт.	5,0abc	7,8de	5,6bc	6,7cde	4,5ab	3,1a	6,5bcde	8,0e	5,0abc	4,1*	1,9
Высота прикрепления нижнего боба, см	14,8a	21,1bcd	24,3de	17,0ab	24,2de	23,8cde	17,5ab	30,0f	27,5ef	11,9*	4,1
Длина боба, мм	20,0a	26,2cde	24,5bc	24,1bc	27,8e	24,3bc	23,2b	22,6b	27,5de	10,8*	2,5
Ширина боба, мм	8,9a	11,6bcd	12,0cd	10,7bc	12,5de	11,1bc	10,9bc	10,3b	13,5e	14,0*	1,2
Число бобов на 1 растении, шт.	18,1b	16,1ab	18,9b	59,8f	39,2de	41,0e	37,5cde	20,0b	5,5a	11,8*	10,6
Масса 1000 семян, г	130,2a	208,8b	341,3d	228,0b	465,0f	277,5bcd	319,3cd	235,2b	430,3ef	21,5*	70,2
Масса семян с 1 растения, г	2,8a	2,7a	6,6b	15,6f	14,4ef	11,6cde	12,2de	4,0ab	2,1a	20,9*	2,8
Число семян с 1 растения, шт.	20,2bc	14,6ab	19,4abc	75,4f	32,7cde	43,9e	39,0de	17,0ab	5,5a	11,2*	13,2
Урожайность, т/га	0,9a	0,8a	2,1b	4,9f	4,5ef	3,6cde	3,8de	1,3ab	0,7a	20,5*	0,9

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

В третий кластер объединены генотипы (к-3879 Волжанин 50 (Россия), к-3960 Буджак (Украина), к-3964 Иордан (Россия), к-3972 Дар Заволжья (Россия), к-3980 (Россия), к-3983 (Казахстан), к-3965 Хабиб (Россия), к-3984 (Казахстан), к-3923 б/н (Турция), к-3991 (Россия), к-3967 Номинал (Россия), к-3971 Боковский белосемянный (Россия), к-3961 Одисей (Украина), к-3962 Аватар (Россия)) в основном со средней выраженностью значений всех признаков.

С самой высокой массой семян с 1 растения и высокой урожайностью сгруппированы сортообразцы (к-3882 местный (Таджикистан), к-3883 местный (Таджикистан)) в четвертом кластере.

В пятый кластер вовлечены генотипы (к-3914 Горизонт (Россия), к-3966 Розанна (Россия)) с высокими значениями параметров боба, массы 1000 семян и урожайности, а также средней выраженностью значений остальных признаков.

Сортообразцы шестого (к-3963 Израильский (Россия), к-4005 (Молдова), к-3959 Слобожанский (Украина)) и седьмого кластеров (к-3990 (Россия), к-3997 (Марокко)) характеризуются средней выраженностью всех признаков.

Сортообразец к-3973 ВИР-68 (Россия) восьмого кластера характеризуется высокими значениями по длине и толщине стебля, ветвистости и высоте прикрепления нижнего боба.

Девятый кластер образован генотипом к-3993 (Россия) с самыми высокими показателями по длине стебля, длине и ширине бобов, высоким значением по массе 1000 семян, в том числе низкими значениями по элементам структуры урожая.

Рассчитанная корреляционная матрица (всего 55 корреляций), при критических значениях коэффициентов корреляции $r_{05} = 0,30$; $r_{01} = 0,39$ показала, что урожайность находится в корреляционной связи с длиной боба ($r = 0,32$), числом бобов на 1 растении ($r = 0,85$), массой 1000 семян ($r = 0,52$) и массой семян с 1 растения ($r = 0,99$), а также числом семян с 1 растения ($r = 0,82$).

Заключение. Таким образом, матрица данных 46 сортообразов нута из коллекции ВИР по изучаемым хозяйственно – ценным показателям позволила спроектировать дендрограмму и сгруппировать генотипы на 36 шаге итерации (евклидово расстояние 10.263) в девять кластеров. Дифференциация образцов нута по минимуму евклидовых расстояний позволяет сгруппировать их по совокупности показателей, независимо от происхождения. Следовательно, образцы, входящие в один кластер, могут рассматриваться как взаимозаменяемые при реализации селекционных программ новых сортов нута.

Работа выполнена по государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №.1025042500017-3-4.1.6

Список литературы

1. Беляева Р.В. Использование факторного анализа в селекционно-генетических исследованиях гороха / Р.В. Беляева, С.Н. Агаркова // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. №3 (27).

2. Вус, Н.А. Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer arietinum* L.) методом кластерного анализа / Н.А. Вус, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24. – № 3. – С. 244-251.

3. Дуктова Н.А. Применение многомерного анализа для оценки селекционной ценности исходного материала твердой яровой пшеницы / Н.А. Дуктова, С.И. Гриб, Е.В. Иванова, Е.Л. Андроник, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 1(55).

4. Классификатор рода *Cicer* L. (Нут) / [под ред. В.А. Корнейчук]. - Л., 1980. - 16 с.

5. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / [под ред. Н.И. Корсакова]. - Л., 1975. - 60 с.

6. Хасанова, Г.Ж. Оценка коллекционных сортообразцов нута по хозяйственно-ценным признакам с применением кластерного анализа и молекулярных маркеров / Г.Ж. Хасанова, М.М. Кузбакова, И.П. Ошергина, Е.А. Тен // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – № 4-2(115). – С. 66-77.

© Мухатова Ж. Н., Субботин А.Г., Беткалиева Ж.Н.

Научная статья

УДК 633.521

В.А. Синдюкова, К.Е. Денисов

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

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МАСЛИЧНОСТИ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Аннотация. В статье рассмотрены основные агротехнические приёмы повышения масличности семян льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) применяемые к засушливым условиям Нижнего Поволжья. На основе результатов трёхлетнего полевого опыта (2023–2025 гг.), проведённого в Саратовской области на сорте Итиль, показано, что применение баковых смесей гербицидов в сочетании с регулятором роста «Альбит» обеспечивает достоверное повышение масличности семян. Установлено, что наиболее эффективным является сочетание Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га на фоне обработки Альбитом 0,01 л/га, обеспечивающее прибавку масличности до 34,3% относительно контроля.
Ключевые слова: лён масличный, масличность семян, Нижнее Поволжье, гербициды, регуляторы роста, Альбит, Граминион, Алсион, Торнадо, сорт Итиль.

V.A. Sindyukova

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

WAYS TO INCREASE THE OIL CONTENT OF OILSEED FLAX IN THE LOWER VOLGA REGION

Abstract. The article discusses the main agrotechnical methods for increasing the oil content of oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) in the arid conditions of the Lower Volga region. Based on the results of a three-year field experiment (2023-2025) conducted in the Saratov region on the Itil variety, it was shown that the use of tank mixtures of herbicides in combination with the growth regulator "Albit" significantly increases the oil content of seeds. It has been established that the most effective combination is Tornado 1.3 l/ha + Alcion 25 g/ha + Graminion 0.6 l/ha, followed by Albite 0.01 l/ha, which increases the oil content by up to 34.3% compared to the control.

Key words: oilseed flax, seed oil content, Lower Volga region, herbicides, growth regulators, Albit, Graminion, Alcion, Tornado, Itil variety.

Лён масличный (*Linum usitatissimum* L.) — одна из важнейших масличных культур мирового земледелия, семена которой содержат до 50% жира, до 30% белка, а также незаменимые жирные кислоты, витамины и минеральные вещества. В России за последнее десятилетие посевные площади под льном масличным возросли почти в 4,5 раза — с 479 тыс. га в 2013 году до 1,733 млн га. Культура приобрела высокую экономическую привлекательность, став третьей по объёму экспорта среди отечественных масличных культур после рапса и сои.[1,2]

Нижнее Поволжье, включающее Саратовскую и Волгоградскую области, является одним из перспективных регионов для возделывания льна масличного. Вместе с тем резко континентальный климат с частыми засухами предъявляет особые требования к агротехнике, направленной на формирование высококачественного урожая. Масличность семян — ключевой показатель качества сырья, определяющий рентабельность производства и востребованность продукции на рынке. Поиск агротехнических приёмов, обеспечивающих повышение данного показателя в стрессовых условиях засушливой зоны, является актуальной научно-практической задачей.[3]

Характеристика объекта исследований

Сорт Итиль

Сорт Итиль создан специалистами ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (авторы — В.И. Жужукин, В.А. Гаврилова) и включён в Государственный реестр по Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам. Это высокопродуктивный среднеспелый сорт масличного направления с вегетационным периодом 85 дней в Нижневолжском регионе. В Саратовской области средняя урожайность семян составляет 7,4 ц/га при урожайности стандарта 6,7 ц/га. Содержание жира в семенах — 44,2–45,9%, линолевой кислоты — 62,9–64,6%. Сорт характеризуется

высокой устойчивостью к полеганию и болезням, рекомендованной нормой высева 6–7 млн всхожих семян/га.[4,5]

Схема полевого опыта

Для изучения эффективности различных гербицидов и влияния регулятора роста на уменьшение стрессовой ситуации при использовании гербицидов в посевах льна масличного был заложен полевой опыт по следующей схеме:

Фактор А - некорневая подкормка

А1. Контроль (обработка водой)

А2. Альбит 0,01 л/га

Фактор В – гербициды

В1. Контроль (без обработки гербицидом).

В2. Граминион 0,6 л/га

В3. Алсион 0,025 л/га

В4. Граминион 0,6 л/га + Алсион 25 г/га

В5. Торнадо 1,3л/га

В6. Торнадо 1,3л/га + Граминион 0,6 л/га

В7. Торнадо 1,3л/га + Алсион 25 г/га

В8. Торнадо 1,3л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га

Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рандомизированное, площадь делянки первого порядка 560 м², площадь делянки второго порядка 70 м², учетная площадь 50 м², сорт льна масличного Итиль, обработка посевов проводилась однократно в фазу «ёлочки» ранцевым опрыскивателем. Норма высева 5 млн всхожих семян на 1 га.

Масличность семян льна масличного — важнейший качественный показатель, определяющий выход масла и экономическую эффективность возделывания культуры. Данный показатель формируется под влиянием генотипа, агроклиматических условий, уровня питания и применяемых средств защиты растений [7].

Засушливые условия Нижнего Поволжья оказывают существенное влияние на жирнокислотный состав и масличность семян льна масличного. Исследованиями установлено, что высокая масличность важна не только для производства льняного масла с полиненасыщенными жирными кислотами, но и для животноводства. Льняное масло содержит до 52% α-линоленовой кислоты, что делает его незаменимым источником омега-3 для пищевой и перерабатывающей промышленности. [6]

Засорённость посевов является одним из ключевых факторов снижения масличности и урожайности льна масличного. Конкурентное угнетение культуры сорняками ведёт к перераспределению ассимилятов в пользу вегетативных органов и препятствует нормальному наполнению семян жиром. Применение гербицидов на льне масличном нормализует фитосанитарную ситуацию, снижая потери урожая и повышая качество продукции. Современный ассортимент средств защиты для льна масличного включает граминициды (Граминион на основе клетодима 150 г/л), сульфонилмочевины (Алсион на основе тифенсульфурон-метила 750 г/кг), а также общеистребительный препарат

Торнадо (глифосат) для предпосевного применения.[8,9,10,11]

Регуляторы роста растений оказывают многостороннее воздействие на метаболизм льна масличного в условиях стресса. Препарат Альбит зарегистрирован на льне масличном как регулятор роста (№ государственной регистрации 081-07-866-1). Механизм действия Альбита включает активизацию ростовых и формообразовательных процессов, повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, к поражению болезнями, снижение фитотоксического действия пестицидов — антидотный эффект. По данным научных исследований, применение Альбита повышает масличность семян льна в среднем на 0,9–2,6%.[12, 13]

Результаты исследований

В относительно благоприятном по увлажнению 2023 году на контрольном варианте без применения агроприёмов масличность семян составила 34,2%. Применение одиночных гербицидов незначительно повышало данный показатель: Граминион 0,6 л/га — 34,3% (+0,1%), Алсион 25 г/га — 34,4% (+0,2%). Наибольшая масличность в группе без регулятора роста достигнута при применении баковой смеси Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га — 35,6% (прибавка 1,4 п.п., или 4,1% от контроля).

Применение регулятора роста «Альбит» на контрольном варианте (без гербицидов) обеспечило масличность 34,5%, что на 0,3 п.п. превышало контроль без Альбита. Наиболее эффективным в 2023 году оказался вариант Альбит 0,01 л/га + Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га: масличность составила 36,2% — прибавка 1,7 п.п., или 4,9% от контроля с Альбитом.

В засушливый 2024 год на контрольном варианте без гербицидов масличность составила 0,29%. В группе без регулятора роста наибольший показатель отмечен при применении Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га — 0,38% (прибавка 0,09%, или 31,0% от контроля). На фоне Альбита контрольный вариант (без гербицидов) повысил масличность до 0,33%, а максимальный результат получен при обработке Альбит + Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га — 0,44% (прибавка 0,11%, или 33,3% от контроля с Альбитом).

В острозасушливом 2025 году без применения гербицидов масличность на контроле без Альбита составила 0,30%. Применение Граминиона 0,6 л/га повысило показатель до 0,33% (+10,0%), Алсиона 25 г/га — до 0,34% (+13,3%). Максимальная масличность в группе без регулятора роста — 0,40% — достигнута при применении тройной баковой смеси Торнадо + Алсион + Граминион (прибавка 33,3%). На фоне регулятора роста Альбит наиболее эффективным вариантом вновь оказалась полная баковая смесь с Альбитом — 0,46% (прибавка 0,12 п.п., или 35,3% от контроля с Альбитом).

Механизмы влияния гербицидов на масличность

Повышение масличности при применении гербицидов объясняется прежде всего снижением конкурентного давления сорной растительности. Уничтожение злаковых сорняков (Граминион, клетодим 150 г/л) и двудольных видов (Алсион, тифенсульфурон-метил 750 г/кг) позволяет культурным растениям формировать

более развитые листовый аппарат и корневую систему. Это обеспечивает более высокое поглощение элементов питания в критические фазы роста — цветение и налив семян, — что непосредственно сказывается на биосинтезе жиров. Применение Торнадо (глифосат) по вегетирующим сорнякам до посева либо в баковой смеси с послевсходовыми гербицидами дополнительно снижает засорённость многолетними видами, увеличивая суммарный эффект.[9,10,11]

Наибольшая эффективность баковой смеси Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га по сравнению с однокомпонентными вариантами объясняется комплексным воздействием на широкий спектр сорняков — как злаковых, так и двудольных — и более полным освобождением культурных растений от конкурентного стресса.

Регулятор роста Альбит проявил выраженный антистрессовый эффект в годы с острой засухой (2024, 2025). В засушливые годы прибавка масличности от применения Альбита была относительно выше, чем в благоприятный 2023 год. Это согласуется с литературными данными о том, что Альбит активизирует синтез защитных белков, стимулирует осмотическую регуляцию и нормализует водный режим растений. Антидотный эффект Альбита при совместном применении с гербицидами снижает фитотоксическое воздействие препаратов, обеспечивая более полное развитие растений и высокое накопление жира в семенах.[12,14]

Способность Альбита снижать стресс от применения гербицидов представляет особую практическую ценность именно в условиях засушливой зоны, где растения и без того испытывают водный стресс. Синергичное действие препарата с гербицидами зафиксировано в научных публикациях применительно к масличному льну.[13]

Сравнение трёх лет исследований демонстрирует, что относительный эффект от применения изучаемых агроприёмов (прибавка в %) нарастал в более засушливые годы: при ГТК 0,81 (2023 г.) максимальная прибавка составляла около 4,9%, при ГТК 0,46 (2024 г.) и ГТК 0,62 (2025 г.) — 33,3–35,3%. Это указывает на возрастание значимости химических средств защиты и регуляторов роста по мере увеличения жёсткости агроклиматических условий. Данная закономерность принципиально важна для Нижнего Поволжья — региона с нарастающей аридизацией климата, о чём свидетельствует ГТК по годам исследований.

Проведённые в 2023–2025 гг. исследования в условиях Саратовской области убедительно показали, что масличность семян льна масличного сорта Итиль существенно зависит от применяемых средств защиты растений и регуляторов роста. В засушливые годы (ГТК 0,46–0,62), характерные для Нижнего Поволжья, относительный эффект от агроприёмов возрастает, что свидетельствует об их особой значимости в аридных условиях региона. Максимальная масличность и наибольшие прибавки обеспечиваются при применении комплексной баковой смеси гербицидов (Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га) в сочетании с регулятором роста «Альбит» 0,01 л/га, что в среднем за три года обеспечивает прибавку масличности 34,3%

относительно контроля.

Полученные результаты подтверждают необходимость дифференцированного подхода к защите посевов льна масличного в засушливой зоне Нижнего Поволжья, предусматривающего комплексное использование гербицидов широкого спектра и антистрессовых биопрепаратов.

Список литературы

1. Данные полевого опыта 2023–2025 гг. Саратовская область, метеостанция Ртищево. (Материалы авторского исследования).
2. Лен (*Linum usitatissimum* L.) — ведущая масличная культура // АграрнаяНаука.ру. — URL: <https://agrarnayanauka.ru/otzyvchivost-lna-maslichnogo-na-razlichnyj-uroven-mineralnogo-pitaniya-v-lesostepi-zapadnoj-sibiri/>
3. Direct.Farm. Итиль — лен масличный. Характеристики. — URL: <https://direct.farm/knowledge/plant/len-maslichnyj/1467>.
4. НПК АгроЛидер. Альбит как регулятор роста растений. — URL: <https://agld.ru/component/k2/itemlist?start=190>.
5. Титова В.И., Белоусова Е.Г., Спиридонов А.В. Применение минеральных удобрений на льне масличном в условиях светло-серых лесных почв Нижегородской области // АгроЭкоИнфо. — 2018. — № 4. — (УДК 633.81:631.81).
6. Семена 58. Сорт льна масличного Итиль. — URL: <https://semena58.ru/itil.html>.
7. Применение баковых смесей гербицидов с Альбитом на льне масличном // Журнал масличных культур. — 2019. — URL: <https://journal-oil-crops.ru/wp-content/uploads/2019/12/>.
8. Лучкина Т.Н., Картамышева Е.В. Оценка пластичности льна масличного // Евразийская наука. — 2018. — URL: https://euroasia-science.ru/wp-content/uploads/2018/12/13-17_Luchkina_T_N_Kartamyisheva_E_V.pdf.
9. Своё фермерство. Технология возделывания льна масличного в условиях РФ. — URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/tehnologija-vozdelivanija-l-na-maslichnogo-v-uslovijah-rf>.
10. Хакулов А., Бекова Н., Догова А. и др. Влияние регуляторов роста на масличность льна масличного // Студент года 2021. — URL: <https://sciencen.org/assets/DOI/NIK-150-CHast-6-Hakulov-Bekova-Dogova-Dzhurtibaev-Kokov-108-113.pdf>.
11. Влияние микроэлементов на урожайность и качество семян льна масличного // Panorama Publishing. — URL: <https://panor.ru/en/articles/vliyanie-mikroelementov-na-urozhaynost-i-kachestvo-semyan-lna-maslichnogo/89003.html>.
12. РосНИИСК «Россорго». Сорт Итиль — лён масличный. — URL: <https://rossorgo.ru/shop/maslichnye/len-maslichnyj/sort-itil/>.
13. Agro.Club. Лен масличный: рейтинг популярных сортов 2024 года. — URL: <https://agro.club/tpost/9ygyxr9ja1-len-maslichnii-reiting-populyarnih-sorto>.

Н.В. Степанова, А.Г. Субботин, Ж.Н. Мухатова

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

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЧЕЧЕВИЦЫ ТАРЕЛОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе приведены результаты селекционной оценки сортов и линий чечевицы тарелочной по важнейшим агрономически значимым показателям. В процессе исследований было проанализировано 25 сортообразцов чечевицы различного происхождения. Оценка селекционного материала позволила выделить среди изучаемых образцов высокорослые формы - линия Л 99 – 67,4 см и формы с достоверно более высоким уровнем прикрепления нижнего боба - сорт Даная и Л 90. Сортообразец Л 99 продемонстрировал высокие значения по ряду таких хозяйственно значимых показателей, как высота растений, количество растений к уборке, количество бобов и семян с одного растения, масса семян с растения и биологическая урожайность. Источниками высокого содержания протеина в семенах являются сорта и линии Надежда (24,6 %), Октава (26,4 %), Рауза (24,3 %), Екатериновская (25,4 %), Л 86 (24,9 %), Л 89 (25,1 %), Л 91 (24,0 %), Л 103 (26,1 %), Л 105 (25,3 %), Л 107 (24,1 %) и Л 109 (24,7 %).

Ключевые слова: чечевица, селекция, сорт, линия, селекционная оценка.

N.V. Stepanova, A.G. Subbotin, Zh.N. Mukhatova

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

BREEDING EVALUATION OF VARIETIES AND LINES OF LENTIL IN THE LEFT BANK OF THE SARATOV REGION

Abstract. The paper presents the results of the selection evaluation of varieties and lines of lentil platelets according to the most important agronomically significant indicators. During the research, 25 lentil varieties of different origins were analyzed. The evaluation of the breeding material allowed us to identify tall forms among the studied samples, such as the L 99 line with a height of 67.4 cm, and forms with a significantly higher level of attachment of the lower bean, such as the Danaya variety and the L 90 line. The L 99 variety demonstrated high values for a number of economically significant indicators, such as plant height, number of plants ready for harvest, number of beans and seeds per plant, seed weight per plant, and biological yield. The sources of high protein content in seeds are varieties and lines Nadezhda (24.6%), Oktava (26.4%), Rauza (24.3%), Yekaterinovskaya (25.4%), L 86 (24.9%), L 89 (25.1%), L 91 (24.0%), L 103 (26.1%), L 105 (25.3%), L 107 (24.1%) and L 109 (24.7%).

Key words: lentils, breeding, variety, line, breeding evaluation

Введение. Одной из распространенных зернобобовых культур в мировом земледелии является чечевица. Зерно чечевицы содержит значительное количество легкоусвояемого протеина, фолиевой кислоты, железа и цинка в усвояемой форме [8, 10].

Из-за несовершенства большинства возделываемых сортов чечевицы у сельхозтоваропроизводителей отмечено отсутствие желания возделывать данную культуру. Одними из главных ее недостатков являются нестабильность урожайности и низкий уровень технологичности, что объясняется такими биологическими особенностями растений чечевицы, как ветвистость, тонкостебельность и, следовательно, склонность к полеганию, низкое прикрепление нижних бобов, растрескивание бобов и отсутствие устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам. Из этого следует, что важнейшим звеном различных технологий выращивания данной культуры является сорт, который должен обладать широкой адаптационной способностью к различным факторам жизни и быть отзывчивым к различным элементам агротехнологии [1, 3, 4, 5, 9].

Целью исследований являлось изучение и оценка сортов и линий чечевицы тарелочной в условиях Левобережной зоны Саратовской области и выделение генотипов с наиболее ценными признаками.

Материалы и методы. Изучение и оценка селекционного материала производилась в 2022-2024 гг. Посев сортообразцов чечевицы осуществлялся на опытном участке Вавиловского университета, расположенного в южной части Энгельсского района Саратовской области. Опытный участок представлен тёмно-каштановыми почвами с содержанием гумуса в пахотном слое 2,2 %. В 2022 году исследований ГТК составил 0,25, в 2023 – 0,87 и в 2024 году – 0,35 соответственно. Самыми засушливыми показали себя 2022 и 2024 гг.

В качестве объекта исследований служили 25 сортообразцов чечевицы тарелочной, представленных сортами различного происхождения и линиями, созданных на базе Вавиловского университета. Норма высева семян соответствовала 1,6 млн. шт./га. Размещение вариантов в опыте систематическое, повторность трёхкратная, площадь учётной деланки составляла 1 м².

Наблюдения и учёты осуществлялись с использованием общепринятых методик [6, 7]. Статистический анализ проводили по методике Доспехова с использованием программы Агрос 2,0 [2].

Результаты исследований. В результате проведенных наблюдений и учётов у изученных сортообразцов чечевицы выявлена вариация по признакам высоты прикрепления нижнего боба и высоты растений в средней степени ($V > 10$ %). Достоверное наиболее высокорослыми показали себя сортообразцы: Аида, Даная, Восточная, Дельта, Екатериновская, Л 84, Л 86, Л 89, Л 90, Л 95, Л 99, Л 103, Л 105, Л107. Наибольшее значение высоты растений среди этих образцов отмечено у линии Л 99 – 67,4 см. По высоте прикрепления нижнего боба

выделились сорт Даная и Л 90 – 16,0 и 15,8 см соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Морфометрические особенности надземной части растений чечевицы, в среднем за 2022–2024 гг.

Генотип	Параметры высоты растений, см	Параметры высоты прикрепления нижнего боба, см	Степень полегания растений, балл
Нива 95 ст.	45,5	14,9	3,0
Веховская 1	42,4	13,2	2,3
Анфия	43,9	13,3	2,4
Надежда	44,6	13,4	3,2
Аида	52,7	14,4	2,3
Октава	45,9	14,1	2,4
Даная	52,2	16,0	2,8
Восточная	52,1	11,2	2,5
Дельта	57,3	13,8	2,4
Рауза	40,1	14,6	2,2
Екатериновская	56,3	14,9	3,0
Л- 77	45,5	12,9	2,5
Л 84	55,9	15,1	3,1
Л 86	52,8	12,5	2,0
Л 89	51,2	14,2	2,8
Л 90	49,8	15,8	2,5
Л 91	33,8	15,3	2,6
Л 93	42,4	11,3	3,2
Л 95	51,4	13,1	3,0
Л 96	38,2	12,9	3,5
Л 99	67,4	11,6	2,6
Л 103	56,1	13,1	2,4
Л 105	55,3	12,6	2,8
Л 107	52,0	11,4	3,2
Л 109	47,1	12,9	3,3
НСР ₀₅	1,97	0,71	

По количеству бобов на растении все изученные сортообразцы имели достоверно более высокие значения в сравнении со стандартом, за исключением сортов Веховская 1 и Восточная с количеством бобов на растении 14,3 и 11,4 шт. соответственно (таблица 2).

Показатель количества семян с растения варьировал в пределах 16,0-49,5 шт. Все сортообразцы, за исключением Веховская 1 (16,0 шт.), имели более высокое количество семян на растении.

Образцы Восточная и Рауза по массе семян с растения были на уровне сорта Нива 95 (1,08 и 1,16 г), остальные сорта и линии имели достоверно более высокую массу семян с растения.

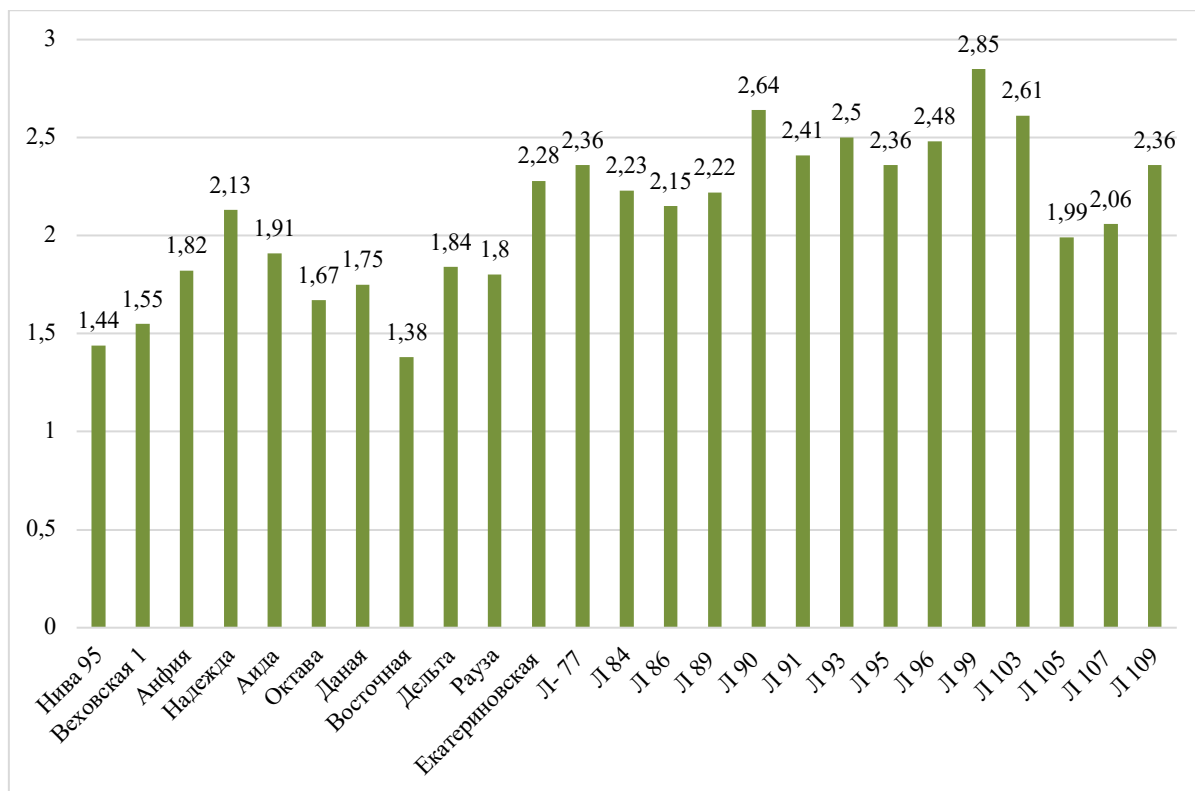
Значения признака массы 1000 семян имели диапазон варьирования 37,9-68,4 г. Сорта Веховская1 (68,4 г), Анфия (61,5 г) и Октава (61,2 г) по данному

показателю были на уровне стандарта, остальные сортообразцы отличились значительно более низкой массой 1000 семян.

Таблица 2 – Элементы структуры урожайности сортообразцов чечевицы тарелочной, в среднем за 2022–2024 гг.

№ п/п	Сортообразец	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян с 1 растения, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1	Нива 95 ст.	15,4	17,1	1,08	63,2
2	Веховская 1	14,3	16,0	1,09	68,4
3	Анфия	18,5	20,4	1,26	61,5
4	Надежда	22,8	30,6	1,71	56,0
5	Аида	23,2	24,4	1,45	59,7
6	Октава	21,1	22,3	1,36	61,2
7	Даная	19,8	23,6	1,40	59,4
8	Восточная	11,4	22,8	1,08	47,2
9	Дельта	17,2	29,4	1,40	47,6
10	Рауза	21,8	21,7	1,16	53,6
11	Екатериновская	27,6	35,3	1,71	48,4
12	Л- 77	26,3	33,0	1,51	45,6
13	Л 84	21,8	33,1	1,59	48,1
14	Л 86	18,5	36,7	1,61	43,9
15	Л 89	17,4	24,6	1,41	57,5
16	Л 90	25,6	33,2	1,87	56,3
17	Л 91	29,8	41,7	1,95	46,7
18	Л 93	29,3	39,5	1,79	45,4
19	Л 95	26,7	32,4	1,66	51,2
20	Л 96	30,1	42,7	1,91	44,7
21	Л 99	26,7	49,5	1,88	37,9
22	Л 103	25,3	30,0	1,64	54,6
23	Л 105	22,1	24,9	1,38	55,3
24	Л 107	25,9	31,7	1,39	44,0
25	Л 109	25,1	30,9	1,70	55,1
НСР ₀₅		1,04	1,43	0,07	2,55

Более высоким значениями биологической урожайности отличились сорта Надежда (2,13 т/га) и Екатериновская (2,28 т/га). Из линий, созданных в Вавиловском университете, выделились Л 77 (2,36 т/га), Л 84 (2,23 т/га), Л 86 (2,15 т/га), Л 89 (2,22 т/га), Л 90 (2,64 т/га), Л 91 (2,41 т/га), Л 93 (2,50 т/га), Л 95 (2,36 т/га), Л 96 (2,48 т/га), Л 99 (2,85 т/га), Л 103 (2,61 т/га), Л 107 (2,06 т/га) и Л 109 (2,36 т/га) (рисунок 1).



НСР₀₅ = 0,10

Рисунок 1. Биологическая урожайность сортов образцов чечевицы тарелочной, т/га

Содержание протеина в семенах изученных сортов образцов варьировало в диапазоне 17,6-26,4 % с наибольшими значениями у сортов и линий Надежда (24,6 %), Октава (26,4 %), Рауза (24,3 %), Екатериновская (25,4 %), Л 86 (24,9 %), Л 89 (25,1 %), Л 91 (24,0 %), Л 103 (26,1 %), Л 105 (25,3 %), Л 107 (24,1 %) и Л 109 (24,7 %) (таблица 3).

Наиболее высокими значениями содержания жира в семенах выделились сорта Веховская 1 (1,5 %), Анфия (1,4 %), Даная (1,5 %), Дельта (1,4 %) и линии Л 84 (1,6 %), Л 89 (1,5 %), Л 90 (1,5 %), Л 103 (1,4 %).

Сорта Восточная (7,3 %), Дельта (7,9 %), Рауза (7,4 %), Екатериновская (7,9 %) имели более высокое содержание клетчатки в семенах. Высокими значениями зольности обладали сорта образцы Веховская 1, Аида, Октава, Л 77, Л 84, Л 86, Л 89, Л 90, Л 91, Л 93, Л 96 и Л 99. Высоким содержанием БЭВ отличился сорт Анфия – 71,4 %.

Заключение. Проведенный анализ хозяйственно-ценных признаков чечевицы тарелочной позволил выявить сорта образцы с высокими их значениями. Наибольшее значение высоты растений отмечено у линии Л 99 – 67,4 см. По высоте прикрепления нижнего боба выделились сорт Даная и Л 90 – 16,0 и 15,8 см соответственно. По количеству бобов на растении все изученные сорта образцы имели достоверно более высокие значения в сравнении со стандартом. Все сорта образцы, за исключением Веховская 1 (16,0 шт.), имели более высокое количество семян на растении. Образцы Восточная и Рауза по массе семян с растения были на уровне сорта Нива 95 (1,08 и 1,16 г), остальные

сорта и линии имели достоверно более высокую массу семян с растения. Сорты Веховская1 (68,4 г), Анфия (61,5 г) и Октава (61,2 г) по массе 1000 семян были на уровне стандарта, остальные сортообразцы отличились значительно более низкой массой 1000 семян.

Таблица 3 – Параметры показателей качества семян сортообразцов чечевицы тарелочной, в среднем за 2022–2024 гг.

№	Сортообразец	Содержание протеина, %	Содержание жира, %	Содержание клетчатки, %	Содержание золы, %	Содержание БЭВ, %
1	Нива 95 ст.	21,3	1,1	6,6	3,8	67,2
2	Веховская 1	20,4	1,5	5,3	4,2	68,6
3	Анфия	17,6	1,4	6,1	3,5	71,4
4	Надежда	24,6	0,9	5,5	3,9	65,1
5	Аида	22,5	1,1	6,0	4,4	66,0
6	Октава	26,4	0,9	6,7	4,6	61,4
7	Даная	19,3	1,5	5,2	3,9	70,1
8	Восточная	22,9	1,1	7,3	3,3	65,4
9	Дельта	22,1	1,4	7,9	3,1	65,5
10	Рауза	24,3	0,9	7,4	3,7	63,7
11	Екатериновская	25,4	0,8	7,9	3,4	62,5
12	Л 77	22,3	1,2	6,4	4,2	65,9
13	Л 84	20,6	1,6	6,5	4,7	66,6
14	Л 86	24,9	0,9	5,8	4,5	63,9
15	Л 89	25,1	1,5	5,3	4,2	63,9
16	Л 90	23,6	1,5	5,9	4,6	64,4
17	Л 91	24,0	1,1	5,1	4,3	65,5
18	Л 93	22,3	0,9	4,9	4,6	67,3
19	Л 95	19,9	1,3	5,5	3,4	69,9
20	Л 96	22,6	1,0	5,9	4,1	66,4
21	Л 99	23,3	1,1	6,4	4,0	65,2
22	Л 103	26,1	1,4	5,7	3,6	63,2
23	Л 105	25,3	1,1	5,2	3,2	65,2
24	Л 107	24,1	0,9	4,6	3,8	66,6
25	Л 109	24,7	0,8	6,8	3,0	64,7
НСР ₀₅		1,12	0,05	0,33	0,17	3,21

Более высоким значениями биологической урожайности отличились сорта Надежда (2,13 т/га) и Екатериновская (2,28 т/га). Из линий, созданных в Вавиловском университете, выделились Л 77 (2,36 т/га), Л 84 (2,23 т/га), Л 86 (2,15 т/га), Л 89 (2,22 т/га), Л 90 (2,64 т/га), Л 91 (2,41 т/га), Л 93 (2,50 т/га), Л 95 (2,36 т/га), Л 96 (2,48 т/га), Л 99 (2,85 т/га), Л 103 (2,61 т/га), Л 107 (2,06 т/га) и Л 109 (2,36 т/га).

Источниками высокого содержания протеина в семенах являются сорта и линии Надежда (24,6 %), Октава (26,4 %), Рауза (24,3 %), Екатериновская (25,4

%), Л 86 (24,9 %), Л 89 (25,1 %), Л 91 (24,0 %), Л 103 (26,1 %), Л 105 (25,3 %), Л 107 (24,1 %) и Л 109 (24,7 %).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (программа «Приоритет 2030»)

Список литературы

1. Башинская О. С., Левкина А. Ю., Бабушкин Д. Д. Физиологические особенности адаптации чечевицы в лабораторных условиях для использования в селекции на повышение засухоустойчивости // *Cognitio Rerum*. 2022. № 6. С. 34-39. EDN EGCYDF.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Альянс, 2023. 349 с.

3. Комплексная оценка засухоустойчивости сортообразцов чечевицы в условиях Нижнего Поволжья / Г. А. Маслова [и др.] // *Нива Поволжья*. 2024. № 2(70). DOI 10.36461/NP.2024.70.2.012. EDN RHEFDG.

4. Магомедова Н. Ф., Мусаева З. М., Магомедова А. А. Повышение продуктивности чечевицы в условиях Приморско-Каспийской подпровинции Дагестана // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2024. № 2(22). С. 65-70. DOI 10.52671/26867591_2024_2_65. EDN OQVRXG.

5. Маслова Г. А., Гусева С. А., Бабушкин Д. Д. Выявление сортообразцов чечевицы с низкой проницаемостью клеточных мембран для селекции на повышение засухоустойчивости // *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2023. Т. 10, № 1. С. 65-70. EDN VNRXGL.

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. : Колос. 1985. вып.1. 267 с.

7. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте / НИИСХ Юго-Востока. Саратов, 1973. 223 с.

8. Сорокина И. Ю., Кумачева В. Д. Изучение коллекционных образцов чечевицы для создания новых сортов в условиях Юга России // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 1-1(115). С. 140-143. DOI 10.23670/IRJ.2022.115.1.028. – EDN BVDELV

9. Тен Е. А., Ошергина И. П. Селекция чечевицы Научно-производственного центра зернового хозяйства им. А. И. Бараева // *The Scientific Heritage*. 2024. № 134(134). С. 3-7. DOI 10.5281/zenodo.10939532. EDN PGGCHB.

10. Drought stress in *Lens culinaris*: effects, tolerance mechanism, and its smart reprogramming by using modern biotechnological approaches / S. Saini, P. Sharma, J. Sharma [et al.] // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2024; 30 (2): 227-247. DOI 10.1007/s12298-024-01417-w. – EDN FXVKOI.

© Степанова Н.В. Субботин А.Г., Мухатова Ж.Н., 2026

С.С. Тетерюк, С.А. Зайцев

ООО «Русид», РФ

АНАЛИЗ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аннотация. В статье рассматриваются результаты изучения гибридных комбинаций подсолнечника. Гибридные комбинации оценивались в схеме топкроссов по морфометрическим параметрам (высота растений, длина изгиба прикорзинной части стебля), оказывающих влияние на архитектуру, технологичность и потенциальную урожайность агроценоза.

Ключевые слова: подсолнечник, коллекция, топкросс, ОКС, фактор

S.S. Teteryuk , S.A. Zaitsev

RUSEED, RF

ANALYSIS OF THE COMBINING ABILITY OF A SUNFLOWER GENETIC COLLECTION

Abstract. This article examines the results of a study of sunflower hybrid combinations. Hybrid combinations were evaluated in a topcross scheme for morphometric parameters (stem length, head bending length) that influence the architecture, technological effectiveness, and potential yield of the agroecosystem.

Key words: sunflower, collection, topcross, open root system, factor

В технологии гетерозисной селекции важно оценивать не только сами гибриды, но и тщательно проводить отбор родительских форм, используемых в дальнейшей гибридизации, что во многом определяет эффективность рекомбинационной селекции растений [1]. Это генетически обусловленное наследуемое свойство носит название комбинационной способности и является основным признаком в селекции растений, направленной на получение гетерозисных гибридов. Экспериментально доказано, что линии с хорошей комбинационной способностью дают, как правило, более урожайные гибриды, чем линии с плохой комбинационной способностью [2].

Для получения необходимых данных о комбинационной способности селекционируемых линий пока существует один надежный путь – скрещивание с последующим испытанием гибридного потомства. При этом измерителем комбинационной способности служит показатель признака, сформированный гибридными комбинациями [3, 4].

Общую комбинационную способность можно оценить при различных системах скрещивания, из которых наиболее часто применяются свободное опыление, поликросс, топкросс [5], диаллельные скрещивания [6]. Специфическая комбинационная способность оценивается только в топкроссах и диаллельных

скрещиваниях, причем топкросс можно использовать для этих целей при условии жестких ограничений, налагаемых на тестеры: это должны быть либо инбредные линии, либо простые гибриды с точно известной генетической конституцией [7].

В исследованиях, проведенных на кукурузе, указывается на эффективность использования инбредных линий в качестве тестеров при отборе форм с высокой общей комбинационной способностью, т. е. инбредный тестер, который, согласно теоретическим предположениям, должен оценивать специфические эффекты, может обеспечить вполне достоверные оценки и аддитивных эффектов [8].



Рисунок 1 – Растения подсолнечника при выращивании в зимний период, 2025 г.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на экспериментальном участке ООО «Русид» в условиях Саратовской области. В работе использовались 72 гибридные комбинации подсолнечника F₁, созданных по схеме топкроссов. В качестве приема ускорения селекционного процесса использована и апробирована методика оценки генетической коллекции и получения гибридных семян при выращивании растений на гидропонике в осенне-зимний период 2024-2025 гг. (рисунок 1). В скрещивания были включены 24 линии из генетической коллекции ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова в качестве отцовских компонентов и три стерильные линии на основе цитоплазмы *Helianthus reticularis* L. Выступающие в качестве тестеров три ЦМС-линии подсолнечника, отличаются по сроку созревания и устойчивостью к гербицидам: Л-101 А, Л-102 А – линии устойчивые к гербицидам сульфонилмочевинной группы, Л-103 А – линия адаптированная под классическую производственную систему.

Гибриды выращивались рендомизированными блоками в 3-кратной повторности. Площадь делянки – 14 м². Учет и измерения морфологических признаков производили на 25 растениях в каждом повторении в период

физиологической спелости [9]. Изгиб прикорзиночной части стебля определяли по формуле [9]: $ИПЧ = В - Р$, где В – высота растения, см, Р – расстояние от поверхности почвы до центра лицевой части корзинки, см.

В процессе исследования применялись общепринятые методики [10]. Статистическая обработка результатов осуществлялась согласно методике Б.А. Доспехова [11]. Для расчета комбинационной способности использовали методику В. К. Савченко [12].

Таблица 1. Оценка морфометрических параметров тестовых гибридов подсолнечника, 2025 г.

Генотип (фактор В)	Высота растения, см				Изгиб прикорзиночной части, см			
	ЦМС-линия (фактор А)			Среднее	ЦМС-линия (фактор А)			Среднее
	Л-101	Л-102	Л-103		Л-101	Л-102	Л-103	
к-2289	135,1	162,4	168,2	155,2	13,2	36,1	31,4	26,9
к-2315	147,9	158,1	177,3	161,1	19,7	40,6	31,6	31,6
к-2343	161,1	179,0	178,5	172,9	33,7	44,7	45,7	41,4
к-2374	130,5	161,1	170,1	153,9	15,1	25,1	40,9	27,0
к-2709	145,1	175,4	171,8	164,1	16,1	26,5	31,0	24,5
к-2717	140,3	171,1	174,2	161,9	27,9	42,7	44,1	38,2
к-3064	135,6	161,2	152,6	149,8	17,1	33,3	33,1	27,9
к-3067	149,4	158,6	163,4	157,1	17,6	28,1	24,3	23,4
к-3421	152,8	161,9	158,5	157,7	32,7	37,9	39,9	36,8
к-3441	151,9	166,8	171,5	163,4	23,8	50,7	30,7	35,1
к-3505	152,2	167,3	163,0	160,8	30,8	38,9	42,9	37,5
к-3553	157,4	170,0	174,7	167,4	26,6	44,1	38,1	36,3
к-3554	146,3	176,9	160,5	161,2	20,9	44,5	38,4	34,6
к-3556	124,8	167,3	151,3	147,8	17,2	49,5	20,3	29,0
к-3560	143,1	153,0	149,1	148,4	21,5	34,0	21,1	25,5
к-3595	165,6	193,7	174,4	177,9	41,7	58,6	32,9	44,4
к-3660	124,8	161,5	130,6	139,0	31,3	19,5	27,9	26,2
к-3670	148,7	174,9	145,6	156,4	25,9	53,5	42,3	40,6
к-3675	135,3	160,8	135,8	144,0	17,1	37,3	20,0	24,8
к-3684	145,1	179,1	163,5	162,6	26,1	54,9	30,4	37,1
к-3692	128,7	176,3	150,2	151,7	13,1	37,1	17,3	22,5
к-3702	161,9	160,9	140,8	154,5	32,0	17,5	16,8	22,1
к-3729	151,4	187,4	174,9	171,2	21,6	50,5	35,1	35,8
Л-105	121,0	149,5	154,0	141,5	22,0	49,9	23,7	31,9
Среднее	144,0	168,1	160,6		23,5	39,8	31,7	
НСР ₀₅ (фактор А)	1,58				30,4			
НСР ₀₅ (фактор В)	4,47				28,8			
НСР ₀₅ (фактор АВ)	7,75				27,3			

Результаты исследований. Высота растений у гибридных комбинаций варьировала в пределах 121,0-193,7 см (таблица 1).

К высокорослым следует отнести генотипы с длиной стебля выше 170,0 см [13], сформировавшихся при скрещивании линий с тестерами Л-102 и Л-103. При этом, среднегрупповые показатели гибридов на основе ЦМС-линий Л-102 А и Л-

103 А по длине стебля существенно не различались. Наиболее низкорослые гибриды отмечены в комбинациях с тестером Л-101. Среднее значение в данной группе составило 144,0 см. Среднегрупповые показатели длины стебля в зависимости от отцовской формы у гибридов варьировали в пределах 139,0-177,9 см. Выявлены линии из коллекции ВИР, которые в скрещиваниях со всеми ЦМС-линиями формируют наиболее высокорослые гибриды: к-2343, к-2374 СМ 90, к-2717 ТА-3692, к-3595 ВИР 130, к-3729 ВИР 848 и сорта Мастер (к-3553).

Различия между гибридами по рассматриваемому признаку подтверждаются результатами дисперсионного анализа. Установлено, что на формирование высоты растения материнская и отцовская форма оказывали практически равнозначное влияние: вклад факторов «А» и «В» в общую изменчивость признака составил 38,6% и 34,6% соответственно, тогда как их взаимодействие «АВ» – 20,9%.

Изгиб прикорзинной части стебля в 2025 г. составил 13,1-58,6 см (табл. 1). Результаты дисперсионного анализа показали, что на формирование этого признака наибольшее влияние оказывали факторы А и В (30,4-28,8%) по отношению к фактору АВ (27,3%).

Среднегрупповые значения по ЦМС-линиям признака значительно различались: у гибридов на основе Л-101 А – 23,6 см; Л-103 А – 32,2 см; Л-102 А – 40,8 см. Значительный изгиб выявлен в комбинациях, у которых в качестве материнской формы использовали Л-102 А, а отцовской – к-3441 ВИР 636, к-3556 ВИР 769, к-3595 ВИР 130, к-3660 ВИР 633, к-3670 ВИР 117, к-3684 DM2, к-3729 ВИР 848 (49,5-58,6 см). Наилучшими показателями признака характеризовались комбинации на основе Л-101 А и к-2289 СМ13, к-2374 СМ 90, к-2709 ТА-4181-8, к-3064 РНА 296, к-3067 РНА 299, к-3556 ВИР 769, к-3692 ВИР 755 (13,1-17,6 см), а также Л-103 А с к-3692 ВИР 755, к-3702 ВИР 789 (16,8-17,3 см).

Установленные существенные различия между гибридами позволили оценить комбинационную способность компонентов скрещиваний по морфометрическим признакам подсолнечника. Достоверность различий по эффектам общей и специфической комбинационной способности отражена в таблице 2. Отношение среднеквадратических отклонений общей и специфической комбинационной способности указывает на преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными ($ms_{OKC}/ms_{СКC}>1$) в генетическом контроле всех изученных признаков.

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности компонентов скрещиваний, 2025 г.

Показатель	df	Высота растения, см			Изгиб стебля, см		
		SS	ms	F _{факт.}	SS	ms	F _{факт.}
ОКС линий	23	6538,8	284,3	37,0*	3014,1	131,0	13,6*
ОКС тестеров	2	7297,5	3648,7	474,5*	3181,8	1590,9	165,3*
СКС	46	3949,9	85,9	11,2*	2865,1	62,3	6,5*
Случайное	142	1092,0	7,7		1366,9	9,6	

Результаты испытания гибридных комбинаций позволили оценить и ранжировать исходный материал генетической коллекции по степени проявления комбинационной способности (табл. 3). Для этого они были условно разбиты на ранги, характеризующие степень проявления эффекта ОКС: I ранг – высокая, II – средняя, III – низкая.

В условиях 2025 г. по длине стебля высокими эффектами ОКС характеризуются 11 образцов (к-2315 ВИР АМ, к-2343, к-2709 ТА-4181-8, к-2717 ТА-3692, к-3441 ВИР 636, к-3505 ВИР 681, к-3553 Мастер, к-3595 ВИР 130, к-3684 DM2, к-3729 ВИР 848, к-3554 ВИР 358), средними – 5 линий (к-2289, к-3067, к-3421, к-3670, к-3702). низкими – 8 линий (к-2374, к-3064, к-3556, к-3560, к-3660, к-3675, к-3692, Л-105). По специфической комбинационной способности по длине стебля следует выделить линии с наибольшими дисперсиями СКС – к-2315, к-2374, к-3660, к-3670, к-3692, к-3702 (137,3-368,4).

Таблица 3. – Эффекты ОКС и дисперсия СКС линий подсолнечника, 2025 г.

Генотип	Длина стебля			Изгиб стебля		
	g_i	ранг	σ^2	g_i	ранг	σ^2
к-2289	-2,3	II	76,5	-5,3	III	3,1
к-2315	3,5	I	178,2	-1,9	II	23,6
к-2343	15,3	I	14,6	9,2	I	156,7
к-2374	-3,7	III	140,5	-5,2	III	51,6
к-2709	6,5	I	25,9	-7,2	III	27,1
к-2717	4,3	I	76,0	6,0	I	20,6
к-3064	-7,8	III	0,6	-4,3	III	7,8
к-3067	-0,4	II	63,3	-8,5	III	50,3
к-3421	0,2	II	60,1	5,9	I	37,4
к-3441	5,8	I	40,3	2,9	II	38,6
к-3505	3,3	I	20,8	5,5	I	2,5
к-3553	9,8	I	46,8	4,3	I	20,9
к-3554	3,7	I	21,3	2,4	II	90,2
к-3556	-9,8	III	84,9	-2,2	II	20,5
к-3560	-9,2	III	54,5	-6,4	III	99,6
к-3595	20,3	I	36,1	12,2	I	111,4
к-3660	-18,6	III	137,3	6,7	I	26,3
к-3670	-1,2	II	144,7	8,5	I	19,5
к-3675	-13,6	III	94,7	-7,5	III	34,5
к-3684	5,0	I	27,9	7,3	I	32,0
к-3692	-5,8	III	153,8	-9,7	III	272,5
к-3702	-3,0	II	368,4	-10,1	III	33,4
к-3729	13,7	I	35,7	3,6	I	16,7
Л-105	-16,1	III	72,0	-6,3	III	3,1
НСР ₀₅	3,13			3,43		

По изгибу стебля высокие эффекты ОКС отмечены у 10 генотипов (к-2343, к-2717, к-3421, к-3505, к-3553, к-3595, к-3560, к-3760, к-3684, к-3729), у 4 выявлена средняя степень эффекта ОКС (к-2315, к-3441, к-3554, к-3556) и 10 линий характеризуются низким эффектом ОКС (к-2289, Л-105, к-2374, к-2709, к-

3064, к-3067, к-3560, к-3675, к-3692, к-3702)

Заключение. Установлено, что на изменчивость признаков «высота растения» и «длина изгиба прикорзиночной части стебля» в большей степени оказывал влияние фактор А (стерильная линия-тестер). Оценка комбинационной способности позволила выявить формы с оптимальными эффектами ОКС (высокие и средние по длине стебля и низкие по изгибу стебля): к-2709 ТА-4181-8, к-2289 СМ13, к-3067 РНА 299, к-3702 ВИР 789. Данные формы целесообразно использовать в селекционных целях.

Список литературы

1. Турбин Н.В. Генетика гетерозиса и методы селекции растений на комбинационную способность / Н.В. Турбин // Генетические основы селекции растений. – М.: Наука, 1971. – С. 112-155.

2. Хотылева Л.В. Генетические основы гетерозиса / Л. В. Хотылева [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 226 с.

3. Хотылева Л.В. Методы селекции и оценки самоопыленных линий на комбинационную способность / Л.В. Хотылева // Основы селекции и семеноводства гибридной кукурузы. – М., 1968. – С. 124-152.

4. Гудорова О.В. Комбинационная способность новых дигаплодных линий кукурузы в условиях правобережья Саратовской области / О.В. Гудорова, С.А. Зайцев, Э.С. Шахгелдян // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2024. – Т. 24. № 2. – С. 177-183.

5. Гудова Л.А. Изучение морфологических признаков гибридов подсолнечника F1 в системе тестерных скрещиваний и оценка комбинационной способности родительских компонентов / Л.А. Гудова, А.В. Лекарев, А.П. Ермакова, О.А. Полевая, Т.С. Киселева // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 11. – С. 5-15.

6. Зайцев С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 16-19.

7. Хотылева, Л.В. Сравнительная оценка различных методов определения комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы / Л.В. Хотылева, Л.А. Тарутина, Л.И. Куделко // Проблемы экспериментальной генетики. – Минск: Наука и техника, 1972. – С. 23-29.

8. Russell, W. A. Genetic improvement of maize yields / W. A. Russell // Adv. Agron. – 1991. – Vol. 46. – P. 245-298.

9. Лукомец В.М. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, С.А. Семеренко. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.

10. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. подсолнечник (*Helianthus annuus* L.). Госсорткомиссия, 2009. – 16 с.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985.

– 352 с.

12. Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В.К. Савченко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 223 с.

13. Гаврилова В.А. Подсолнечник / В.А. Гаврилова, В.Т. Рожкова, А.Л. Есаев // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 873-881.

© Тетерюк С.С., Зайцев С.А., 2026

Научная статья

УДК 631.527:631.234+57.085.23/633.111+633.854.78

О.В. Ткаченко, А.А. Беляева, Е.Е. Костина, К.Ю. Каргаполова, Н.В. Степанова

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

УСКОРЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОЗИМЫХ ЗЛАКОВ И ПОДСОЛНЕЧНИКА В ФИТОТРОННО-ТЕПЛИЧНОМ КОМПЛЕКСЕ ВАВИЛОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Аннотация. В Вавиловском университете на базе лаборатории генетики и биотехнологии растений, а также фитотронно-тепличного комплекса разработана комбинированная технология спидбридинга и метода эмбриокультуры для ускорения селекционного процесса озимых зерновых и подсолнечника. Она основана на использовании методов культуры клеток и тканей *in vitro*, а также гидропонного выращивания растений в условиях искусственного климата. Предлагаемый метод позволяет получать 2,5 поколения озимых злаков и 4 поколения подсолнечника в год.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, тритикале озимая, тритикале-двуручка, подсолнечник, спидбридинг, эмбриокультура, *in vitro*, *ex vitro*, фитотронно-тепличный комплекс, ускорение селекционного процесса

О.В. Tkachenko, А.А. Belyaeva, Е.Е. Kostina, К.Ю. Kargapolova, N.V. Stepanova
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

ACCELERATION OF THE BREEDING PROCESS OF WINTER CEREALS AND SUNFLOWER IN THE PHYTOTRON-GREENHOUSE COMPLEX OF VAVILOV UNIVERSITY

Abstract. A combined speedbreeding and embryoculture technology has been developed at Vavilov University's Plant Genetics and Biotechnology Laboratory and phytotron-greenhouse complex to accelerate the breeding process of winter grains and sunflowers. It is based on the use of *in vitro* cell and tissue culture methods, as well as hydroponic plant cultivation in artificial climate conditions. The proposed method

allows for the production of 2.5 generations of winter grains and 4 generations of sunflowers per year.

Key words: soft winter wheat, winter triticale, facultative triticale, sunflower, speedbreeding, embryoculture, *in vitro*, *ex vitro*, phytotron-greenhouse complex, accelerating the breeding process

Для ускорения селекционного процесса применяются различные технические решения и биотехнологические методы. Существенного сокращения селекции добиваются при использовании фитотронно-тепличных комплексов (ФТК) [1].

Особую актуальность метод сокращения периода вегетации (Спидбридинг) имеет в селекции озимых культур, отличающихся длительным периодом выращивания, составляющим до 320-350 дней [2], и требующих яровизации при пониженных положительных температурах в сочетании с коротким днем. Для сокращения продолжительности яровизации может использоваться проращивание незрелых зародышей на питательной среде в культуре *in vitro* с последующим выдерживанием проростков при пониженной температуре [3]. Последующее выращивание растений в контролируемых условиях ФТК может существенно сократить вегетацию.

В селекции перекрестноопыляющихся культур, в том числе подсолнечника, фитотронно-тепличный способ круглогодичного выращивания подсолнечника позволяет существенно сократить срок создания самоопыленных линий для гибридной селекции.

В Вавиловском университете на базе лаборатории генетики и биотехнологии растений, а также фитотронно-тепличного комплекса разработана комбинированная технология спидбридинга и метода эмбриокультуры для ускорения селекционного процесса озимых зерновых и подсолнечника. Она основана на использовании методов культуры клеток и тканей *in vitro*, а также гидропонного выращивания растений в условиях искусственного климата.

Объектами исследований служили сорта, линии и гибриды пшеницы мягкой озимой и тритикале озимой, а также сорта и гибриды подсолнечника. Используются методы культуры клеток и тканей *in vitro*, а также гидропонного выращивания растений в условиях искусственного климата в фитотронно-тепличном комплексе.

Проведенные исследования показали, что метод яровизации *in vitro* растений, полученных из зародышей, может успешно применяться для сокращения продолжительности генерации озимой тритикале, пшеницы, а также подсолнечника. Для озимых злаков метод позволяет проводить эффективную яровизацию растений в условиях *in vitro*, но продолжительность периода яровизации в изученных условиях составляет для истинных озимых форм не менее 50 суток. Для сортов тритикале-двуручек может быть достаточно 20 суток. В условиях ФТК при выращивании растений в малообъемной капельной гидропонной установке формируются полноценные растения пшеницы и

тритикале с продуктивностью более 30 зерен с колоса, что достаточно для получения необходимого количества семян в ранних звеньях селекционного процесса. Общая продолжительность генерации составила от 118 до 152 суток у изученных сортов и линий озимой пшеницы и тритикале-двуручек, и от 150 до 170 суток у озимой тритикале, что не позволяет получать более 2 поколений за год. Дальнейшая работа по сокращению продолжительности генерации может вестись по двум направлениям: подбор условий для сокращения времени яровизации и уменьшение межфазного периода «кущение-колошение» [4].

Метод эмбриокультуры незрелых зиготических зародышей *in vitro* может успешно использоваться для круглогодичного выращивания подсолнечника в условиях фитотрона. Оптимальными эксплантами для получения растений являются незрелые 15-суточные зародыши, выращенные на питательной среде Мурасиге-Скуга без гормонов или с их низким содержанием. При этом генотип донорных растений может оказывать существенное влияние на формирование проростков из незрелых зародышей *in vitro*.

Проведенные исследования показали, что растения подсолнечника могут успешно выращиваться в фитотронно-тепличном комплексе в малообъемной гидропонной установке с капельным способом подачи раствора. Досветка растений в осенний период светодиодными лампами достаточна для нормального развития растений и формирования семян. Такой подход может применяться для получения 4 поколений и ускорения селекционного процесса или проведения испытаний по интересующим признакам, например, на устойчивость к абиотическим или биотическим стрессам. Разработанный метод позволит существенно сократить селекционный процесс и повысить его эффективность [5].

Данный метод позволит увеличить количество поколений, получаемых за год, что существенно снизит время создания самоопыленных гомозиготных линий и повысит темпы селекции. Полученные результаты в дальнейшем будут использованы при планировании селекционного процесса у озимых злаковых культур с использованием ФТК.

Таким образом, с целью ускорения селекционного процесса озимых злаков и подсолнечника рекомендуется использовать метод эмбриокультуры незрелых зародышей *in vitro* в комбинации с последующим выращиванием растений в гидропонной установке в условиях ФТК для получения 2,5 поколений озимых злаков и 4 поколений подсолнечника в год. Для культивирования незрелых автономных зародышей пшеницы и тритикале использовать питательную среду Мурасиге-Скуга без добавления гормонов. Для гарантированной яровизации озимых срок холодной обработки составляет не менее 50 суток, для двуручек – 40 суток. Для эмбриокультуры подсолнечника использовать зародыши из семян на 15 сутки после опыления с культивированием на питательной среде Мурасиге-Скуга без гормонов.

Результаты работы рекомендуется использовать при планировании селекционного процесса озимых злаков и подсолнечника.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (программа «Приоритет 2030»)

Список литературы

1. Беспалова, Л.А. Фотопериодическая чувствительность и молекулярное маркирование генов *Ppd* и *Vrn* в связи с селекцией сортов пшеницы альтернативного образа жизни / Л.А. Беспалова, В.А. Кошкин, Е.К. Потокина и др. // Доклады РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 3-6.
2. Демурин Я.Н. Гидропонная система выращивания растений подсолнечника для селекционных целей / Я.Н. Демурин, Т.М. Перетягина, Ю.В. Чебанова [и др.] // Масличные культуры. – 2024. – № 4 (200). – С. 3-12.
3. Драгавцев, В.А. О пропастях между генетикой и селекцией растений и путях их преодоления / В.А. Драгавцев // Идентифицированный генофонд растений и селекция. Санкт-Петербург: ВИР, 2005. – С. 13–20.
4. Ткаченко О.В., Рязанцев Н.В., Беляева А.А., Костина Е.Е. Влияние яровизации *in vitro* на рост и продуктивность озимых злаков в условиях фитотронно-тепличного комплекса // «Аграрная наука Евро-Северо-Востока». – 2026. – № 2.
5. Костина Е. Е., Ткаченко О. В. Оптимизация метода эмбриокультуры *in vitro* для использования в селекции подсолнечника // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 9. – С. 32-36.

© Ткаченко О.В., Беляева А.А., Костина Е.Е., Каргаполова К.Ю., Степанова Н.В., 2026

Научная статья

УДК 635.21:631.532:579.64:577.181

Филиппова М.В.¹, Бурьгин Г.Л.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия

МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ В АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЭНДОФИТОВ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования, посвященного использованию эндофитных бактерий в технологии клонального микроразмножения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта 'Невский'. Целью исследования была оценка влияния бактериальных инокулянтов на развитие микрорастений *in vitro* при культивировании в среде с субтоксичной концентрацией антибиотика. Микрочеренки культивировали на среде Мурасиге-Скуга с гентамицином в концентрациях 25 и 2,5 мкг/мл; на селективном фоне 2,5

мкг/мл растения инокулировали штаммами *Enterobacter ludwigii* K7-GFP, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2-GFP и *Azospirillum baldaniorum* Sp245-RFP. Установлено, что высокая концентрация гентамицина существенно угнетает рост и развитие микрорастений, тогда как концентрация 2,5 мкг/мл может использоваться как рабочий селективный фон. Показано, что штамм K7-GFP а фоне антибиотика стимулировал развитие побега и образование узлов, IPA7.2-GFP способствовал накоплению биомассы и активации антиоксидантных реакций в тканях растений, тогда как Sp245-RFP в условиях данной модели чаще проявлял ингибирующий эффект. Полученные результаты подтверждают перспективность применения эндофитов растительного происхождения в агробiotехнологии микроразмножения картофеля на основе растительно-микробных ассоциаций.

Ключевые слова: картофель, клональное микроразмножение, бактериальные эндофиты, растительно-микробные ассоциации, антибиотики.

Filippova M.V.¹, Burygin G.L.^{1,2}

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

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, FSC Saratov Science Centre Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

POTATO MICROPROPAGATION IN AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY USING BACTERIAL ENDOPHYTES

Abstract. This work presents the results of a study on the use of endophytic bacteria in the technology of clonal micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar 'Nevsky'. The aim of the study was to evaluate the effect of bacterial inoculants on the development of microplants in vitro when cultivated in a medium with a subtoxic concentration of antibiotic. Microcuttings were cultivated on Murashige-Skoog medium with gentamicin at concentrations of 25 and 2.5 µg/ml; against a selective background of 2.5 µg/ml, plants were inoculated with the strains *Enterobacter ludwigii* K7-GFP, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2-GFP and *Azospirillum baldaniorum* Sp245-RFP. It was found that a high concentration of gentamicin significantly inhibits the growth and development of microplants, while a concentration of 2.5 µg/ml can be used as a working selective background. It was shown that the K7-GFP strain promoted shoot development and node formation when treated with an antibiotic. IPA7.2-GFP promoted biomass accumulation and activation of antioxidant responses in plant tissues, while Sp245-RFP more often exhibited an inhibitory effect under this model. These results confirm the potential of using plant-derived endophytes in potato micropropagation agrobiotechnology based on plant-microbe associations.

Key words: potato, clonal micropropagation, bacterial endophytes, plant-microbe associations, antibiotics.

Введение

Клональное микроразмножение картофеля является одним из наиболее востребованных методов современной агробiotехнологии, позволяющим

получать генетически однородный и оздоровленный посадочный материал в контролируемых условиях *in vitro*. Для сорта 'Невский' эта технология имеет особое значение, поскольку обеспечивает ускоренное размножение и сохранение хозяйственно ценных признаков.

Вместе с тем даже в условиях стерильного культивирования остаются актуальными вопросы повышения жизнеспособности микроклонов, их адаптационного потенциала и устойчивости к биотическим стрессам. Одним из перспективных путей решения данной задачи является формирование растительно-микробных ассоциаций с участием эндофитных и ассоциативных бактерий.

Эндофиты способны синтезировать фитогормоны, стимулировать корнеобразование, регулировать антиоксидантный статус растений и активировать защитные реакции [1]. Особый интерес представляет применение бактерий различного происхождения, в том числе выделенных из растений и ассоциированных с насекомыми [2]. Такой подход позволяет расширить возможности биологизации агротехнологий и подобрать штаммы с различным спектром ростостимулирующей и адаптогенной активности.

Целью работы была оценка влияния бактериальных эндофитов на морфометрические показатели микрорастений картофеля сорта 'Невский' в условиях присутствия в среде антибиотиков.

Материалы и методы

В исследованиях использовали микрорастения картофеля сорта 'Невский', полученные методом клонального микроразмножения из *in vitro*-коллекции меристематических культур картофеля кафедры «Растениеводство, селекция и генетика» Вавиловского университета (Саратов, Россия). Микрочеренки с одним листом и почкой культивировали на жидкой питательной среде Мурасиге-Скуга [3] в течение 30 суток при температуре 24 °С, влажности воздуха 60 %, освещенности 60 мкМ/(м²·с) и фотопериоде 16 ч.

На первом этапе изучали влияние гентамицина в концентрациях 25 и 2,5 мкг/мл; контрольный вариант выращивали без антибиотика. На втором этапе на фоне 2,5 мкг/мл гентамицина проводили инокуляцию микрочеренков бактериальными штаммами *Enterobacter ludwigii* K7-GFP, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2-GFP и *Azospirillum baldaniorum* Sp245-RFP в концентрации 10⁶ кл/мл [4].

Оценивали длину побега, количество узлов, число корней, суммарную длину корней, сырую и сухую массу побегов и корней. Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и критерия Тьюки при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

На первом этапе была выявлена выраженная дозозависимая реакция микрорастений картофеля на гентамицин. В контрольном варианте средняя длина побега составляла 8,0 см, количество узлов - 6,1, количество корней - 9,2, суммарная длина корней - 35,3 см. При концентрации 25 мкг/мл соответствующие показатели снижались до 5,8 см, 4,4, 4,8 и 14,7 см. Это

свидетельствует о выраженном фитотоксическом действии высокой дозы антибиотика.

На фоне 2,5 мкг/мл гентамицина угнетение было значительно слабее: длина побега составляла 7,3 см, число узлов - 4,8, количество корней - 9,4, суммарная длина корней - 40,5 см. При этом параметры корневой системы сохранялись на уровне контроля или превышали его, что позволяет рассматривать данную концентрацию как приемлемый селективный фон для экспериментов с рекомбинантными бактериальными штаммами.

Таблица 1 - Влияние гентамицина на морфометрические показатели микрорастений картофеля сорта 'Невский'

Вариант	Длина побега, см	Количество узлов, шт.	Количество корней, шт.	Суммарная длина корней, см
Контроль	8,0 b	6,1 a	9,2 b	35,3 b
Гентамицин 25 мкг/мл	5,8 a	4,4 a	4,8 a	14,7 a
Гентамицин 2,5 мкг/мл	7,3 b	4,8 a	9,4 b	40,5 b

На втором этапе установлено, что исследованные штаммы различались по характеру действия. В варианте без бактерий на фоне 2,5 мкг/мл гентамицина средняя длина побега составляла 9,1 см, количество узлов - 6,3, количество корней - 13,1, суммарная длина корней - 65,1 см.

Инокуляция штаммом K7-GFP сопровождалась увеличением длины побега до 9,5 см и числа узлов до 7,3. Это указывает на преимущественную стимуляцию развития надземной части микрорастения. Штамм IPA7.2-GFP проявил иной тип действия: длина побега была несколько ниже, однако возрастали сырая и сухая масса побегов и корней, что свидетельствует о стимулировании накопления биомассы и улучшении функционального состояния тканей.

Наименее благоприятные результаты были получены при использовании Sp245-RFP. В этом варианте уменьшались число корней и суммарная длина корневой системы, а также снижались показатели сырой и сухой массы. Для данной модели *in vitro* это позволяет рассматривать штамм как менее эффективный по сравнению с K7-GFP и IPA7.2-GFP.

Таблица 2 - Показатели роста микрорастений картофеля на фоне 2,5 мкг/мл гентамицина в зависимости от бактериального штамма

Вариант	Длина побега, см	Количество узлов, шт.	Количество корней, шт.	Суммарная длина корней, см
Без бактерий	9,1 b	6,3 a	13,1 c	65,1 b
K7-GFP	9,5 b	7,3 b	12,2 c	60,7 b
IPA7.2-GFP	8,1 a	7,1 b	10,3 b	57,3 b
Sp245-RFP	8,9 b	6,0 a	8,5 a	41,4 a

Заключение

Полученные результаты подтверждают перспективность применения эндофитов различного происхождения в технологии микроразмножения картофеля как элемента агробιοтехнологий на основе растительно-микробных ассоциаций. Для культуры *in vitro* картофеля сорта 'Невский' принципиально важным является подбор селективного фона: концентрация гентамицина 25 мкг/мл резко угнетает развитие микроклонов, тогда как 2,5 мкг/мл позволяет поддерживать жизнеспособность культуры и использовать рекомбинантные бактериальные штаммы.

Среди исследованных инокулянтов наиболее выраженный ростостимулирующий эффект по развитию побегов и числу узлов проявил штамм K7-GFP. Штамм IPA7.2-GFP оказался наиболее перспективным с точки зрения накопления биомассы и активации антиоксидантных реакций растений. Штамм Sp245-RFP в условиях данной модели чаще проявлял ингибирующее действие, что указывает на необходимость дополнительной проверки его эффективности в других системах культивирования.

В целом использование эндофитов растительного происхождения открывает возможности для совершенствования биотехнологии производства качественного посадочного материала картофеля и дальнейшей разработки экологически ориентированных технологий его выращивания.

Список литературы

1. Arkhipova, T.N., Evseeva, N.V., Tkachenko, O.V., Burygin, G.L., Vysotskaya, L.B., Akhtyamova, Z.A., Kudoyarova, G.R. Rhizobacteria inoculation effects on phytohormone status of potato microclones cultivated *in vitro* under osmotic stress. *Biomolecules*. 2020;10(9):1231. DOI: 10.3390/biom10091231.
2. Polenogova O.V., Noskov Y.A., Yaroslavtseva O.N., Kryukova N.A., Alikina T., Klementeva T.N., Andrejeva J., Khodyrev V.P., Kabilov M.R., Kryukov V.Y., Glupov V.V. (2021). Influence of *Bacillus thuringiensis* and avermectins on gut physiology and microbiota in Colorado potato beetle: Impact of enterobacteria on susceptibility to insecticides. *PLoS ONE* 16(3): e0248704.
3. Murashige, T., Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962;15(3):473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
4. Бурьгин Г.Л., Каргаполова К.Ю., Евсева Н.В., Ткаченко О.В. Особенности инокуляции растений ризосферными бактериями как фактор повышения эффективности микроклонального размножения картофеля // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2018. Т. 14, №2. С. 12-16.

© Филиппова М.В., Бурьгин Г.Л., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Лобачев Ю.В. К 90-летию Нины Семеновны Орловой.....	3
Шьюрова Н.А. Профессия, ставшая судьбой (о профессоре Ларисе Павловне Шевцовой).....	6
Аленькина С.А., Купряшина М.А. Анализ биотехнологического потенциала метаболитов <i>Azospirillum</i> для повышения адаптационного потенциала пшеницы.....	10
Беляева А.А., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л. Влияние ризобактерий на формирование биомассы и урожайности озимой пшеницы на темно-каштановой почве Саратовского Левобережья.....	14
Бобров В.А., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л. Анализ <i>in silico</i> variability генов симбиотической активности сои.....	18
Борисов И.В., Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Фитилева З.Е., Костина Е.Е. Применение метода маркер-ассоциированной селекции для получения перспективных комбинаций генов устойчивости к возбудителю листовой и стеблевой ржавчины у мягкой пшеницы.....	22
Генералова О.А., Акинина В. Н., Дьячук Т.И., Куликова В.П., Хомякова О.В., Жилин С.В., Калашникова Э.В. Ассоциация аллелей гена <i>Vp-1B</i> с устойчивостью к предуборочному прорастанию зерна у селекционных линий озимого тритикале.....	27
Гиляжева Д.Н., Кондрашова А.В., Логачева Е.А. Потери валового сбора зерна в следствии погодных условий в Саратовской области.....	31
Гудова Л.А., Поминов А.В. Оценка засухоустойчивости сортов и гибридов подсолнечника по набуханию семян в условиях осмотического стресса.....	36
Гусева С.А., Носко О.С., Бычкова В.В., Светлов В.В. Изучение основных биохимических компонентов зерна кукурузы.....	42
Ермакова А.П., Кудряшов С.П., Ткаченко О.В. Оценка линий подсолнечника по размеру и массе семян.....	48
Ерменов К.К., Лекарев А.В., Ткаченко О.В., Кудряшов С.П., Ермакова А.П., Поминов А.В. Сравнительная оценка продуктивности гибридов подсолнечника.....	52
Жилин С.В., Дьячук Т.И., Хомякова О.В., Акинина В.Н., Калашникова Э.В., Генералова О.А., Куликова В.П. Определение уровня ploidy растений-регенерантов в культуре пыльников тритикале (<i>×triticosecale wittmack</i>).....	58
Куколева С.С., Ефремова И.Г., Семин Д.С., Киреева О.В., Колганов Н.А. Оценка образцов суданской травы питомника предварительного сортоизучения.....	67
Кушпетюк Д.Я., Макеева Н.А., Бычкова А.А., Деснева К.Д., Балабанова Ю.А., Зайцева Ю.В., Бурыгин Г.Л. Влияние различных таксономических групп бактерий на развитие микрорастений картофеля в условиях <i>in vitro</i>	71

Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В. Селекция растений на кафедре биотехнологии, селекции и генетики Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова.....	77
Лобачев Ю.В., Ткаченко О.В. Исследования в области генетики устойчивости растений к паразитам на кафедре биотехнологии, селекции и генетики Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова.....	82
Макеева Н.А., Бурьгин Г.Л. Влияние липополисахаридов различных таксономических групп бактерий на морфометрические показатели микрорастений картофеля <i>in vitro</i>	86
Мещеряков М.П. Применение влагоудерживающего мелиоранта при возделывании овощных культур в условиях недостаточного увлажнения.....	90
Милюткин В.А., Буксман В.Э. Конструктивно-технологические преимущественные особенности инновационной сеялки DISCARA АО «АМ-ТЕХНИКА» (г. Самара) для АПК России.....	94
Милюткин В.А., Буксман В.Э. Актуальность классической обработки почвы-вспашки отвальной, гладкой-оборотным плугом AMAZONE TYROK 7+1 АО «АМ-ТЕХНИКА» (г. Самара) для АПК России.....	99
Милюткин В.А. Совершенствование технологии возделывания яровой твердой пшеницы при применении жидких удобрений кас с повышением урожайности и качества зерна.....	105
Милюткин В.А., Кнурова Г.В., Милюткин В.А. Штанговые опрыскиватели «ТУМАН» ООО «ПЕГАС-АГРО» для агропредприятий любого уровня при интенсивных технологиях производства сельхозпродукции АПК.....	112
Мухатова Ж.Н., Субботин А.Г., Беткалиева Ж.Н. Изучение сортообразцов нута коллекции ВИР как исходного материала для селекции в Нижнем Поволжье с применением кластерного анализа.....	121
Синдюкова В.А. Пути повышения масличности семян льна масличного в условиях Нижнего Поволжья.....	126
Степанова Н.В., Субботин А.Г., Мухатова Ж.Н. Селекционная оценка сортов и линий чечевицы тарелочной в условиях Левобережья Саратовской области.....	132
Тетерюк С.С., Зайцев С.А. АНАЛИЗ Комбинационной способности генетической коллекции подсолнечника.....	139
Ткаченко О.В., Беляева А.А., Костина Е.Е., Каргаполова К.Ю., Степанова Н.В. Ускорение селекционного процесса озимых злаков и подсолнечника в фитотронно-тепличном комплексе Вавиловского университета.....	145
Филиппова М.В., Бурьгин Г.Л. Микроразмножение картофеля в агробиотехнологии с применением бактериальных эндофитов.....	148

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Сборник статей VII Национальной научно-практической
конференции, посвященной 90-летию со дня рождения
профессоров Н.С. Орловой и Л.П. Шевцовой
9 апреля 2026 г.**

Электронное издание

Адрес размещения:

<https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2026-g>

ISBN 978-5-7011-0908-5



Размещено 21.05.2026 г.

Объем данных: 8,3 Мбайт. Аналог 9,68 печ. л.

Формат 60x84 1/16. Заказ №908

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

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.