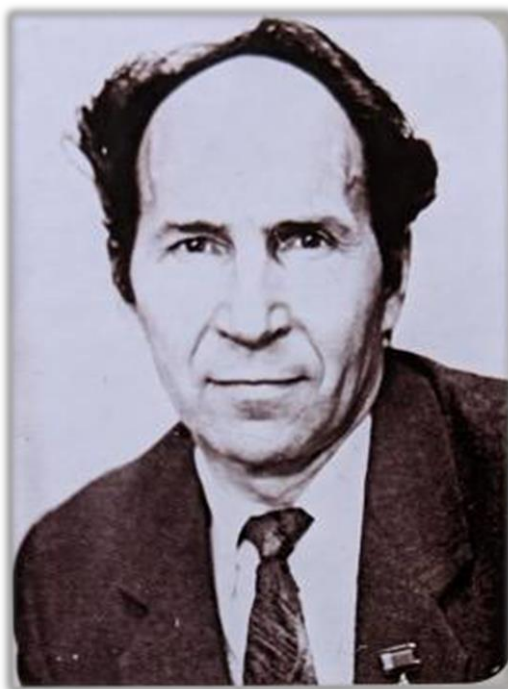


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ, БИОТЕХНОЛОГИИ
И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»**

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ



**Сборник статей V национальной научно-практической конференции,
посвященная 85-летию А.И. Заварзина**

20 апреля 2024 г.

г. Саратов

УДК 631.4
ББК 41/42
И 66

И 66 «Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений»: Сборник статей V Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию А.И. Заварзина – 20 апреля 2024 г. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет – 225 с.

В сборнике представлены материалы V Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию А.И. Заварзина. 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 978-5-7011-0854-5

Редакционная коллегия:

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

УДК 631.4
ББК 41/42

ISBN 978-5-7011-0854-5

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Научная статья

УДК 633

Н.А. Шьюрова

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

АНАТОЛИЙ ИОСИФОВИЧ ЗАВАРЗИН ЖИЗНЬ – СЛУЖЕНИЕ НАУКЕ

Аннотация: в статье представлена краткая биографическая справка профессора А.И. Заварзина

Ключевые слова: профессор, годы жизни, научные исследования

N.A. Shyurova

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

ANATOLY IOSIFOVICH ZAVARZIN - LIFE IS THE MINISTRY OF SCIENCE

Annotation. The article presents a brief biographical information of Professor A.I. Zavarzin

Keywords: professor, years of life, scientific research

Анатолий Иосифович родился 1 мая 1939 г. в с. Козловка Лопатинского района Пензенской области.

В 1956 г. поступил на агрономический факультет Саратовского сельскохозяйственного института в 1961 г. с отличием его закончил, получив специальность агронома. Свою трудовую карьеру начал с должности агронома, а затем председателя колхоза им. Луначарского Лопатинского района Пензенской обла-

сти. В 1964 г. поступил в аспирантуру Саратовского сельскохозяйственного института. В 1967 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию. В разные годы работал: ассистентом, доцентом, заведующим кафедрой растениеводства и деканом агрономического факультета.

Свои научные исследования Анатолий Иосифович посвятил кормовым засухоустойчивым культурам, заложил основы научной школы по оценке продуктивности различных злаковых культур к абиотическим факторам, разрабатывал структуру посевов и предложил различные технологии их возделывания в Саратовской области.

В 1984 г. был назначен директором Поволжского филиала Всероссийского института селекции и семеноводства сорго, а в 1986 становится заместителем директора по науке научно-производственного объединения «Саратовсорго».

В 1991 г. избран заведующим кафедрой биотехнологии, селекции и генетики саратовского сельскохозяйственного института. Им, и его ученикам были разработаны сортовые технологии возделывания зернофуражных культур, выведены ценные сорта зернового сорго: Пищевое 35, Пищевое 614, Старт, а также согро-суданковых гибридов и тритикале.

Анатолий Иосифович внес большой вклад в разработку технологий возделывания районированных сортов сорговых культур для засушливого Поволжья. На основе многолетних испытаний, по сравнительной оценке продуктивности в различных почвенно-климатических условиях, производству были предложены ресурсосберегающие технологии выращивания зернофуражных культур в различных микрорайонах Саратовской области.

В 1995 г. Анатолий Иосифович защитил докторскую диссертацию «Агроэкологические основы культуры зернового сорго в засушливом Поволжье».

А.И. Заварзин вел активную общественную и научно-педагогическую деятельность, являлся членом-корреспондентом экологической академии, академиком международной академии аграрного образования, членом ученого совета университета и сельскохозяйственного института, членом двух специализиро-

ванных советов по защите диссертаций, членом совета УМО департамента кадровой политики и образования МСХ РФ, председателем профкома СХИ, председателем ГАК в Пензенской сельскохозяйственной академии. Был награжден медалью за трудовую доблесть в честь 100-летнего юбилея В.И. Ленина, знаком «Ударник пятилетки», имел почетное звание заслуженный работник сельского хозяйства РФ.

Под его руководством защищены 7 кандидатских и 7 докторских диссертаций. Им опубликованы 164 научные работы и рекомендации сельскохозяйственному производству, среди них 5 монографий.

Список литературы

Н.И. Кузнецов Их жизнь – служение науки//Библиографический справочник. 2013. С.87-89.

© Шьюрова Н.А., 2024

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

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНДОГЕННОГО БАЛАНСА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕКТИНОВ АЗОСПИРИЛЛ ПРИ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССАХ

Аннотация. Изучали влияние лектинов эпифитного (*Azospirillum brasilense* Sp7) и эндофитного (*Azospirillum baldaniorum* Sp245) штаммов азоспирилл на содер-

жание пролина, аскорбата и глутатиона в корнях проростков пшеницы при воздействии тяжелых металлов - меди, кобальта, цинка и свинца. Результаты проведенных исследований показали, что лектины проявили способность изменять содержание низкомолекулярных антиоксидантов в первые два часа воздействия стрессов на корни растения. Лектины проявили различную функциональную активность, что вероятно, связано с различной углеводсвязывающей способностью, различиями в структуре белков. Результаты настоящей работы свидетельствуют об участии лектинов азоспирилл в адаптационных реакциях в корнях проростков пшеницы.

Ключевые слова: ризосфера, азоспириллы, лектины, корни проростков пшеницы, антиоксиданты, абиотические стрессы

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

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

CHANGES IN THE ENDOGENOUS BALANCE OF LOW MOLECULAR ANTIOXIDANTS IN WHEAT SEEDLINGS UNDER THE INFLUENCE OF *AZOSPIRILLUM* LECTINS UNDER ABIOTIC STRESS

Annotation. We studied the effect of lectins of epiphytic (*Azospirillum brasilense* Sp7) and endophytic (*Azospirillum baldaniorum* Sp245) strains of azospirillum on the content of proline, ascorbate and glutathione in the roots of wheat seedlings when exposed under the influence of heavy metal cuprum, cobalt, zinc and plumbum. It was shown that lectins showed the ability to change the content of low molecular weight antioxidants in the first two hours of exposure to stress on plants. Lectins showed different functional activity, which is probably associated with different carbohydrate specificity, structural differences in proteins. The results of this work indicate the participation of azospirillum lectins in adaptation reactions in the roots of wheat seedlings.

Keywords: rhizosphere, *Azospirillum*, lectins, wheat seedling roots, antioxidants, abiotic stresses

Абиотические стрессы, в том числе загрязнение тяжелыми металлами являются одними из важнейших факторов внешней среды, воздействующих на растения, поэтому изучение механизмов толерантности и адаптации высших растений имеет большое научное и практическое значение. Для решения связанных с этим задач перспективным является использование микробиологических подходов, основанных на использовании потенциала участников растительно-микробных систем.

Поскольку у растений отсутствуют поведенческие механизмы защиты от действия неблагоприятных факторов, основные адаптивные изменения происходят в первую очередь на биохимическом уровне. Известен целый ряд специфических механизмов, индуцируемых растением при действии тяжелых металлов, одним из которых является усиление генерации активных форм кислорода. Обезвреживание активных форм кислорода в стрессовых условиях происходит за счет сложной системы защиты, одним из компонентов которой являются антиоксидантные ферменты [Chakraborty et al., 2015]. Однако ферменты могут быть инактивированы самими активными формами кислорода и самими тяжелыми металлами. В этом случае основную и более эффективную роль антиоксидантов выполняют низкомолекулярные метаболиты. Стресс-индуцируемый синтез низкомолекулярных антиоксидантов, таких, как аскорбиновая кислота, глутатион, пролин и другие, описан в целом ряде работ [Bartoli et al., 2006].

Продемонстрирована способность PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) бактерий изменять содержание этих стресс-маркеров в растительной клетке [Arzanesh et al., 2009]. Ассоциативные бактерии рода *Azospirillum*, обладающие потенциалом стимулировать рост и развитие растений, способны продуцировать биологически активные вещества, которые влияют на развитие растений-хозяев. К таким веществам относятся лектины – (глико)протеины, свя-

зываются строго определенные углеводные группы на поверхности клетки-мишени. С поверхности двух штаммов азоспирилл - *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 были выделены лектины с различными молекулярными массами и углеводной специфичностью [Nikitina et al., 2005]. Накопившийся обширный массив экспериментальных данных по лектинам азоспирилл позволяет говорить о полифункциональности лектинов [Alen'kina et al., 2014; 2018]. Эндوفитный штамм Sp245 был найден в ксилеме корня, в то же время эпифитный штамм Sp7 был обнаружен на поверхности корня [Schloter et al., 1997]. Эндوفитные бактерии представляют особый интерес ввиду способности существовать внутри растительных тканей, что позволяет им в меньшей степени зависеть от внешних факторов среды, но в то же время эндوفиты могут способствовать формированию более длительной защиты макроорганизма от стрессовых факторов окружающей среды.

Цель работы заключалась в изучении способности лектинов *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 изменять содержание пролина, аскорбата, глутатиона в корнях проростков пшеницы при воздействии абиотического стресса в виде солей тяжелых металлов – CuSO_4 , CoSO_4 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Для исследования были взяты два штамма азотфиксирующих ассоциативных бактерий рода *Azospirillum* – *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 из коллекции микроорганизмов (<http://collection.ibppm.ru>). Выделение лектинов с поверхности бактериальных клеток и очистку белков проводили ранее описанным способом [Alen'kina et al., 2014].

Для получения корней четырехдневных проростков семена пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта «Саратовская 29» были поверхностно стерилизованы в 70% этаноле 1 мин, отмыты стерильной водой и выращены в асептических условиях в чашках Петри на дистиллированной воде в темноте при 25°C.

Для экспериментов были взяты лектины в концентрациях от 5 до 40 мкг/мл. Корни в течение двух часов подвергали совместному воздействию лектинов и тяжелых металлов в виде солей - CuSO_4 , CoSO_4 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ в

концентрации 10^{-3} ММ. Контрольным вариантом были корни проростков, выращенные при 25°C . Корни гомогенизировали в 0,15 М фосфатном буфере (рН 7,8). Гомогенат центрифугировали при 7000g 10 мин, надосадочную жидкость использовали для определения антиоксидантов.

Содержание свободного пролина определяли с помощью нингидринового реактива по методу, описанному Bates [1973].

Определение аскорбата проводили согласно Nakano с соавт. [1981]. Измерение оптической плотности проб проводили при длине волны 524 нм.

Измерение количества глутатиона проводили с помощью реактива Элмана. Спектрофотометрическое измерение проводили при длине волны 412 нм. Содержание восстановленного глутатиона выражали в ммоль/г сырого вещества [Anderson, 1985].

Все измерения выполняли в трех биологических и трех аналитических повторностях. Анализ проводился с использованием пакета программ AGROS (версия 2.09; Отдел статистического анализа Российской академии сельскохозяйственных наук). Значимость отличий между средними значениями определяли, используя *t*-критерий Стьюдента при уровне $p < 0.05$.

Значительный интерес представляют исследования процессов, сопровождающих изменение устойчивости в начальный период влияния на растения неблагоприятных факторов. Допускают, что именно в этот период адаптации к неблагоприятным факторам происходят события, во многом определяющие весь последующий ход формирования устойчивости.

Проведенные исследования показали, что совместное воздействие лектинов изучаемых штаммов с солями тяжелых металлов приводило к повышению содержания пролина в корнях проростков пшеницы. Количество пролина в случае с лектином *A. brasilense* Sp7 максимально возрастало после 60-минутной экспозиции с корнями в присутствии CoSO_4 , ZnSO_4 и 30-минутной экспозиции в присутствии CuSO_4 и $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Эффективная концентрация лектина для варианта с солью цинка – 20 мкг/мл, с солями кобальта, меди и свинца – 10 мкг/мл. В контрольном варианте уровень пролина составлял 2 ммоль/г сырой массы. Для

лектина *A. baldaniorum* Sp245 в случае $ZnSO_4$ также, как и в предыдущем случае, максимальный эффект был отмечен после часа инкубации с корнями и концентрации лектина 20 мкг/мл. Для вариантов с $CoSO_4$, $CuSO_4$ и $Pb(CH_3COO)_2$ максимальное значение достигалось после 30-минутного воздействия лектина. Эффективная концентрация лектина для варианта с $CoSO_4$ – 10 мкг/мл, с $CuSO_4$ и $Pb(CH_3COO)_2$ – 5 мкг/мл.

Выдерживание корней в растворах лектинов с $CoSO_4$, $ZnSO_4$, $Pb(CH_3COO)_2$, $CuSO_4$ приводило к повышению содержания двух других антиоксидантов - аскорбата и глутатиона. Для лектина *A. brasilense* Sp7 при воздействии $CoSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$ наибольшее повышение было отмечено после часа инкубации с корнями и концентрации лектина 20 мкг/мл для $CoSO_4$ и $ZnSO_4$, 10 мкг/мл – для $CuSO_4$. Но самые максимальные значения в отношении данных антиоксидантов были отмечены в варианте с $Pb(CH_3COO)_2$ при концентрации – 10 мкг/мл после 30-минутной инкубации. Количество аскорбиновой кислоты возрастало на 150%, глутатиона – на 200%.

В случае с лектином *A. baldaniorum* Sp245 также в вариантах с $CoSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$ наибольшее повышение было отмечено после часа инкубации с корнями и концентрации лектина 20 мкг/мл для $CoSO_4$ и $ZnSO_4$, 10 мкг/мл – для $CuSO_4$. Также самый максимальный эффект в отношении данных антиоксидантов был отмечен в варианте с $Pb(CH_3COO)_2$ при концентрации 5 мкг/мл после 30-минутной инкубации. Количество аскорбата возрастало на 210%, глутатиона – на 250%.

Лектины *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 оказывали существенное влияние на содержание изучаемых антиоксидантов в начальный период влияния на растения изучаемых неблагоприятных факторов. Во всех вариантах опыта лектины проявляли различную степень активности, что связано с различной углеводной специфичностью и структурными различиями данных белков, и как следствие, различным взаимодействием с поверхностью растительной клетки. Результаты настоящей работы свидетельствуют об участии лектинов азоспирилл

в адаптационных реакциях в корнях проростков пшеницы, что обеспечивает нормальный ход метаболических процессов и регуляцию взаимодействия растений с азоспириллами при абиотических воздействиях. Важным является то, что лектины способны проявлять ростстимулирующий и защитный эффекты в низких концентрациях, то есть в экологически безопасных дозах.

Список литературы

1. 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.

2. Alen'kina S.A., Bogatyrev V.A., Matora L.Yu., Sokolova M.K., Chernysheva M.P., Trutneva K.A., Nikitina V.E. (2014) Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial–plant root interactions. *Plant Soil* 381:337–349.

3. Alen'kina S.A., Romanov N., Nikitina V.E. (2018) Regulation by *Azospirillum* lectins of the activity of antioxidant enzymes in wheat seedling roots under short-term stresses. *Brazilian Journal of Botany* 41:579–587.

4. Anderson M.E. (1985) Determination of Glutathione and Glutathione Disulfide in Biological Samples. *Methods Enzymol.* 113:548–555.

5. Arzanesh M.H., Alikhani H.A., Khavazi K., Rahimian H.A., Miransari M. (2009) In vitro growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings, inoculated with *Azospirillum* sp., under drought stress. *Int. J. Bot.* 5:244–249.

6. Bartoli C.G., Yu J. Gómez F., Fernández L., McIntosh L., Foyer C.H. (2006) Inter-relationships between light and respiration in the control of ascorbic acid synthesis and accumulation in *Arabidopsis thaliana* leaves. *J. Exp. Bot.* 57:1621–1163.

7. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39:205–207.

8. Chakraborty K., Joseph D., Praveen N.K. (2015) Antioxidant activities and phenolic contents of three red seaweeds (Division: Rhodophyta) harvested from the Gulf of Mannar of Peninsular India. *J. Food Sci. Technol.* 52:1924–1935.

9. Nakano Y., Asada K. (1981) Hydrogen Peroxide Is Scavenged by Ascorbate-Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 22:867–880.

10. Schloter M., Wiehe W., Assmus B., Steindl H., Becke H., Hoftich G., Hartmann A. (1997) Root colonization of different plants by plant-growth-promoting *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* R39 studied with monospecific polyclonal antisera. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 038–2046.

© Аленькина С.А., Купряшина М.А., 2024

Научная статья

УДК 581.142:633.15

Н.В. Анаасова, Ф.А. Яковлев, О.И. Юдакова

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия, Саратов

ЭФФЕКТ ХРАНЕНИЯ СЕМЯН КУКУРУЗЫ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ

Аннотация В статье рассматривается эффект хранения семян линий кукурузы с разным типом эндосперма (полукремнистым, восковидным, сахарным) в течение одного года при температуре -20°C и -70°C . Установлено отсутствие негативного влияния низких температур на лабораторную всхожесть семян и стимулирующее действие температуры -20°C на энергию прорастания семян.

Ключевые слова: криохранение семян, энергия прорастания семян, лабораторная всхожесть, кукуруза, *Zea mays*.

N.V. Aranasova, F.A. Yakovlev, O.I. Yudakova

Saratov State University, Russian, Saratov

EFFECT OF STORING CORN SEEDS AT THE LOW TEMPERATURE CONDITIONS

Annotation. The article examines the effect of storing seeds of corn lines with different types of endosperm (semi-siliceous, waxy, sugar) for one year at temperatures of -20°C and -70°C . The absence of a negative effect of low temperatures on laboratory germination of seeds and the presence of a stimulating effect of temperature -20°C on the energy of seed germination has been established.

Keywords: cryopreservation of seeds, seed germination energy, laboratory germination, corn, *Zea mays*.

В настоящее время для сохранения коллекций генетических ресурсов растений широко используют хранение семян в жидком азоте при сверхнизких температурах ($-183-196^{\circ}\text{C}$) (Сафина, 2008; Arguedas et al., 2018; Павлов и др., 2023). Криоконсервация семян снижает расходы на регулярный пересев коллекционного материала и уменьшает вероятность механического и биологического засорения образцов. Однако для ее реализации требуется дорогостоящее оборудование. Более доступным способом могло бы стать хранение семян в бытовых морозильных камерах или лабораторных криокамерах с температурой до -70°C при условии, что медленное замораживание посевного материала не окажет отрицательного действия на его жизнеспособность. Целью данной работы стало изучение эффекта хранения семян кукурузы при низкотемпературном режиме (-20 и -70°C).

Материалом исследования послужили семена линий кукурузы, отличающихся по структуре эндосперма: 1) с полукремнистым эндоспермом и желтой окраской зерновки; 2) с полукремнистым эндоспермом и пурпурной окраской зерновки; 3) с сахарным эндоспермом (su/su); 4) с восковидным эндоспермом (wx/wx). Початки урожая 2022 г. высушивали при комнатной температуре в течение 3-х месяцев. В каждом варианте отбирали по 100 зерновок и закладывали их на хранение при разном температурном режиме: 1) $+23\pm 1^{\circ}\text{C}$ (контроль); 2) –

20°C в бытовой морозильной камере; 3) –70°C в криокамере «Sanyo».

Через один год хранения семена проращивали в лабораторных условиях в эмалированных медицинских кюветах на влажной фильтровальной бумаге при температуре $+23\pm 1^\circ\text{C}$. На 4-ые сутки проращивания в соответствии с разработанным для этой культуры стандартом определяли энергию прорастания семян, на 8-ые и 14-ые сутки – лабораторную всхожесть семян. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы «АГРОС».

Проведенное исследование показало, что энергия прорастания семян зависит как от условий их хранения, так и генотипа линии (табл. 1). В контроле более высокой энергией прорастания характеризовались линии с восковидным и сахарным эндоспермом. Хранение семян при температуре -20°C у всех исследованных линий повышало энергию их прорастания, тогда как снижение температуры хранения до -70°C либо не изменяла данный показатель по сравнению с контролем (линии с восковидным (*wx/wx*) и полукремнистым эндоспермом с желтой окраской зерновки), либо снижало его (линии с сахарным (*su/su*) и полукремнистым эндоспермом с пурпурной окраской зерновки) (табл. 1).

Таблица 1.

Энергия прорастания семян кукурузы

Линия кукурузы (фактор В)	Количество проросших семян после хранения при разном температурном режиме (фактор А), %			
	+23°C контроль	-20°C	-70°C	Среднее значение по фактору В
С полукремнистым эндоспермом и желтой окраской зерновки	38,00bc	81,33ghi	42,00c	53,78a
С полукремнистым эндоспермом и пурпурной окраской зерновки	48,00c	75,33fgh	25,67a	49,67a
С восковидным эндоспермом (<i>wx/wx</i>)	69,67efg	92,00i	66,33def	76,00c
С сахарным эндоспермом (<i>su/su</i>)	87,00hi	90,67i	19,67a	65,78b
Средняя по фактору А	60,67b	84,83c	38,42a	
Значение критерия Фишера (F) по фактору А F=147,498; по фактору В F=29,288; по факторам АВ F=18,915				

Примечание: Варианты, сопровождаемые разными буквами отличаются достоверно друг от друга по результатам двухфакторного анализа при $p \leq 0,05$.

Всхожесть семян на восьмые и четырнадцатые сутки проращивания, также как и энергия прорастания, продемонстрировала зависимость от генотипа линии (табл. 2, 3). Однако, здесь наблюдалась обратная закономерность: более высокую лабораторную всхожесть семян показали линии с полукремнистым эндоспермом, которые характеризовались наиболее низкой энергией семян (табл. 2). Отрицательные температуры хранения, как -20°C , так и -70°C , положительно влияли на всхожесть семян. У всех линий на 8-ые сутки проращивания зарегистрировано статистически достоверное увеличение количества проросших семян по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 2.

Всхожесть семян кукурузы на 8 сутки проращивания после хранения при разном температурном режиме

Линия	Количество проросших семян после хранения при разном температурном режиме (фактор А), %			
	23°C, контроль	-20°C	-70°C	Среднее значение по фактору В
С полукремнистым эндоспермом и желтой окраской зерновки	91,67e	97,00hi	97,67i	95,44d
С полукремнистым эндоспермом и пурпурной окраской зерновки	90,33de	95,67gh	97,00hi	94,33c
С восковидным эндоспермом (wx/wx)	72,67a	93,67f	98,67i	88,33b
С сахарным эндоспермом (su/su)	76,67b	86,00c	86,00c	82,89a
Среднее значение по фактору А	82,83a	93,08b	94,83c	
Значения критерия Фишера по фактору А $F=478,858$, по фактору В $F=289,210$, по факторам АВ $F=70,792$				

Примечание: Варианты, сопровождаемые разными буквами отличаются достоверно друг от друга по результатам двухфакторного анализа при $p \leq 0,05$.

На 14 сутки у всех исследованных линий во всех вариантах опыта всхожесть семян достигала своего максимума. У линий с полукремнистым эндоспермом количество проросших семян после их хранения при низких температурах не отличалось от контроля, а у линий с восковидным (*wx/wx*) и с сахарным эндоспермом (*su/su*) даже превышало контрольные значения (табл. 3).

Таблица 3.

Всхожесть семян кукурузы на 14 сутки проращивания после хранения при разном температурном режиме

Линия	Количество проросших семян после хранения при разном температурном режиме (фактор А), %			
	на 14 сутки проращивания			
	23°C, контроль	-20°C	-70°C	Среднее значение по фактору В
С полукремнистым эндоспермом и желтой окраской зерновки	96,67d	99,00e	98,00de	97,67bc
С полукремнистым эндоспермом и пурпурной окраской зерновки	98,33e	98,00de	98,00de	98,11c
С восковидным эндоспермом (<i>wx/wx</i>)	79,67a	98,67e	98,67e	92,33a
С сахарным эндоспермом (<i>su/su</i>)	83,00b	94,00c	97,70de	91,56a
Среднее значение по фактору А	89,42a	97,33b	98,00b	
Значения критерия Фишера по фактору А $F=424,858$, по фактору В $F=166,495$, по факторам АВ $F=137,334$.				

Примечание: данные обозначенные разными буквами достоверно отличаются при $p \leq 0,05$.

Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать, что

хранение семян кукурузы в течение одного года при температуре -20°C оказывает стимулирующее действие на скорость их прорастания, о чем свидетельствует повышение значений энергии прорастания по сравнению с контролем. Тогда как, температура -70°C в зависимости от генотипа линии либо не изменяет скорость прорастания семян, либо замедляет этот процесс. Вместе с тем, на всхожесть семян апробированные низкотемпературные условия хранения (-20 и -70°C) оказывают положительный эффект, статистически достоверно увеличивая количество проросших семян. Установленные закономерности делают перспективным проведение исследований в данном направлении для выявления максимально возможных сроков хранения семян при указанных температурах.

Список литературы

1. Сафина Г.Ф. Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых и ягодных растений // Информационный вестник ВОГиС. – 2008. – Т.126 № 4. – С.541-547.
2. Павлов А.В., Пороховинова Е.А., Брач Н.Б., Павлов А.В., Вержук В.Г. Влияние криоконсервации в жидком азоте на жизнеспособность семян льна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. –2023. –Т. 184, №1. –С. 9-20. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-9-20.
3. Arguedas M., Villalobos A., Gómez D., Hernández L., Zevallos B.E., Cejas I., Yabor L., Martínez-Montero M.E., Lorenzo J.C. Field Performance of Cryopreserved Seed-derived Maize Plants // Cryo Letters. – 2018. – V. 39, № 6. P. 366-370.

© Апанасова Н.В., Яковлев Ф.А, Юдакова О.И., 2024

Научная статья

УДК 632.51

Д.Д. Бабушкин^{1,2}, О.С. Башинская¹, С.А. Зайцев¹

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

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

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕЧЕВИЦЫ

Аннотация: В исследовании нами была определена урожайность питомника чечевицы при гербицидной обработке с применением методов статистической обработки данных для определения доли влияния факторов на проявление признака.

Ключевые слова: чечевица, урожайность, препарат, сортообразец.

D.D. Babushkin^{1,2}, O.S. Bashinskaya¹, S.A. Zaytsev¹

¹FGBNU Russian Scientific Research and Design-Technological Institute of sorghum and Corn "Rossorgo", Saratov.

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

THE EFFECT OF HERBICIDES ON LENTIL YIELDS

Annotation. In the study, we determined the yield of a lentil nursery during herbicidal treatment using statistical data processing methods to determine the proportion of influence of factors on the manifestation of a trait.

Keywords: lentils, yield, preparation, variety

Риск поражения сельскохозяйственных культур увеличивается при использовании больших количеств ядохимикатов или при совпадении сроков обработки с прохождением растением критической стадии развития. Характер повреждения зависит от типа гербицида. Это может быть хлороз, опадание или пожелтение листьев, увядание [3]. Чечевица не исключение, так как отсутствует надежная гербицидная защита. Обработка гербицидами влияет на показатели

урожайности чечевицы.

Обработку посевов гербицидами проводили в фазу полных всходов культуры, использовали минимально рекомендованную норму расхода препаратов для бобовых, с расходом рабочей жидкости 200 л/га [4].

Показатели урожайности чечевицы были разными в зависимости как от обработок, так и от самих гибридов. Самая высокая урожайность в 1 варианте опыта была отмечена у образца «Изюминка» – (2,081 т/га), когда в контроле урожайность составила 2,747 т/га, у образца «Красноградская 250» – (1,926 т/га), в контроле 2,356 т/га. Ниже урожайность отмечалась у образцов «Мечта» и «Рубиновая», что составило 1,545 т/га и 1,497 т/га, когда в контроле урожайность отмечалась 1,939 т/га и 1,641 т/га соответственно. Образец с самым маленьким значением урожайности в данном опыте – «Веховская 1», что составило 0,515 т/га, в контрольном варианте 1,060 т/га.

Во 2 варианте опыта с показателями урожайности были выделены в основном те же образцы: «Изюминка» – (2,149 т/га), когда в контроле 2,747 т/га, «Красноградская 250» – (1,918 т/га) по отношению к отношению в 2,356 т/га. Немного ниже урожайность отмечалась у образцов «Лб» и «Мечта», что составило 1,813 т/га и 1,671 т/га, когда в контроле урожайность отмечалась 1,004 т/га и 1,939 т/га соответственно. Образец с самым маленьким значением урожайности в данном опыте – «Л 3030», что составило 0,469 т/га, в контрольном варианте 1,028 т/га, также стоит отметить, что показатель урожайности данного образца в данном исследовании отмечался как самое низкое (таблица 1).

При анализе источников варьирования у сортообразцов чечевицы удалось установить, в двухфакторном опыте, что доля влияния генотипа (фактор А) составляет 61,3 %. А влияние фактора В (обработки гербицидами) составляет 22,0 %. Эффективность взаимодействия факторов АВ составляет 14,2 %.

В заключении можно выделить, что все образцы чечевицы подверглись гербицидному стрессу, что повлияло на показатели урожайности, которая у всех образцов отмечалась в контроле больше чем в опытном варианте. Самые высо-

кие показатели урожайности как в контроле так и в опыте отмечены у сортообразца «Изюминка». Так же с высоким показателем урожайности по отношению к контролю в опыте были отмечены образцы «Рубиновая»; «Мечта»; «Красноградская 250».

Таблица 1 – Урожайность сортообразцов чечевицы под гербицидными обработками

№	Название образца (Фактор А)	Урожайность, т/га			Масса 1000 семян, г		
		Вариант опыта (Фактор Б)			Вариант опыта		
		Контроль	Лемур, КЭ	Легион, КЭ	Контроль	Лемур, КЭ	Легион, КЭ
1	Даная	2,176	0,841	1,368	68,0	63,3	65,8
2	Дельта	2,182	1,123	1,508	76,3	74,8	66,3
3	Рубиновая	1,641	1,497	1,478	30,5	30,2	32,5
4	Л 3030	1,028	0,728	0,469	58,8	59,8	56,5
5	Л 1175	1,764	0,838	1,060	55,0	64,3	59,0
6	Изюминка	2,747	2,081	2,149	28,2	28,8	25,5
7	Л 3061	1,230	0,521	1,197	60,0	52,5	60,0
8	Октава	2,146	0,795	1,238	77,0	78,0	71,8
9	Мечта	1,939	1,545	1,671	87,5	77,5	78,5
10	<u>Красноградская 250</u>	2,356	1,926	1,918	45,3	49,3	45,8
11	Л 6	1,004	0,656	1,813	84,8	73,0	76,5
12	Веховская 1	1,060	0,515	0,734	76,3	70,5	77,8
13	Отбор 3061	1,225	0,555	0,976	65,9	65,8	64,0
F _{факт(А)}		168,555*			–		
НСР _{0,05(А)}		0,105			–		
F _{факт(В)}		362,842*			–		
НСР _{0,05(В)}		0,050			–		
F _{факт(АВ)}		19,498*			–		
НСР _{0,05(АВ)}		0,181			–		

Список литературы

1. Маракаева Т.В., Горбачева Т.В., Фалалеева Е. В. Эффективность защиты посевов чечевицы от сорных растений в условиях южной лесостепи Омской области // Нива Поволжья, 2022 – №1. – С. 1006.
2. Некемьо Х. П. Влияние гербицидов на урожайность и качество семян чечевицы / Х.П. Некемьо // Зерновое хоз-во. – 2001. – № 1 (4). – С. 36–38.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. 2011. – 351 с.

4. Коноплёв Ю.И. Влияние биологических и агротехнических факторов на формирование продукционного процесса и повышение урожайности семян новых сортов чечевицы// Автореферат. канд. дисс. - ОрёлГАУ, – 2004. – 21 с.

© Бабушкин Д.Д., Башинская О.С., Зайцев С.А., 2024

Научная статья

УДК 631.8:633.11(571.13)

Н.Ф. Балабанова, Н.А. Воронкова, В.А. Волкова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА И УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается влияние минеральных удобрений и росторегуляторов на содержание хлорофилла в листьях яровой мягкой пшеницы при ее выращивании в условиях южной лесостепной зоны Омского Прииртышья. Было установлено, что внесение минеральных удобрений увеличило содержание хлорофиллов ($a+b$) в фазу выхода в трубку на 114% и в фазу колошения на 14%. Некорневая подкормка Янтарной кислотой и Биостимом Зерновым в сочетании с внесением минеральных удобрений дополнительно активировали работу фотосинтетического аппарата яровой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: хлорофилл, фотосинтез, минеральные удобрения, стимуляторы роста, некорневая подкормка, урожайность, яровая пшеница.

N.F. Balabanova, N.A. Voronkova, V.A. Volkova

Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

THE CHLOROPHYLL CONTENT IN THE LEAVES OF SPRING SOFT WHEAT, DEPENDING ON THE USE OF GROWTH STIMULANTS AND FERTILIZERS

Annotation. The article examines the effect of mineral fertilizers and growth regulators on the chlorophyll content in the leaves of spring soft wheat when it is grown in the conditions of the southern forest-steppe zone of the Omsk Irtysh region. It was found that the application of mineral fertilizers increased the content of chlorophylls (a+b) in the tube exit phase by 114% and in the earing phase by 14%. Foliar fertilization with Succinic acid and Biostim Grain in combination with the introduction of mineral fertilizers additionally activated the work of the photosynthetic apparatus of spring soft wheat.

Keywords: chlorophyll, photosynthesis, mineral fertilizers, growth stimulants, foliar fertilization, yield, spring wheat.

Достоверно доказанный факт, что применение микро– и макроудобрений, регуляторов роста и других агрохимических средств при возделывании сельскохозяйственных культур положительно сказывается на продуктивности агроценоза [1], несомненно влияя на фотосинтетическую активность растений. Основная составная часть фотосинтетического аппарата – зеленые пигменты, функционал которых заключается в трансформации солнечной энергии в энергию химических соединений, и хлорофилл является центральной молекулой в этом процессе. Имея сведения о содержании хлорофиллов, можно оценить потенциальную фотохимическую активность листьев растений, прогнозировать продуктивность посевов, установить необходимость дополнительного применения удобрений и т. д. [2, 3]. *Целью нашего исследования* стало изучение влияния минеральных удобрений и стимуляторов роста на содержание хлорофилла в листьях яровой мягкой пшеницы на лугово-черноземной почве в южной лесостепной зоны Западной Сибири.

Исследования проводились в 2018-2019 гг. на опытном поле лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Опыт размещали в 5-ипольном зернопаровом севообороте (пар чистый – яровая пшеница – соя – яровая пшеница – ячмень), заложенном в 1987 году. В качестве объектов исследования взяты растения яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) сорта Омская 36. Двухфакторный полевой опыт (2x5) закладывали по схеме, обозначенной на рисунках 1 и 2. Используемые препараты разводили в соответствии с рекомендациями, расход рабочего раствора – 300 л/га. Повторность 4-кратная, размещение делянок – систематическое, учетная площадь делянки – 16 м². Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесиловатая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса (по Тюрину) – 6,4...6,6%, валового азота (по Кьельдалю-Иодельбауеру) – 0,29%, перед посевом характеризовалась повышенным содержанием P₂O₅ – 132 мг/кг и очень высоким содержанием K₂O (по Чирикову) – более 285 мг/кг почвы. Вегетационный период 2018 г. был прохладный и влажный: выпало 245 мм осадков (124% от среднемноголетнего значения), средняя температура была на 1°С ниже среднемноголетнего значения. В 2019 г. распределение осадков за вегетационный период было неравномерным: наибольшее количество осадков выпало в июне (165% от нормы), а наименьшее (43%) – в июле. Температура воздуха была в пределах среднемноголетних значений. Извлечение хлорофилла из листьев проводили по методу Л.П. Брагинского 100%-ным ацетоном. Оптическую плотность определяли на спектрофотометре АrelPD-303 при длине волн 662 нм и 644 нм. Расчет массы хлорофилла (в мг/л) вели по формулам:

$$\text{Хлорофилл } a \text{ (Хл } a) = 9,784 \cdot E_{662} - 0,990 \cdot E_{644};$$

$$\text{Хлорофилл } b \text{ (Хл } b) = 21,426 \cdot E_{644} - 4,650 \cdot E_{662}$$

Расчет количества хлорофилла на 1 г сырой массы выполнялся по формуле:

$$A = C \cdot V / 1000 \cdot a,$$

где А – количество хлорофилла *a* или *b*; С – рассчитанная ранее концентрация хлорофилла *a* или *b*, мг/л; V – объем вытяжки, мл; а – навеска, г. Результат пе-

решали на воздушно-сухое вещество (возд.-сух. в-во). Математическая обработка экспериментальных данных выполнена стандартными методами по Б.А. Доспехову.

Содержание Хл a и b в листьях пшеницы определяли в фазы выхода в трубку и колошение. Установлено, что в первый срок отбора растительных проб содержание Хл ($a+b$) составило 7,9 мг/г, а во второй – 10,2 мг/г, в среднем по фактору. Прирост содержания пигментов в листьях составил 28% и зависел от фазы развития культуры. Минимальное содержание Хл ($a+b$) отмечалось в варианте без внесения минеральных удобрений – 4,5 мг/г в фазу выхода в трубку и 8,7 мг/г в фазу колошения (рис. 1).

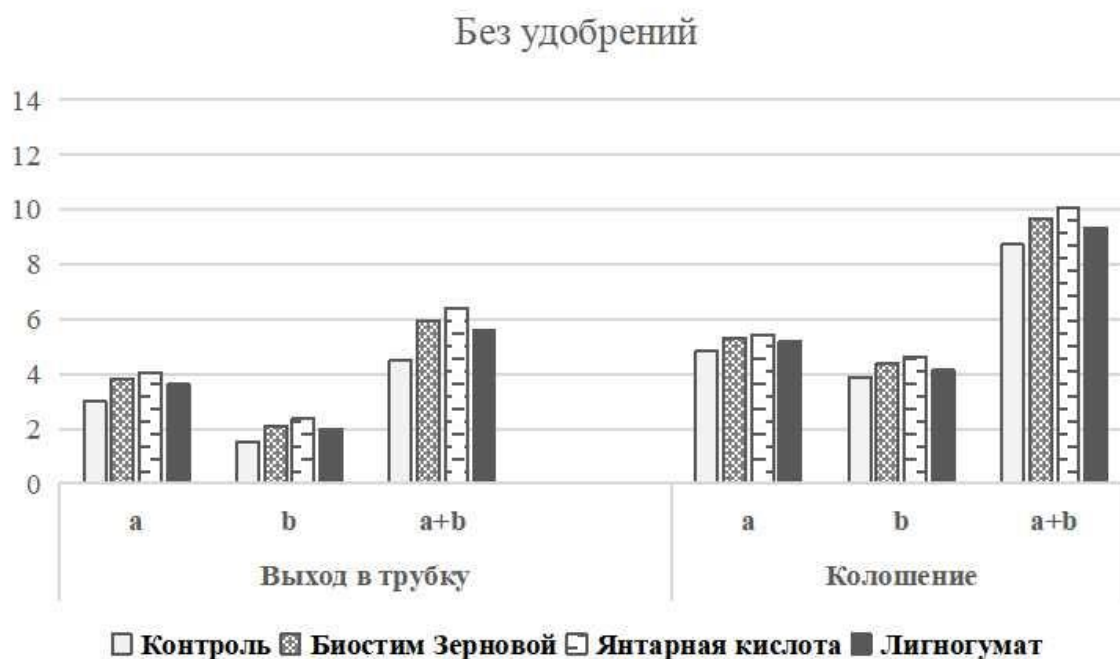


Рисунок 1 - Влияние макроудобрений и стимуляторов роста на содержание хлорофилла в листьях пшеницы на фоне без удобрений, мг/г возд.-сух. в-ва

Анализ суммарного содержания Хл ($a+b$) в листьях на удобренном фоне свидетельствует о том, что за счет улучшения условий минерального питания пшеницы к фазе трубкования сформировался полноценный фотосинтетический аппарат: содержание зеленых пигментов было в пределах 9,7-10,9 мг/г, и к фазе колошения содержание его существенно не изменилось (рис. 2).

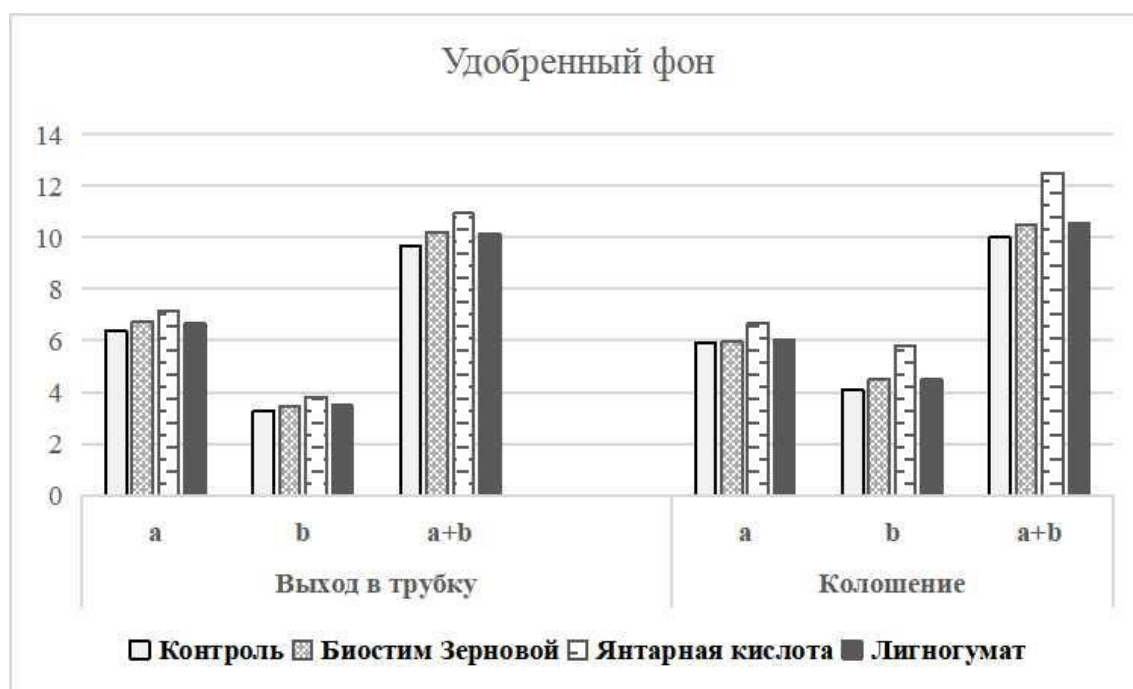


Рисунок 2 - Влияние макроудобрений и стимуляторов роста на содержание хлорофилла в листьях пшеницы на удобренном фоне, мг/г возд.-сух. в-ва

На неудобренном фоне наблюдалось, напротив, постепенное увеличение содержания пигментов от фазы к фазе. Из вариантов некорневой подкормки (НП) растений положительное действие на суммарный показатель Хл ($a+b$) оказала обработка растений пшеницы янтарной кислотой. Действие этого приема проявилось на обоих фонах удобренности в изучаемые фазы роста и развития растений пшеницы. В фазу выхода в трубку на неудобренном фоне содержание Хл ($a+b$) в листьях за счет НП Янтарной кислотой увеличилось на 42%, в фазу колошения – на 15%; на удобренном фоне – на 13 и 11%, соответственно и было максимальным значением в опыте (10,9 мг/г в фазу выхода в трубку и 12,5 мг/г в колошение). Эффективность применения комплексного препарата Биостим Зерновой, принимая во внимание содержание Хл ($a+b$), была близка к действию НП Янтарной кислотой. НП Лигногуматом существенно не повлияла на изменение данного показателя.

При дифференцированном анализе содержания пигментов a и b отмечались как аналогичные зависимости, рассмотренные выше, так и специфические. Содержание Хл a и b являются сопряженными величинами: содержание Хл a (Y)

находилось в тесной корреляционной зависимости от содержания Хл *b* (Х) ($r=0,98$ в выход в трубку и $0,58$ в колошение). В листьях пшеницы одновременно синтезировался как Хл *a*, так и *b*, при этом их синтез в большей мере активировался применением минеральных удобрений. Содержание Хл *a* на удобренном фоне возросло на 85% и Хл *b* на 76% в фазу выхода в трубку, в фазу колошения – на 16 и 9%, соответственно. Различия в приросте Хл *a* и *b* объяснялись тем, что к фазе колошения на неудобренном фоне содержание пигментов достигло максимума, а на удобренном, в сравнении с фазой трубкования, существенно не изменилось. Лучшими вариантами НП по действию на синтез пигментов следует считать варианты обработки Янтарной кислотой и Биостимом Зерновым. Содержание Хл *a* и *b* было наибольшим.

Полученные нами результаты исследований в полевом севообороте подтверждают, что содержание хлорофилла является модификационным признаком и регулируется агротехническими приемами. Внесение минеральных удобрений увеличило содержание Хл (*a+b*) в фазу выхода в трубку на 114% и в фазу колошения на 14%. НП Янтарной кислотой и Биостимом Зерновым дополнительно увеличивало синтез хлорофилла в листьях пшеницы: содержание Хл (*a+b*) на удобренном фоне возрастало до 13%.

Список литературы

1. Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Волкова В.А., Цыганова Н.А., Пахотина И.В. Применение ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 73-77.
2. Кузнецова В.А., Науменко О.А. Положительное влияние янтарной кислоты на процессы биохимической адаптации растений // В сборнике: Теория и практика инновационных исследований в области естественных наук. сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Оренбург, 2023. С. 226-229.
3. Цыганова Н.А., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д., Балабанова Н.Ф. Влияние янтарной кислоты на фотосинтетическую активность яровой мягкой пшеницы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 3

(35). С. 13-20.

© Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Волкова В.А., 2024

Научная статья

УДК 661.162.6

***Е.К. Барнашова*¹, *Е.А. Вертикова*¹, *Е.В. Филатов*², *К.А. Тараскин*²**

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

² Научно-исследовательский институт прикладной акустики, г. Дубна, Россия

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Аннотация. Проведён анализ результатов оценки воздействия активатора роста - пероксида водорода на интенсивность развития различных сельскохозяйственных растений. Показана высокая эффективность применения этого соединения для обработки семенного материала и вегетирующих растений. Установлена возможность использования циклогексанона для усиления эффекта воздействия на биохимические процессы, происходящие в растениях и обеспечивающие активацию ростовых процессов. Рассмотрен возможный механизм активации пероксида водорода, происходящей в структуре растений: методом газовой хроматографии идентифицированы соединения, предположительно участвующие в биохимических превращениях, интенсифицирующие процессы развития сельскохозяйственных структур.

Ключевые слова: сельскохозяйственные растения; ростовые процессы; урожайность, семенной материал; биохимический механизм.

E.K. Barnashova¹, E.A. Vertikova¹, E.V. Filatov², K.A. Taraskin²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moskva, Russia

²Research Institute of Applied Acoustics, Dubna, Russia

THEORETICAL RESEARCH AND PRACTICAL APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE IN PLANT PRODUCTION

Annotation. The analysis of the results of the assessment of the effect of the growth activator - hydrogen peroxide on the intensity of development of various agricultural plants is carried out. The high efficiency of the use of this compound for the treatment of seed material and vegetative plants has been shown. The possibility of using cyclohexanone to enhance the effect of exposure to biochemical processes occurring in plants and ensuring the activation of growth processes has been established. A possible mechanism of activation of hydrogen peroxide occurring in the structure of plants is considered: compounds presumably involved in biochemical transformations that intensify the processes of development of agricultural structures have been identified by gas chromatography.

Keywords: agricultural plants; growth processes; yield, seed material; biochemical mechanism.

ВВЕДЕНИЕ.

Регуляторы роста получили широкое распространение в сельском хозяйстве, в том числе в растениеводстве в качестве средств стимуляции ростовых процессов различных культур. Регуляторы роста растений включают препараты, ускоряющие процессы вегетации, созревания, предохраняющие от замерзания, засухи, предотвращающие полегание посевов и ряд других направлений. Эффективность применения этих средств в значительной степени определяется значи-

мостью достигаемого эффекта и, не в меньшей степени, стоимостью предлагаемого для использования вещества или композиции.

В настоящей работе приведены результаты исследований и сделана оценка возможности и перспектив использования в качестве рост-активного вещества пероксида водорода. Это соединение выпускается в промышленном масштабе и находит широкое распространение в сфере различных производств, а также в быту.

Первые сведения о присутствии пероксида водорода в составе растений были получены [1] Российским учёным, основателем отечественной биохимической науки А.Н. Бахом. Дальнейшие научные исследования показали [2] наличие пероксида водорода практически во всех структурах растений и его участие в многочисленных биохимических взаимодействиях. Научное подтверждение получили данные о роли пероксида водорода в процессах передачи информации и осуществлении сигнальной функции растений [3,4]. Широкое распространение получили научные представления, указывающие на то, что биохимический функционал пероксида водорода аналогичен осуществляемому рядом других соединений, содержащий активные кислородсодержащие группы: синглетный или атомарный кислород, озон и их производные [5]. Поэтому, учитывая относительно высокую стабильность пероксида водорода по сравнению с этими гиперреактивными формами кислорода, можно предположить, что его биологическая активность проявляется в результате деструкции с образованием высокорезакционноспособных кислородсодержащих фрагментов.

Вместе с тем, необходимо отметить, что избыточная концентрация активных форм кислородсодержащих соединений нарушает редокс-статус клетки и опосредует окислительный стресс, который приводит к нарушению функций клетки за счет окисления и деградации мембранных липидов, белков, ДНК, а также, в отдельных случаях, может привести к гибели клеток [6]. Исходя из этого, целесообразно предположить, что результат воздействия активных кислородсодержащих форм на течение биохимических взаимодействия в структуре растений будет определяться концентрацией используемого агента. Природная

концентрация активных кислородсодержащих соединений в тканях растений может варьировать в пределах $1 \times 10^{-5} \div 5 \times 10^{-8}$ мольных долей (М). Растворы с концентрацией большей $3,5 \cdot 10^{-5}$ М блокируют рост и развитие растений [7]. Эти данные задают пределы определённого ориентира для расчёта составов, предназначенных для воздействия на растения при решении задач интенсификации процессов роста.

Целью настоящей работы является обобщение опытных данных о применении пероксида водорода для усиления ростовой активности сельскохозяйственных культур на различных стадиях вегетации, а также выявление возможного механизма участия этого соединения в биохимических превращениях в структуре растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методики получения пероксида водорода, пригодного для использования в растениеводстве.

Пероксид водорода, получаемый в промышленности [8] содержит ряд технологических примесей, препятствующих его применению в растениеводстве. На этом основании были проведены исследования по поиску методов синтеза пероксида водорода, пригодного для применения в экосистемах.

Методика получения раствора пероксида водорода при микроволновом воздействии на дистиллированную воду.

В основу метода был положен модернизированный нами способ, представленный в работе [9]. В лабораторных условиях нами проводились следующие операции: в ампулу кварцевого стекла помещают 8 мл дистиллированной воды. Лабораторный прибор микроволнового излучения Biotage Initiator Eight выводится на режим: температура 40°C , давление – 30 Bar. При достижении указанных параметров, ампула помещается с помощью привода робота-манипулятора в зону активного воздействия. Содержимое ампулы подвергается микроволновому излучению мощностью 50 – 60 Вт и частотой 50 – 60 Гц, в течение 20 с. Затем ампула извлекается из прибора. Проба раствора пероксида водорода отбирается из ампулы и направляется на анализ.

Методика получения раствора пероксида водорода при электрофизическом воздействия на воду

Способ получения экологически чистого водного раствора пероксида водорода [10] включает облучение воды ультрафиолетовым излучением с плотностью в пределах $10 \div 100$ мДж/см² и длиной волны от 150 до 400 нм в специальном реакторе. В другом варианте [11] источники физического воздействия на воду включают излучатель некогерентного оптического излучения с освещенностью в видимой области не менее 650 лк и излучатель высокочастотного электромагнитного излучения с плотностью потока мощности не менее 4,0 мВт/см².

Методика анализа раствора пероксида водорода.

Содержание пероксида водорода в водном растворе было проведено титриметрическим методом. В коническую колбу вносили 20 мл раствора пероксида водорода. К раствору в колбе, при перемешивании вносили 10 мл 1 М раствора серной кислоты. Полученную смесь титруют 0,001 Н (0,0002 М) раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски. Окраска раствора должна сохранять стабильный цвет в течение периода не менее 0.5 минут. Полученные данные использовали для вычисления составов рабочих растворов пероксида водорода.

Дополнительные материалы.

Для оценки возможности интенсификации эффекта воздействия пероксида водорода на биохимические процессы, происходящие в структуре сельскохозяйственных растений, было предложено использовать реактив циклогексанон. Для использования в рамках настоящего исследования циклогексанон был получен методом каталитического гетерофазного окисления в соответствии с рекомендациями, представленными в работе [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Оценка влияния пероксида водорода на сельскохозяйственные растения.

При воздействии раствора пероксида водорода, взятого в концентрациях от 1 до 10 мМ [13], на зародыши пшеницы было зарегистрировано возрастание

агглютини́на в период от 2 до 24 часов после обработки, что предположительно связывается с ролью индукции лектинов.

В исследовании [7] показано стимулирующее влияние на развитие проростков культурных растений пероксида водорода в концентрации менее $3,5 \cdot 10^{-5}$ М. Показано, что выраженный эффект стимуляции развития культурных растений отмечен при обработке семян огурца: превышение контрольных значений составило порядка 220 %. Семян редиса дали прирост на 160 % семенами кукурузы – 110 %. Использование растворов пероксида водорода с концентрацией пероксида $3,5 \cdot 10^{-4}$ М приводило к замедлению роста семян всех исследованных культур и блокировало развитие проростков.

На посевных площадях Саратовской области проведены исследования [14] по оценке влияния пероксида водорода на посе́вы мягкой пшеницы сорта Саратовская 90. Обработка проводилась в двух вариантах: предпосевное смачивание семян и опрыскивание растений в поздний период вегетации. Результат оценивался по приросту урожайности зерна. Однократная обработка семенного материала привела к увеличению урожайности от 127 до 148 %. Однократное опрыскивание вегетирующих растений привело к повышению урожая в среднем на 131 %.

В Саратовском ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» проведены полевые исследования [15] по оценки влияния пероксида водорода на развитие культуры тритикале озимого сорта местной селекции Зубр [16]. Все опытные посе́вы обрабатывали с использованием стандартных методов агротехники, разработанных для озимых зерновых культур, выращиваемых в климатических условиях Юго-Восточного региона – что обеспечивало чистоту проведения эксперимента и минимизации влияния на полученный результат сторонних факторов. Обработку посе́вов тритикале производили методом одноразового опрыскивания во 2 декаде июня, за 1 месяц до уборки урожая. По результатам опытов установлено, что при использовании пероксида водорода в концентрации 5×10^{-6} М, урожайность зерна возросла на 114 %.

Высокая эффективность пероксида водорода по сравнению с коммерческими стимуляторами роста растений была установлена по результатам исследования [17] выращивания сельскохозяйственных в условиях теплиц. Интенсификация ростовых процессов при проращивании семян свёклы в растворе пероксида водорода [18] приводила к ускоренной активации семенного материала и улучшению всхожести. Обработка семян льна составом, содержащим пероксид водорода в концентрации 5×10^{-6} М увеличила всхожесть на 30 % [19].

Модернизация пероксида водорода и результаты испытаний.

Для усиления действия пероксида водорода на ростовые процессы сельскохозяйственных растений применяли добавку циклогексанона. При испытаниях, организованных на опытных участках Саратовском ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», была проведена сравнительная оценка воздействия на посевы тритикале составов в виде растворов пероксида водорода, модернизированных циклогексаноном [20]. Растворы с концентрацией пероксида водорода – $5,0 \times 10^{-6}$ М и циклогексанона – $3,5 \times 10^{-6}$ М использовались для опрыскивания вегетирующих растений в период наливания зерна, за 1 месяц до уборки урожая с расходом 300 мл на 1 м² посевов. По результатам эксперимента установлено, что урожайность зерна увеличилась на 171 % по сравнению с контрольным опытом, в котором в качестве жидкости для опрыскивания использовалась дистиллированная вода.

В опытах на проростках огурцов [21] применяли замачивающую жидкость для обработки семян сорта Мазай F1, содержащую два компонента: пероксид водорода в концентрации $3,5 \times 10^{-5}$ М и циклогексанон в концентрации $1,75 \times 10^{-5}$ М. Прирост зародышей прорастающих растений, зарегистрированный в ходе 48-часового эксперимента, составил 175 % по отношению к опыту сравнения, проведенному в дистиллированной воде. Дополнительные сведения по обработке семян двухкомпонентным составом представлены в докладе [23].

Таким образом, результаты экспериментальных исследований показали, что введение циклогексанона в раствор пероксида водорода усиливает активность ростовых процессов, приводящих к ускорению процессов развития.

Выявление механизма активации ростовых процессов пероксидом водорода.

В соответствии с данными представленных экспериментальных результатов, активность воздействия пероксида водорода на процессы развития растений в значительной степени увеличивается при внесении в раствор циклогексанона. Этот факт может быть интерпретирован как возможность образования в водном растворе структуры, обладающей более высокой активностью чем исходные соединения. В научной работе [22] изложена гипотеза о возможности образования в водном растворе, содержащем пероксид водорода и циклогексанон, высокоактивных кислородсодержащих соединений, представленных на рисунке 1.

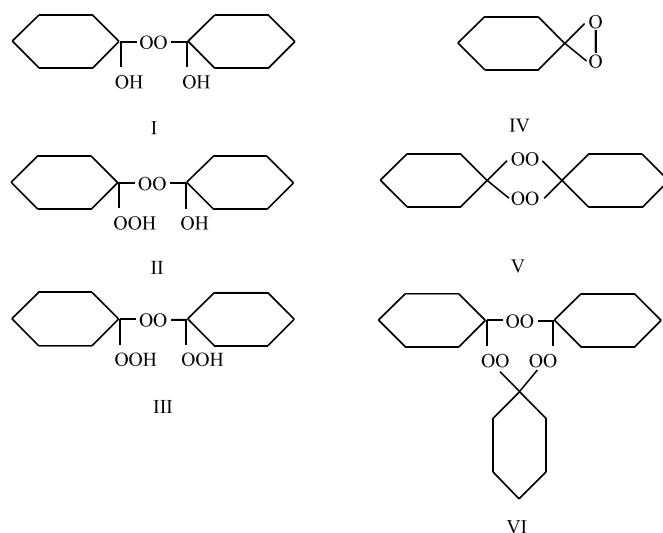


Рисунок 1 – возможные структуры соединений, образующихся в водной среде при взаимодействии пероксида водорода и циклогексанона

В рамках настоящей работы были проведены исследования водного раствора, содержащего пероксид водорода и циклогексанон, активно воздействующего на биохимические процессы в составе растений. Методом газовой хроматографии в составе раствора были обнаружены соединения, представленные на хроматограмме – рисунок 2.

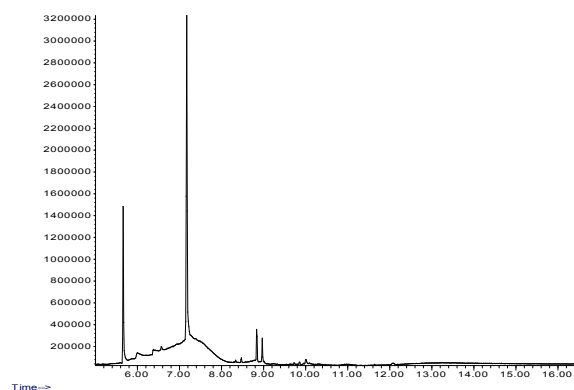


Рисунок 2 - Хроматограмма по полному ионному току структур, образующихся в водной среде при взаимодействии пероксида водорода и циклогексанона.

Масс-спектр соединения, со временем удерживания 5,66 минут представлен на рисунке 3.

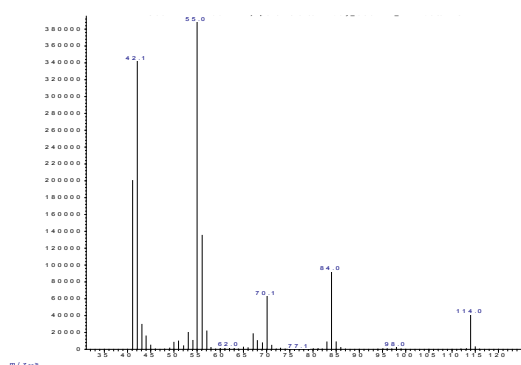


Рисунок 3 - Масс-спектр соединения со временем удерживания 5,66 мин

В соответствии с полученными данными, представленное соединение имеет молекулярную массу – 114,06 а.е.м. и может быть идентифицировано как 1,2-диоксаспиро[2,5]октан, что соответствует структуре IV, представленной на рисунке 1. Масс-спектры соединений, с временами удерживания 7,17 и 8,84 минут соответствуют наличию в анализируемой смеси соединений, включающих в молекулярную структуру циклогексил-перокси фрагментов, что может являться подтверждением наличия веществ, представленных на рис. 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные экспериментальные данные, полученные при проведении в лабораторных и полевых условиях регулятора роста растений на основе водного раствора пероксида водорода показали возможность получения устойчивых результатов, доказывающих интенсификацию ростовых процессов при воздействии на семенной материал, проростки и вегетирующие культуры. Введение в

состав исследуемого средства циклогексанона усиливает действие пероксида водорода, что свидетельствует об образовании в составе высокоактивных кислородсодержащих соединений, наличие которых подтверждается исследованиями механизма с идентификацией молекулярных структур методом хромато-масс-спектрометрии.

Полученные результаты и разработанные методики могут быть рекомендованы для использования в растениеводстве с целью интенсификации процессов сельскохозяйственного производства, увеличения урожайности сельскохозяйственных растений и организации сезонных мероприятий в секторе АПК.

Список литературы

1. Бах А.Н. Собрание трудов по химии и биохимии. М.: АН СССР, 1950. 648 с.
2. Bhattacharjee S. Reactive oxygen species and oxidative burst: roles in stress, senescence and signal transduction in plants // *Current Science*. 2005. V. 89. P. 1113-1121.
3. Lander H.M. An essential role for free radicals and derived species in signal transduction // *FASEB J*. 1997. V. 11. № 1. P. 118-124.
4. Жук В.В., Мусиенко Н.Н. Сигнальная функция перекиси водорода в адаптации растений пшеницы к условиям засухи // *Материалы международной научной конференции «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий»*. 2014. Т. 2. С. 169-171.
5. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. Под ред. И.П. Ермакова. М.: КДУ. 2007. 140 с.
6. Møller I.M., Jensen P.E., Hansson A. Oxidative modifications to cellular components in plants // *Annual Review of Plant Biology*. 2007. V. 58. P. 459-481.
7. Апашева Л.М., Будник М.И. и др. Экологически чистый пероксид водорода: получение, рострегулирующие свойства // *Актуальные вопросы биологической физики и химии*. 2021. Т. 6. № 2. С. 358-361.
8. Рахимов А.И. Химия и технология органических перекисных соединений. М.: Химия. 1979, 392 с.

9. Никонов М.В., Винокуров С.Е., Мясоедов Б.Ф. Образование пероксида водорода под воздействием микроволнового излучения в водных растворах ванадил- и перманганат-ионов // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. Вып. 11. С. 1607-1612.

10. Патент № 2788737 С2 РФ. Способ и устройство получения экологически чистого водного раствора пероксида водорода / Д.С. Стребков, В. В. Турбин и др.

11. Патент № 2773011 С1 РФ. Устройство получения экологически чистого раствора пероксида водорода для стимуляции роста и развития растений / М.И. Будник, Д.С. Стребков и др.

12. Шантроха А.В., Лебедев С.В. и др. Оценка перспектив применения хлорсодержащих аммониевых солей в качестве катализаторов в процессах гетерофазного окисления циклических соединений // Auditorium. 2023. № 4(40). С. 8-16.

13. Бабоша А.В. Изменение содержания агглютинина зародышей пшеницы в растениях, обработанных перекисью водорода // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. № 2. С. 247-251.

14. Стребков Д.С., Будник М.И. и др. Повышение урожайности озимой пшеницы с помощью экологически чистого водного раствора пероксида водорода природной концентрации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 4. С. 64-67.

15. Барнашова Е.К., Вертикова Е.А., Деревягин С.С. Исследование влияния пероксида водорода на урожайность озимой тритикале // Актуальные проблемы и инновационные решения в области агрохимии. Материалы 57-й Всероссийской конференции с международным участием молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов. – М.: ВНИИА, 2024. С. 169-175.

16. Дьячук Т.И., Акинина В.Н. и др. Новый сорт озимой тритикале Зубр / Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 19-22.

17. Рубцова Н.А., Апашева Л.М. и др. Получение пероксида водорода фи-

зическими методами: перспектива применения в тепличных комплексах // Материалы IX международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». 2017. Т. 2. С. 83-84.

18. Апашева Л.М., Будник М.И. и др. Использование лазерного импульсного излучения и растворов экопероксида для активации семян сахарной свеклы // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2022. Т. 7. № 3. С. 374-378.

19. Будник М.И., Сергеев С.Н. и др. Новый научно-методический подход к экологической обработке семян льна, повышающей всхожесть и предотвращающей слипание посевного материала // Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ – 2023. Материалы XVIII международной научной конференции, Севастополь. 2023. С. 116-117.

20. Патент РФ № 2797916 С1, МПК А01G 22/20. Способ увеличения урожайности зерновой культуры тритикале путем опрыскивания водным раствором пероксида водорода и циклогексанола надземной части растений в период поздней вегетации // С.Н. Сергеев, М.И. Будник и др.

21. Сергеев С.Н., Тараскин К.А. и др. Разработка метода химической активации светонезависимых окислительных процессов в стадии проращивания семенного материала // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 6. – С. 31-35.

22. Гайфуллин А.А., Тунцева С.Н., и др. Получение пероксида циклогексанола с использованием пероксидсодержащих сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 15. С. 26-30.

23. Барнашова Е.К., Вертикова Е.А., Деревягин С.С. Оценка перспектив использования пероксида водорода для интенсификации процесса проращивания семян сельскохозяйственных культур // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Генетический потенциал сельскохозяйственных растений и его реализация в селекции, семеноводстве и размножении». Краснодар. КубГАУ. 2024.

Научная статья

УДК 579.64:579.262:579.254.26/633.34

В.А. Бобров¹, А.С. Сидорин², И.В. Борисов³, Г.Л. Бурьгин^{2,3}, К.Ю. Каргаполова², О.В. Ткаченко²

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, Россия

³Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ Саратовский научный центр РАН, г. Саратов, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ ФЛЮОРЕСЦЕНТНО-МЕЧЕННЫХ ШТАММОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ – СИМБИОНТОВ СОИ

Аннотация. В работе представлены результаты получения флюоресцентно-меченных штаммов – аналогов ризосферных бактерий, оказывающих рост-стимулирующее действие на растения сои. Проведена рекомбинация клеток бактерий *Lysobacter* sp. GmNf6s и *Enterobacter* sp. GmNf4 плазмидой с геном *turboGFP*. Дана сравнительная характеристика основных биохимических свойств полученных штаммов. Для оценки качества сорбции и удержания на корнях растений сои проведена инокуляция модифицированными штаммами с последующим изучением методами световой и флюоресцентной микроскопии.

Ключевые слова: ризосферные бактерии, трансформация, GFP, *Glycine max* L.

V.A. Bobrov¹, A.S. Sidorin², I.V. Borisov³, G.L. Burygin^{2,3}, K.Y. Kargapolova², O.V. Tkachenko²

¹Sechenov I.M. First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

²FSBI HE Vavilov University, Saratov, Russia

³Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

PRODUCTION OF FLUORESCENTLY LABELED STRAINS OF RHIZOSPHERE BACTERIA – SOYBEAN SYMBIONTS

Annotation. The work presents the results of obtaining fluorescently labeled strains – analogues of rhizosphere bacteria that have a growth-stimulating effect on soybean plants. Recombination of bacterial cells *Lysobacter* sp. GmNf6s and *Enterobacter* sp. GmNf4 plasmid with the *turboGFP* gene. A comparative description of the main biochemical properties of the obtained strains is given. To assess the quality of sorption and retention on the roots of soybean plants, inoculation with modified strains was carried out, followed by study using light and fluorescence microscopy.

Keywords: rhizosphere bacteria, transformation, GFP, *Glycine max* L.

Введение

Соя (*Glycine max* L.) представляет собой уникальную зернобобовую и масличную культуру. В 20 веке эта соя стала ключевой в мировом сельском хозяйстве. Соя выращивается во многих странах мира, её используют как сырье для продуктов питания, таких как тофу, натто, мука и многого другого. Рост производства сои был стимулирован спросом на соевое масло, используемое в пищевой и промышленности, а также на соевый белок, используемый в питании человека и кормах для животных [1]. Соевое масло – второе в мире по объёму производства после пальмового. Растительные жиры, которые содержатся в соевых продуктах, богаты полиненасыщенными жирными кислотами, такими как омега-3 и омега-6, а белок содержит все необходимые аминокислоты, необходимые для здорового роста и развития человека и животных. Семена сои содержат до 55% белка [2], а по аминокислотному коэффициенту усвояемости белок (PDCAAS)

приравниваются к животному белку.

Растения сои, как представители бобовой культуры, способны вступать в симбиотические отношения с азотофиксирующими бактериями [3]. Благодаря этому симбиозу с бактериями растения получают азот, который играет важную роль в регуляции роста, метаболизма и питания. Бактерии также производят сидерофоры, хелатирующие железо и переводящие его в доступную для корней растений форму [4], солибилизируют минералы, такие как фосфор [4], а также синтезируют фитогормоны – стимуляторы роста растений [5]. Микроорганизмы, способные стимулировать рост растений называются PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Характерными представителями данных микроорганизмов являются бактерии родов *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter* и *Enterobacter* [6].

Подбор эффективных клубеньковых бактерий является важной задачей агробиотехнологии, однако, контроль инокуляции растений бактериями затруднен и требует применения сложных микробиологических и молекулярно-генетических методов. Одним из вариантов оптимизации контроля инокуляции является создание сорт-специфичных штаммов, способных к флюоресценции за счет переноса в бактерии плазмид, несущих гены свечения, например, Green Fluorescents Proteins (GFP) [7]. Метод выявления GFP имеет множество преимуществ, таких как возможность наблюдения в реальном времени за живыми клетками и отсутствие необходимости использования фиксирующих и окрашивающих реагентов [8].

Целью данной работы являлась модификация штаммов бактерий *Lysobacter* sp. GmNf6s и *Enterobacter* sp. GmNf4 геном, детерминирующим белок GFP и оценка их свойств по сравнению с исходными штаммами.

Материалы и методы

Для проведения исследований были использованы штаммы бактерий *Lysobacter* sp. GmNf6s (далее R6) и *Enterobacter* sp. GmNf4 (далее F4), выделенные из отмытых клубеньков сои (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Натали, выращенной в полевых условиях в Энгельском районе Саратовской области РФ в 2022-

2023 гг. и депонированные в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения (ВКСМ).

Бактерии культивировали на среде YMA (дрожжевой экстракт – 0,5 г/л; K_2HPO_4 – 0,2 г/л; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2 г/л; маннит – 7,0 г/л (pH доводили NaOH до 7,0-7,2)). Для селекции трансформантов использовали среду MSM (KH_2PO_4 0,4 г/л; K_2HPO_4 0,4 г/л; NaCl 0,1 г/л; $MgSO_4$ 0,2 г/л; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,02 г/л; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ 0,002 г/л и NH_4Cl 1 г/л, яблочная кислота 3,8 г/л, pH 6,8–7,0).

В качестве вектора для переноса гена *turboGFP* [9], под контролем конститутивного промотора фага T5 с опероном *lac*, использовали плазмиду широкого круга хозяев pJN105TurboGFP с маркерным геном устойчивости к гентамицину. Предварительно исследуемые штаммы проверяли на отсутствие резистентности к антибиотику на среде YMA с добавлением гентамицина (20 мкг/мл). В качестве донора плазмиды с геном *turboGFP* использовали культуры бактерий *E. coli*. Рекомбинацию клеток проводили следующим образом: концентрированный раствор, заранее подготовленных компетентных клеток *E. coli* смешивали с раствором исследуемых бактерий, выращенных на жидкой среде YMA. Благодаря естественному процессу конъюгации осуществлялся перенос искомой плазмиды с геном *turboGFP* в исследуемые штаммы F4 и R6.

Идентификацию трансформированных штаммов проводили путем сравнения по биохимическим признакам с исходными штаммами. По способности роста на различных источниках углерода исследуемые штаммы проверяли на триптонной (0,1%) среде с добавлением глюкозы, рамнозы, мальтозы, лактозы, арабинозы, сахарозы, галактозы, цитрата, яблочной кислоты, сорбита. В качестве контроля использовали среду без добавления источника углерода.

Для оценки качества сорбции и удержания на корнях растений исследуемыми штаммами инокулировали семена сои сорта Натали, которые предварительно стерилизовали в растворе диацида 10 минут, после чего обильно отмывали стерильной дистиллированной водой на магнитной мешалке 5 раз по 10 минут.

Для флюоресцентной и световой микроскопии использовали образцы корней растений длиной около 2 см, которые наносили на предметное стекло и закрепляли в держателе в растворе деионизированной воды. Микроскопирование проводили с использованием флюоресцентного микроскопа DM6 В (Leica Microsystems, Германия).

Результаты и обсуждение

После трансформации бактерии всех вариаций были перенесены на чашки с селективными средами MSM и YMA для избавления от культуры *E. coli*. После 9 пересевов были получены чистые культуры бактерий *Enterobacter* sp. F4-GFP и *Lysobacter* sp. R6-GFP.

Изучение биохимических свойств полученных штаммов в сравнении с исходными показало, что в ходе трансформации штаммы видов *Enterobacter* sp. F4-GFP и *Lysobacter* sp. R6-GFP идентичны исходным штаммам *Enterobacter* sp. F4 и *Lysobacter* sp. R6 (таблица 1). Отмечено, что все 4 штамма способны использовать в качестве источника углерода глюкозу, арабинозу, сахарозу, мальтозу, сорбит и галактозу и, в меньшей степени яблочную кислоту, рамнозу и лактозу, в то время как цитрат они не используют. Слабые показатели роста также отмечены у штаммов на средах с содержанием рамнозы и лактозы. На жидкой питательной среде YMA с разными значениями pH и концентрацией NaCl все штаммы имели одинаковый характер роста.

Таблица 1 – Сравнение биохимических признаков исходных и трансформированных штаммов

Исследуемый признак					
		<i>Enterobacter</i> sp. F4	<i>Enterobacter</i> sp. F4-GFP	<i>Lysobacter</i> sp. R6	<i>Lysobacter</i> sp. R6-GFP
Источник углерода	Глюкоза	+	+	+	+
	Арабиноза	+	+	+	+
	Сахароза	+	+	+	+
	Яблочная к-та.	+/-	+/-	+/-	+/-
	Цитрат	-	-	-	-
	Рамноза	+/-	+/-	+/-	+/-
	Лактоза	+/-	+/-	+/-	+/-
	Мальтоза	+	+	+	+

	Сорбит	+	+	+	+
	Галактоза	+	+	+	+
рН	3	-	-	-	-
	4	+	+	+	+
	5	+	+	+	+
	6	+	+	+	+
	7	+	+	+	+
	8	+	+	+	+
	9	+	+	+	+
Содержание NaCl, %	0,5	+	+	+	+
	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	+
	3	+	+	+	+
	4	+	+	+	+
	5	+	+	+	+

Анализ корней инокулированных растений сои методом световой и флюоресцентной микроскопии показал, что флюоресцентные клетки обоих штаммов локализованы в зоне ризодермы сорта Натали (рисунок 1, 2).

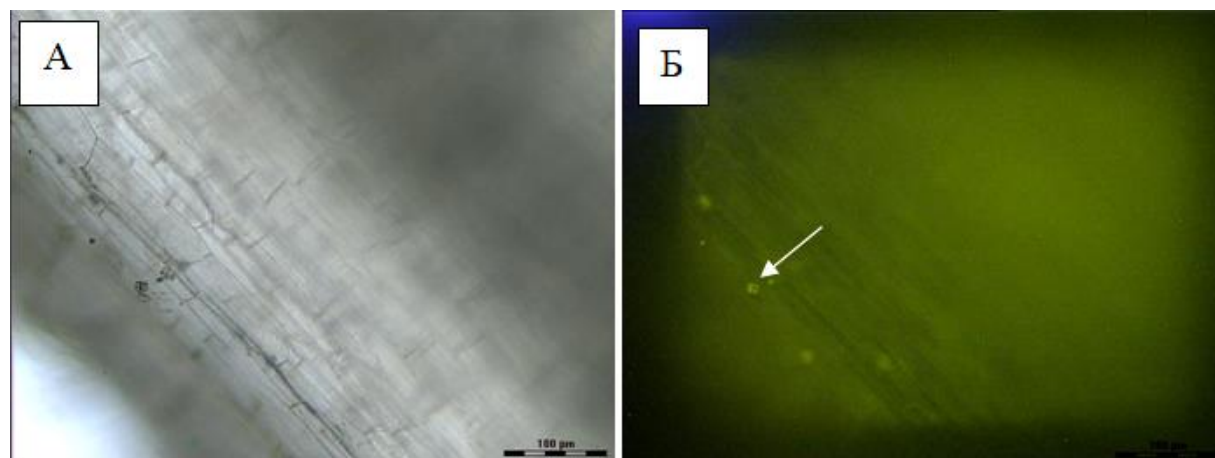


Рисунок 1 – Световая (А) и флюоресцентная (Б) микроскопия при 20 кратном увеличении корней сорта Натали, инокулированных культурой *Enterobacter* sp. F4-GFP.

Исходя из этих данных, установлено, что вновь полученные штаммы *Enterobacter* sp. F4-GFP и *Lysobacter* sp. R6-GFP вступают в симбиотические отношения с корнями растений сои сорта Натали.

Таким образом, созданы аналоги штаммов *Enterobacter* sp. R4 и *Lysobacter* sp. R6, продуцирующие флюоресцентный белок TurboGFP (*Enterobacter* sp. R4-GFP и *Lysobacter* sp. R6-GFP). Использование в сельскохозяйственной практике

ЭТИХ ШТАММОВ ПОЗВОЛИТ ЛЕГЧЕ КОНТРОЛИРОВАТЬ ПРОЦЕСС ИНОКУЛЯЦИИ И СЛЕДИТЬ ЗА ВЫЖИВАЕМОСТЬЮ И ЭЛИМИНАЦИЕЙ ШТАММОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ.

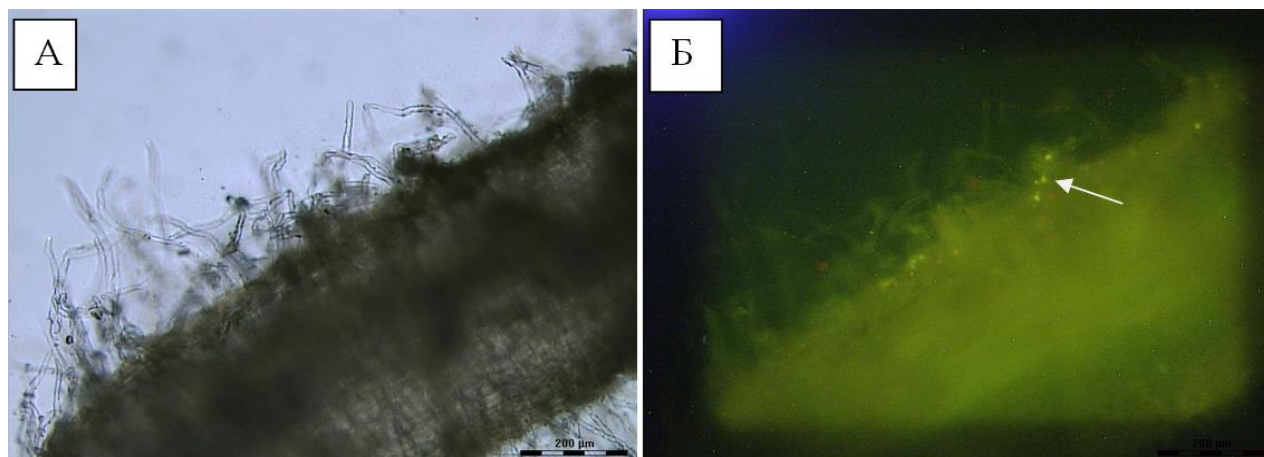


Рисунок 2 – Световая (А) и флюоресцентная (Б) микроскопия при 20 кратном увеличении корней сорта Натали, инокулированных культурой *Lysobacter* sp. R6-GFP

Список литературы

1. Гвалдова В. В., Дурнев Г. И. История происхождения сои // Научный журнал молодых ученых. – 2015. – №. 1 (4). – С. 37-38.
2. Handayani W. et al. Соевое молоко и имбирь (Sulehe) увеличивают экспрессию PPAR- γ в экспериментальной модели инсулинорезистентности у крыс // Сахарный диабет. – 2018. – Т. 21. – №. 4. – С. 271-276.
3. Agboola K., Moses S. A. Effect of biochar and cowdung on nodulation, growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill). – 2015. P. 154-160
4. Nadeem S. M. et al. Potential, limitations and future prospects of *Pseudomonas* spp. for sustainable agriculture and environment: A Review // Soil & Environment. – 2016. – Т. 35. – №. 2. P. 106-145.
5. Wani S. A. et al. *Azotobacter chroococcum*—a potential biofertilizer in agriculture: an overview // Soil science: agricultural and environmental prospectives. – 2016. – P. 333-348.

6. Феоктистова Н. В. и др. Ризосферные бактерии // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. – 2016. – Т. 158. – №. 2. – С. 207-224.

7. Zhang X. E., Cui Z., Wang D. Sensing of biomolecular interactions using fluorescence complementing systems in living cells // Biosensors and Bioelectronics. – 2016. – Т. 76. – С. 243-250.

8. Sarkar P., Chattopadhyay A. GFP fluorescence: A few lesser-known nuggets that make it work // Journal of biosciences. – 2018. – Т. 43. – С. 421-430.

9. Баймиев А. Х. и др. Получение флуоресцентно меченных штаммов клубеньковых бактерий дикорастущих бобовых для их детекции *in vivo* и *in vitro* // Молекулярная биология. – 2011. – Т. 45. – №. 6. – С. 984-991.

©Бобров В.А., Сидорин А.С., Борисов И.В., Бурыгин Г.Л., Каргаполова К.Ю., Ткаченко О.В., 2024

Научная статья

УДК 635.01

Д.Н. Гиляжева¹, И.Ю. Каневская¹, Е.А. Козынченко², А.С. Гиляжева²

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

²МАОУ «Лицей «Солярис», г. Саратов, Россия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДЕТЕЙ С ПРИРОДОЙ ПОСРЕДСТВОМ УЧАСТИЯ В ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩЕЙ В СЕЛЕ

Аннотация. В статье рассматривается практическое взаимодействие детей с природой посредством их участия в выращивании овощей в селе, а также определение пользы овощей по их цвету. Охарактеризованы этапы выращивания овощей и условия ухода за ними в селе, в том числе посев рассады в домашних условиях.

Ключевые слова: выращивание овощей, взаимодействие детей с природой, село.

D.N. Gilyazheva ¹, I.Y. Kanevskaya ¹, E.A. Kozynchenko ², A.S. Gilyazheva ²

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

²MAOU Lyceum Solaris, Saratov, Russia

CHILDREN'S INTERACTION WITH NATURE THROUGH PARTICIPATION IN GROWING VEGETABLES IN THE VILLAGE

Annotation. The article examines the practical interaction of children with nature through their participation in growing vegetables in the village, as well as determining the benefits of vegetables by their color. The stages of growing vegetables and the conditions of caring for them in the village, including sowing seedlings at home, are characterized.

Keywords: growing vegetables, children's interaction with nature, village.

Классики педагогики всегда подчеркивали, что природа является неиссякаемым источником воспитания ума и чувств детей. [1] Опыт работы В.А. Сухомлинского, описанный в его трудах, убеждает в том, что постоянное общение с природой пробуждает у детей не только радость от восприятия ее красоты, но и отзывчивость, доброту, развивает мыслительные способности, творческий потенциал. Задача состоит в том, чтобы найти рациональные механизмы такого общения. [2]

Для детей, которые постоянно проживают в городской среде, одним из основных источников взаимодействия с природой является выезд в село или в деревню во время летних каникул. При этом организация участия детей при посадке и уходе за цветами, овощами и ягодами, и дальнейшего наблюдения за их последовательным развитием и ростом, очень точно подтверждают выводы вы-

дающего ученого В.А. Сухомлинского. В связи с этим актуальность темы «Взаимодействие детей с природой посредством участия в выращивании овощей в селе» не вызывает сомнений.

В общей системе ознакомления детей с природой значительное место отводится познанию мира растений. Растения своей яркостью, многообразием, постоянным присутствием в ближайшем окружении детей воздействуют на их чувства, представления, отношения. Ребёнка привлекает в растениях яркая окраска цветов, листьев, запах, исходящий от цветущих растений, молодых листочков, осенней листвы, и плоды, появляющиеся на растениях. Благодаря этому дети тянутся к растениям, наблюдают за ними. [2]

Кратко рассмотрим фазы прорастания семян, так как дети должны знать теоретическую основу выращивания растений, в том числе овощей, что дает им наглядное представление о изменении природы.

Рассматривая рис. 1 можно отметить, что все фазы последовательные и каждой фазе прорастания семян характерны свои особенности. Всего можно выделить пять фаз: 1) водопоглощения; 2) набухания, заканчивающегося наклеванием; 3) роста первичных корешков; 4) развития ростка; 5) становления проростка. Рассмотрим подробнее сущность каждой фазы.

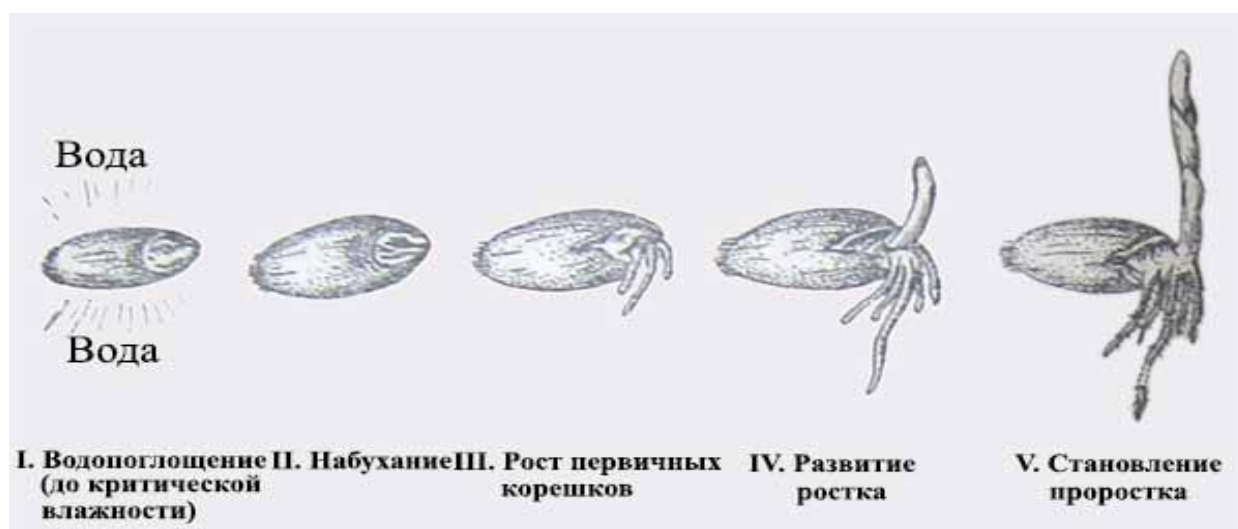


Рис. 1. Фазы прорастания семян [5]

Прорастание семян – сложный биологический процесс, который характеризуется переходом семян из состояния покоя к активной жизнедеятельности и

заканчивается образованием проростка, то есть новообразования, способного расти и дать растение.

Фаза водопоглощения, суть которой заключается в том, что сухие семена, находящиеся в состоянии покоя, впитывают в себя воду из воздуха или из почвы. Стоит отметить, что оптимальный уровень влажности у каждой культуры свой.

Фаза набухания семян начинается с момента появления в семенах свободной влаги (то есть при влажности выше критической), которая активизирует жизнедеятельность клеток. Заканчивается фаза наклеиванием.

Фаза роста первичных корешков начинается при появлении над оболочкой семени первичного корешка. В этой фазе, кроме роста корешков, происходит новая качественная перестройка биохимических процессов, подготавливающая условия для возможности роста ростка (в корнях синтезируются витамины и т.п.).

Фаза развития ростка начинается с появлением ростка. Продолжается дальнейший рост корешков, но уже имеются все возможности для интенсивного развития ростка. Но здесь уже требуются иные условия питания и внешней среды.

Становление проростка. Проросшими семенами являются ростки с первичными корешками. Если нет ростка, то независимо от длины корешков семена нельзя назвать проросшими, а только прорастающими. [5]

Таким образом, наблюдение и создание условий для прорастания семян с участием детей, дает им возможность увидеть изменения в «оживлении» семени и биологический процесс развития ростка.

Овощи являются необходимым продуктом для организма человека, так как поставляют не только витамины, но также минеральные вещества, такие как железо, магний, фосфор, кальций, калий и др. Кроме этого, овощи и фрукты содержат в себе органические кислоты и эфирные масла.

Овощи необходимо употреблять ежедневно по причинам, представленным на рис. 2.



Рис. 2. Причины, по которым необходимо есть овощи каждый день

О пользе овощей и фруктов можно судить также и по их цвету. (табл. 1)

Итак, плоды желтого цвета богаты каротиноидами, которые укрепляют сердечно-сосудистую систему человека. К таким плодам относятся желтые яблоки, абрикосы, персики, дыни, бананы, ананасы, цветная капуста, кукуруза.

Овощи и фрукты оранжевого цвета насыщены бета-каротином, который является сильным антиоксидантом. Это морковь, манго, тыква, облепиха.

Таблица 1. Польза овощей и фруктов в зависимости от их цвета

Цвет	Свойства	Овощи и фрукты
Желтый	богаты каротиноидами, которые укрепляют сердечно-сосудистую систему человека	желтые яблоки, абрикосы, персики, дыни, бананы, ананасы, цветная капуста, кукуруза.
Оранжевый	содержат бета-каротин, который является сильным антиоксидантом	морковь, манго, тыква, облепиха
Красный	позволяют человеку дольше сохранять молодость и привлекательность	красные яблоки, арбузы, вишня, гранат, клубника, малина, клюква, помидоры, свекла и др.
Зеленый	содержат хлорофилл, магний, калий и кальций, которые улучшают процесс пищеварения, укрепляют нервы и т.д	яблоки, киви, авокадо, огурцы, капуста, горох, шпинат, сельдерей, салат и т.д.
Сиреневый	являются источникам антиоксидантов, замедляющих процесс старения и оказывающих противомикробное действие	черника, голубика, ежевика, виноград, сливы, баклажаны

Овощи и фрукты красного цвета помогают человеку дольше сохранять молодость и привлекательность, позволяют снизить риск образования серьезных

заболеваний. Это красные яблоки, арбузы, вишня, гранат, клубника, малина, клюква, помидоры, свекла и др.

Зеленые овощи и фрукты содержат хлорофилл, магний, калий и кальций, которые улучшают процесс пищеварения, укрепляют нервы и т.д. Такие овощи и фрукты также богаты витаминами А, В, С. Зеленый окрас имеют некоторые яблоки, киви, авокадо, огурцы, капуста, горох, шпинат, сельдерей, салат и т.д.

Плоды сиреневого цвета – черника, голубика, ежевика, виноград, сливы, баклажаны – также являются источникам антиоксидантов, замедляющих процесс старения и оказывающих противомикробное действие. [4]

Таким образом, на основе изучения теоретической литературы по теме исследовательской работы, смогли сформулировать причины, по которым необходимо ежедневно употреблять овощи, определить пользу овощей и фруктов по их цвету.



Рис. 3. Рассада томата, огурцов и перца

Процесс выращивания овощей в домашних условиях начинается с посадки рассады. Рассаду выращиваем таких овощей как томат, огурцы и перец. Сроки посева семян в середине апреля, располагаются емкости с рассадой на подоконниках. Полив осуществляется через 2-3 дня в зависимости от высыхания почвы. А также через 2 дня дети поворачивают емкость, чтобы рассада равномерно получала дневной свет. Оптимальная для прорастания семян температура почвы

20-25 °С. (рис. 3)

В начале июня, когда уже тепло и земля достаточно прогрелась, можно высаживать рассаду в грунт.

Таким образом, в домашних условиях мы посеяли семена перца, томата и огурцов. При этом почва должна быть влажной, но переливать ее нельзя. Поэтому почву увлажняли с помощью распылителя, так семена остаются на оптимальной глубине. Когда семена проросли необходимо также бережно опрыскивать ростки и почву, так как они еще очень нежные и требуют тщательного ухода.

В июне начинается высадка рассады на грядки. Растение укрепляется и начинает расти, далее появляются соцветия, которые обязательно должны опылить пчелы. Затем соцветия перерождаются в плоды, например, появляются маленькие огурчики, которые растут больше и длиннее, становятся красивыми и сочными как показано на рис. 4.



Рис. 4. Этапы появления соцветий огурцов, молодых плодов и зрелых огурцов сорта F1 Китайский жароустойчивый

Чтобы овощи выросли сочные, здоровые необходимо ухаживать, поливать вовремя, чтобы земля не пересыхала и в тоже время не заливать сильно грядки, чтобы корни растений не гибли. Обязательно нужно удалять траву и сорняки, а также аккуратно рыхлить почву в грядках как показано на рис. 5.



Рис. 5. Рыхление и полив овощей

Немаловажным фактором для выращивания огурцов является сооружение шпалеров, которые позволяют удобно организовать уход и сбор урожая. (рис. 6)



Рис. 6. Шпалеры – удобное сооружение для выращивания огурцов

Хороший и своевременный уход во время всего процесса выращивания овощей дает плодородный урожай, красивые и полезные овощи, без добавления

ГМО. А также позитивные эмоции, так как взаимодействие человека с природой – это взаимно полезный процесс.

В таблице 2 сведены сроки и виды работ нашей исследовательской работы по выращиванию овощей в селе.

Таблица 2. Продолжительность исследовательской работы

Апрель	Посадка семян на рассаду, уход за рассадой.
Май	Наблюдение за пробуждением земли, появлением проталин, первых ростков, формирование практических навыков, подготовка земли к посадке овощей.
Июнь	Посадка рассады на грядки. Прополка, полив.
Июль	Прополка, уход за растениями, наблюдение за насекомыми, прилетающими на грядки.
Август	Сбор урожая.

Таким образом, исследовательская работа по теме «Взаимодействие детей с природой посредством участия в выращивании овощей в селе» начинается с апреля и продолжается 5 месяцев до конца августа. Это увлекательная, познавательная и наблюдательная работа.

Список литературы

1. Бортник А. Ф., Бортник Н. Р. Экологическое образование и воспитание учащихся в условиях села // Проблемы современного педагогического образования. 2019. №64-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-obrazovanie-i-vospitanie-uchaschihsya-v-usloviyah-sela>
2. Капуза, Н. В. формирование представлений о растениях огорода у детей среднего дошкольного возраста / Н. В. Капуза // Дошкольное образование: опыт, проблемы, перспективы : Сборник научных статей XI Международного научно-практического семинара, Барановичи, 26–27 марта 2020 года. – Барановичи: Учреждение образования "Барановичский государственный университет", 2020. – С. 100-102. – EDN NKEMLN.
3. Сухомлинский В.А. Сердце отдаю детям. – Киев, 1980.
4. Польза овощей и фруктов для организма человека. [Электронный режим доступа] : <https://rikb.ru/423-polza-ovoshhej-i-fruktov-dlya-organizma-cheloveka>

<https://www.agrodialog.com.ua/prorastanie-semyan.html>

© Гиляжева Д.Н., Каневская И.Ю., Козынченко Е.А., Гиляжева А.С., 2024

Научная статья

УДК 631.527: 633.16

С.В. Гончаров¹, С.С. Черненко¹, В.С. Волощенко²

ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ им. императора Петра I», г. Воронеж, Россия

²ООО «ЭкоНИВА-АПК Холдинг», Воронежская обл., Россия

ИЗУЧЕНИЕ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗЕЛЕНЫЙ КОРМ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЧР

Аннотация. Целью исследований было сравнение коммерческих гибридов кукурузы разных групп спелости по урожайности зеленой массы, содержанию в сухом веществе и сбору крахмала при выращивании по минимальной технологии на типичном чернозёме в степной зоне ЦЧР в 2018-2019 гг. Вегетационные сезоны 2018-2019 гг. были благоприятными для формирования зеленой массы гибридов кукурузы до 35-40 т/га, обеспечивая сбор крахмала до 5-5,5 т/га. Тренды в накоплении сухого вещества в зеленой массе гибридов в зависимости от групп спелости были противоположными: если в 2018 г. у более позднеспелых гибридов было больше сухого вещества, то в 2019 наоборот – у раннеспелых. Сбор крахмала с гектара в большей степени зависел от урожайности сухого вещества ($R^2=0,577-0,924$).

Ключевые слова: гибрид кукурузы, сортоиспытание, зеленая масса, сбор крахмала

S.V. Goncharov¹, S.S. Chernenko¹, V.S. Voloshchenko²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after. Emperor Peter I”, Voronezh, Russia

²EkoNIVA-APK Holding LLC, Voronezh region, Russia

CORN HYBRID TRIALS FOR GREEN MASS USE IN THE STEPPE ZONE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK SOIL REGION

Annotation. The purpose of the research was to compare commercial corn hybrids of different maturity groups in terms of green mass yield, dry matter content and starch yield grown with minimal technology on typical chernozem in the steppe zone of the Central Black Sea region in 2018-2019. Growing seasons 2018-2019 were favorable for the formation of green mass of corn hybrids up to 35-40 t/ha, ensuring starch collection up to 5-5.5 t/ha. The trends in the accumulation of dry matter in the green mass of hybrids, depending on the ripeness groups, were opposite: if in 2018, later-ripening hybrids had more dry matter, then in 2019, on the contrary, early-ripening hybrids had more dry matter. Starch yield per hectare was largely dependent on dry matter yield ($R^2=0.577-0.924$).

Key words: corn hybrid, variety testing, green mass, starch collection

Введение.

Продуктивность гибридов кукурузы – весьма сложный количественный признак, связанный с габитусом растения: высотой, скороспелостью, облиственностью и т.д. [1, 2, 3]. Продуктивность биомассы кукурузы зависит от ряда факторов, таких как климатические условия, и в первую очередь, дефицит тепла в вегетационный период, регионы возделывания, влагообеспеченность, холодостойкость, засоренность полей, корректного подбора гибридов по скороспелости (группа ФАО) [3, 4, 5]. Увеличение производства кукурузы на зеленый корм и силос для кормления крупного рогатого скота происходит в первую очередь за счет подбора адаптивных высокоурожайных гибридов, обладающих засухоустойчивостью и высоким качеством зеленой массы и высоким сбором крахмала.

В связи с этим цель исследований - выявить лучшие гибриды кукурузы по урожайности зеленой массы и другим хозяйственно-полезным свойствам, для выращивания по минимальной технологии на типичном чернозёме тяжёлого гранулометрического состава на юге Воронежской области.

Материалы и методика исследования.

Сортоиспытание гибридов кукурузы на силос закладывали как однофакторный опыт по схеме конкурсного сортоиспытания в степной зоне ЦЧР в 2018-2019 гг.

Погодные условия сезона 2018 г. характеризовались сухой погодой в мае, июне и августе (ГТК=0,3; 0,1 и 0,2 соответственно), избыточно влажной в июле (ГТК=1,9), слабо засушливой в сентябре (1,1) при том что среднесуточные температуры воздуха превышали среднемноголетние в среднем на +2,2⁰С. В сезоне 2019 г. май и июнь были относительно засушливыми (ГТК=0,8 и 0,5), июль избыточно влажным (ГТК=1,8), август и сентябрь - очень засушливыми (ГТК=0,7 и 0,6) с температурой воздуха близкой к среднемноголетним значениям.

Содержание в почве гумуса 6,6%, фосфора - 86 мг/100 г, калия -130 мг/100 г: Рн/Нг, мг экв / 100 г: 5,3-4,2. Предшественником была кукуруза на зерно. Перепревший навоз вносили под основную обработку почву в количестве 30 т/га; весной перед посевом - аммиачную селитру 0,2 т/га. Система обработки почвы состояла из глубокого рыхления на 30-32 см, весеннего закрытия влаги, культивации на 5-6 см, боронования.

Сортоиспытание гибридов кукурузы на силос закладывали как однофакторный опыт в степной зоне ЦЧР. Сравнивали 203 гибридов в 2018, 232 - в 2021 г. с нормой высева 80 тыс. шт./га, посевной площадью делянки 0,2 га в 4-х кратной повторности. Схему опыта закладывали по блокам в соответствии с группировкой гибридов по срокам созревания: раннеспелые ФАО до 200 ед. и средне-ранние ФАО 200-250 ед. и ФАО 260-300 ед.; среднеспелые ФАО 300-350 ед.

При достижении растениями гибридов в группе фазы проводили уборку на корм, когда 3/4 зерновки будут заполнены твёрдым крахмалом (молочная линия

3/4). Определяли урожайность биомассы, содержание сухого вещества (на основании результатов усредненных 2-х проб в 5 точках отбора каждой). Оценивали выход сухого вещества корма, содержание крахмала в сухом веществе и выход крахмала.

Результаты и обсуждение

Исследуемый сортимент на 28% был представлен отечественными гибридами, что характеризовало соотношение предложений на семенном рынке. В 2018 и 2019 гг. с ФАО до 200 ед. было изучено 22,2% и 55,2% гибридов соответственно; с ФАО 200-250 ед. – 30% и 15,9%; с ФАО 250-299 ед. – 28,6% и 17,7% и с ФАО 300-350 ед. – 19,2% и 11,2%.

В сезоне 2018 г. урожайность зеленой массы раннеспелых гибридов с ФАО 150-199 варьировала от 17,31 до 39,25 т/га, в 2019 г. от 17,14 до 34,99 т/га при 30,56 и 26,01 т/га у стандарта МАС 18Л (рис.1). При этом у среднеранних гибридов (ФАО 200-250) урожайность зеленой массы в 2018 г. была в пределах 22,88-44,88 т/га, в 2019 г. – 23,14-32,46 т/га при значениях 32,19 и 27,61 т/га у стандарта СИ Феномен соответственно.

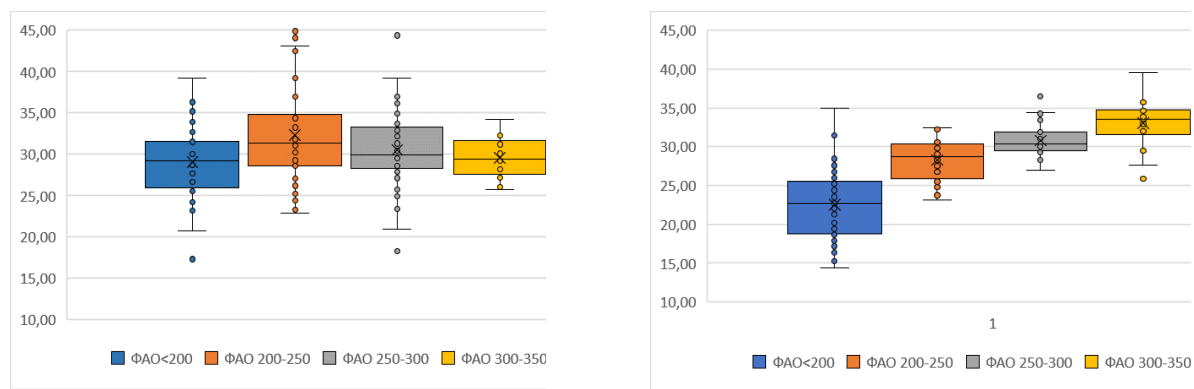


Рис 1 - Урожайность зеленого корма (натуральная) гибридов кукурузы разных групп спелости, т/га, а) 2018 г.; б) 2019 г.

Среднеранняя группа (ФАО 250-299) демонстрировала близкие к раннеспелой группе (ФАО до 199 и ФАО 200-250) с урожайностью от 18,31 до 44,38 т/га в 2018 г. и 26,97-36,47 т/га в 2019 г. при средних значениях 33,44 и 29,71 т/га у стандарта Адевей соответственно.

Для среднеспелых (ФАО 300-350) гибридов в условиях сезона 2018 г. урожайность зеленой массы изменялась от 26,06 до 34,25 т/га при том, в 2019 г. варьировала от 25,86 до 39,60 т/га (у стандарта 27,61 и 33,60 т/га).

Погодные условия сезона 2018 г. оказались более благоприятными для формирования зеленой массы гибридов с ФАО 200-250. В 2019 г. преимущество в формировании зеленой массы имели гибриды с большим вегетационным периодом вплоть до среднеспелых (ФАО 300-350) по сравнению с раннеспелыми.

В 2018 г. содержание сухого вещества у растений группы ФАО до 200 было в пределах 32,67-45,66%, ФАО 200-250 – 33,47-45,88%, ФАО 250-299 – 34,49 до 51,92 %, ФАО 300-350 – 41,6-52,63% (рис. 2) В 2019 г. у растений группы ФАО до 200 показатель изменялся от 39,56% до 57,18%, ФАО 200-250 – от 37,65% до 49,74%, ФАО 250-299 – от 36,17% до 45,61%, ФАО 300-350 – от 42,36 до 46,58%.

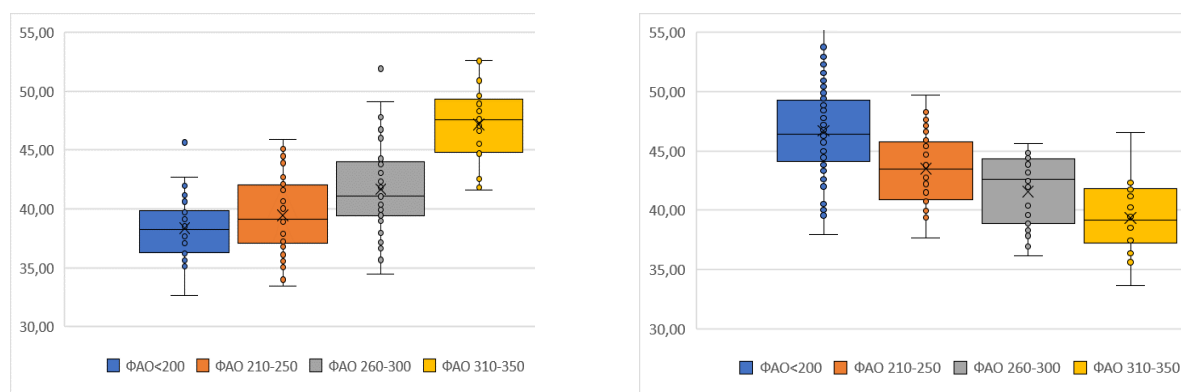


Рис. 2 – Содержание сухого вещества в зеленой массе гибридов разных групп спелости, %, а) 2018 г.; б) 2019 г.

Содержание сухого вещества было выше у более позднеспелых гибридов в 2018 г., и, наоборот в 2019 г. – у наиболее скороспелых.

Сбор сухого вещества (корма) в 2018 гг. у гибридов из группы ФАО до 200 оказался в пределах 8,24-14,92 т/га, в 2019 г. - 6,68-14,00 т/га при 12,38 и 11,73 т/га у стандарта МАС 18Л; у группы ФАО 200-250 – в 2018 г. 9,94-17,06 т/га, 9,86-14,18 т/га в 2019 г. при 13,08 и 18,73 т/га у стандарта СИ Феномен соответственно (рис.3а).

Сбор сухого вещества у растений гибридов ФАО 250-299 оказался в пределах 8,51-16,95 т/га в 2018 г. и 10,47-13,95 т/га в 2019 г. при 16,30 и 12,72 т/га у стандарта Адевей соответственно. Изменчивость признака у растений гибридов ФАО ≥ 300 была от 12,77 до 17,01 т/га в 2018 г. и от 11,62 до 14,44 т/га в 2021 при значениях у стандарта ДКС 4014 15,98 и 14,03 т/га (рис. 3б).

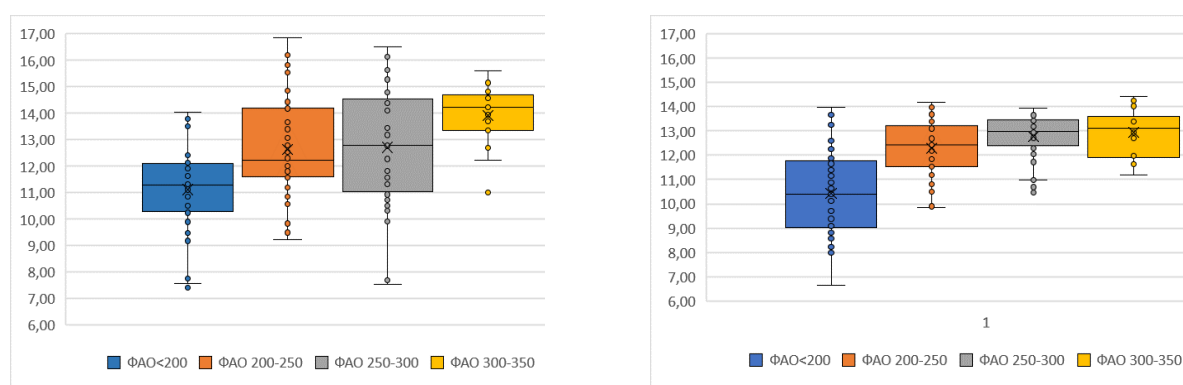


Рис. 3 – Урожайность сухого вещества (корма) зеленой массы гибридов кукурузы разных групп спелости, т/га С.В., а) 2018 г.; б) 2019 г.

Содержание крахмала в сухом веществе зеленой массы гибридов определено было выше у раннеспелых гибридов в 2018 г.; у гибридов остальных групп спелости различия были незначительны (рис. 4а). В 2019 г. лучшей были гибриды из группы ФАО до 200. Чем более позднеспелой была группа, тем меньше формировалось крахмала в сухом веществе зеленой массы (рис. 4б).

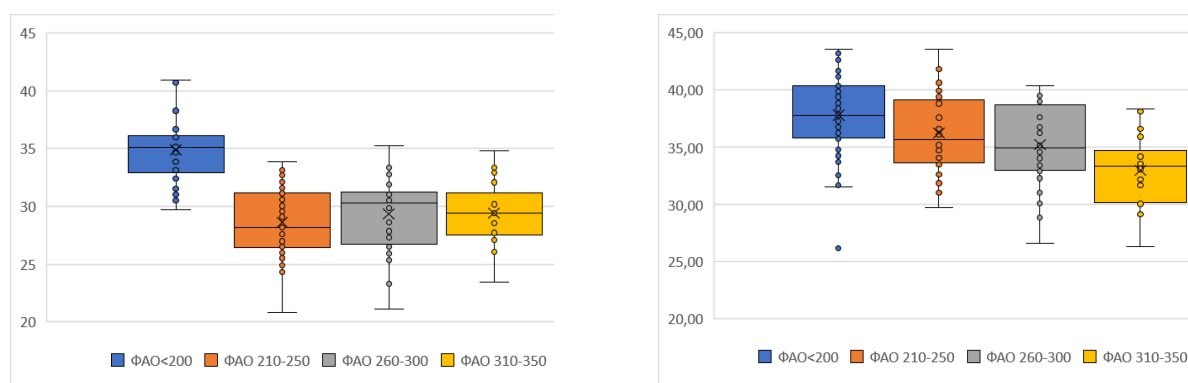


Рис. 4 – Содержание крахмала в сухом веществе зеленой массы гибридов разных групп спелости, %, а) 2018 г.; б) 2019 г.

Интегральным показателем энергетической оценки качества корма является сбор крахмала, который рассчитывается на основе урожайности сухого вещества зеленой массы и содержания крахмала в ней.

При широком размахе изменчивости данного признака в раннеспелой группе с ФАО 150-199, который был в пределах 2,60-5,38 т/га в 2018 г. и 2,18-6,07 в 2019 г. при значениях 4,12 и 4,57 т/га у стандарта МАС 18Л соответственно ($HSP_{005}=0,512$) (рис.5). Наибольшие показатели сбора крахмала в группе демонстрировали гибриды Анови (6,07 т/га), Белами (5,84 т/га), СИ Талисман (5,26 т/га), Компетенс (5,38 т/га), ДКС 3169 (5,16 т/га), ЛГ 30215 (5,08 т/га).

У гибридов среднеранней группы с ФАО 200-250 диапазон изменчивости признака составил 2,67-5,48 и 3,23-6,09 т/га в 2018 и 2019 гг. при значениях стандарта СИ Феномен 4,42 и 5,41 т/га соответственно ($HSP_{005}= 0,615$). Лучший сбор крахмала в группе был у СИ Фортаго (6,09 т/га), ДКС 3361 (5,48 т/га), DS 1382d (5,11 т/га), СИ Телиас (5,05 т/га).

Среднеранняя группа с ФАО 250-299 характеризовалась показателями сбора крахмала в пределах 2,18-5,65 т/га в 2018 г. и 2,79-5,45 т/га в 2019 г. при том, что стандарт Адевей показал 4,19 и 5,14 т/га. Лучший сбор крахмала в группе демонстрировали гибриды ДКС 3969 (5,65 т/га), Микси (5,25 т/га), Ладожский 292 МВ (4,80 т/га), ДКС 3730 (5,45 т/га), ЛГ 30267 (5,37 т/га).

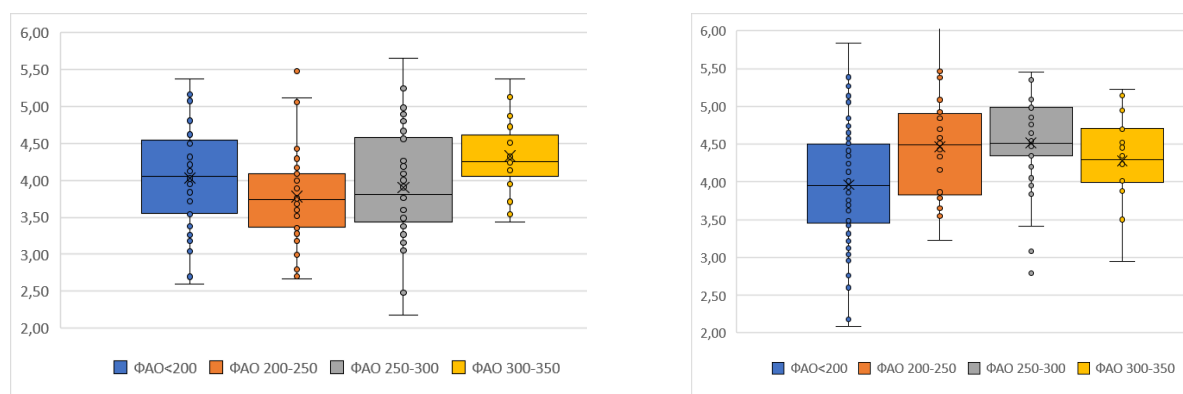


Рис. 5 – Расчетный сбор крахмала в сухом веществе зеленой массы гибридов разных групп спелости, т/га, а) 2018 г.; б) 2019 г.

Размах варьирования ключевого признака в группе ФАО >300 был в 2018

г. в пределах 3,64-5,37 т/га, в 2019 г. – 3,28-5,22 т/га при значениях 4,87 и 4,75 т/га у стандарта ДКС 4014 соответственно ($НСР_{005}=0,448$). Лучшие результаты в данной группе спелости показали гибриды П 9241 (5,22 т/га), П 9175 (5,14 т/га), Термо (5,37 т/га), Стелла (4,97 т/га т/га).

Анализ множественных коэффициентов корреляций между ключевыми показателями показал, что между урожайностью зеленой массы и содержанием сухого вещества связь отрицательная средняя ($R^2=-0,323\dots-0,649$). Между урожайностью сухого вещества и содержанием его в зеленой массе связь, как правило, была неустойчивой.

Сбор крахмала с единицы площади (как и накопление обменной энергии) демонстрировал неустойчивую корреляцию с содержанием сухого вещества, но устойчивую положительную с урожайностью (выходом) сухого вещества с единицы площади в разных группах спелости и разные годы ($R^2=0,577-0,924$).

Выводы

1. Вегетационные сезоны 2018-2019 гг. были в целом благоприятными для формирования зеленой массы гибридов кукурузы разных групп спелости до 35-40 т/га, обеспечивая сбор крахмала до 5-5,5 т/га.

2. Тренды в накоплении сухого вещества в зеленой массе гибридов в зависимости от групп спелости были противоположными: если в 2018 г. у более позднеспелых гибридов было больше сухого вещества, то в 2019 наоборот – у раннеспелых.

3. Сбор крахмала с гектара в большей степени зависел от урожайности сухого вещества ($R^2=0,577-0,924$).

Список литературы

1. Сотченко В.С. Перспективы производства зерна кукурузы в России // Кукуруза и сорго. – 2002. – №6. – С. 2-5.

2. Кукуруза (Выращивание, уборка, консервирование и использование) : учебно-методическое руководство / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006. – 390с

3. Балова Е.Р. Повышение эффективности использования кукурузы на зеленый корм и силос. Автореф. дисс.кандидата с.-х.н. – М. РГАУ-МСХА 2006 – 20 с.

4. Орлянский Н.А., Зубко Д.Г., Орлянская Н.А. Силосная продуктивность среднеспелых гибридов кукурузы в условиях Центрального Черноземья // Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 571-577.

5. Орлянский, Н.А. Селекция и семеноводство зерновой кукурузы на повышение адаптивности в условиях Центрального Черноземья : автореферат дис. ... доктора с.-х. наук – Воронеж – 2004. – 40 с.

© Гончаров С.В., 2024

Научная статья

УДК 633.854.78:581.192

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

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

БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аннотация. В статье представлены результаты изучения сортов и гибридов подсолнечника селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Маслосемена 23 генотипов подсолнечника оценивались по биохимическим показателям (сырой жир, сырой протеин, сырая клетчатка, сырая зола, БЭВ) и валовой энергии. В результате изучения выявлена вариабельность изучаемых признаков. Содержание «сырого

протеина» в маслосеменах изменялось в интервале 14,72-20,90%, сырого жира - 43,8-54,4%, сырой клетчатки - 18,55- 28,05%, сырой золы 3,09- 4,15%, БЭВ - 2,34-10,04%. Размах варьирования накопления валовой энергии составил 27,85- 30,20 МДж/кг.

Ключевые слова. Подсолнечник, сорт, гибрид, сырой жир, сырой протеин, сырая клетчатка, сырая зола, безазотистые экстрактивные вещества, валовая энергия.

L.A. Gudova, A.V. Lekarev, O.A. Polevay

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

BIOCHEMICAL ASSESSMENT AND ENERGY VALUE OF SUNFLOWER VARIETIES AND HYBRIDS

Annotation. The article presents the results of a study of sunflower varieties and hybrids selected by the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region». Oilseeds from 23 sunflower genotypes were evaluated for biochemical parameters (crude fat, crude protein, crude fiber, crude ash, BEV) and gross energy. As a result of the study, variability of the studied characteristics was revealed. The content of crude protein in oilseeds varied in the range of 14.72-20.90%, crude fat - 43.8-54.4%, crude fiber - 18.55-28.05%, crude ash 3.09-4.15%, BEV - 2.34-10.04%. The range of variation in gross energy accumulation was 27.85-30.20 MJ/kg.

Keywords. Sunflower, variety, hybrid, crude fat, crude protein, crude fiber, crude ash, nitrogen-free extractives, gross energy.

Подсолнечник (*Helianthus annuus L.*) – широко культивируемая культура, имеющая множество применений. Это масличная, силосная, кулисная и медоносная культура [2]. Подсолнечное масло применяют в пищевой промышленно-

сти, а также для выработки лаков, красок, мыла и получения биодизельного топлива. Продукты переработки семян подсолнечника (жмых) является ценными компонентом кормосмесей, так как в нем высокое содержание белка, отсутствие токсичных и антипитательных веществ, низкая себестоимость [3].

В настоящее время имеющиеся сорта и гибриды подсолнечника, характеризуются необходимыми товарными показателями (высокая урожайность, меньшая продолжительность вегетационного периода, устойчивость к болезням и вредителям и т.д.), биохимические же показатели семян подсолнечника представлены пока недостаточно. Химический состав семян подсолнечника и ее отдельных элементов может варьировать в зависимости от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий выращивания и агротехнических приемов возделывания подсолнечника [15].

Одним из главных показателей семян подсолнечника является его масличность. Под масличностью понимают содержание сырого жира и сопровождающих его жироподобных веществ, переходящих вместе с жиром в эфирную вытяжку из исследуемых семян [1]. По литературным данным процентное содержание в различных сортах и гибридах жиров (липидов) изменяется от 42,12 до 54,31%. [12]. При повышенной масличности семян (повышение содержания липидов в околоплоднике), увеличивается количество азотосодержащих веществ и снижается содержание клетчатки [14].

Значимой составной частью химического состава семян являются вещества белкового характера (протеины). Их количество по литературным данным составляет 17,5–32,2%. Белки семян подсолнечника характеризуются высокой пищевой ценностью. Их используют для обогащения незаменимыми аминокислотами хлебобулочных и кондитерских изделий, а также в качестве белкового компонента в производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных [1].

Содержание клетчатки варьирует в интервале 19,4–23,6% [11]. Клетчатка в основном содержится в оболочке (лузге), в ядре ее доля невелика: 2–5%. Высо-

комолекулярные полисахариды в семенах представлены гемицеллюлозой и пектиновыми веществами. Семена подсолнечника богаты минеральными веществами, как по их общему содержанию (% сырой золы), так и по набору различных макро- и микроэлементов [16]. По данным ВНИИМК, содержание сырой золы в семянке в целом изменяется от 2,82 до 3,50%. Безазотистые экстрактивные вещества составляют 6,6-9,3% [8]. В основном эта группа представлена углеводами.

Цель исследований - оценка основных биохимических показателей сортов и гибридов подсолнечника, выращиваемых в почвенно-климатических условиях Саратовской области.

Методика исследований. Исследования проводили в 2023 г. на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». В изучении находилось 23 сорта и гибрида подсолнечника местной селекции, которые высевали на шестирядковых делянках. Площадь делянки - 20 м². Повторность трехкратная. Густота стояния растений – 45 тыс. раст./га. В качестве стандарта использований высевали гибрид ЮВС 3. Посев проводили 19 мая. Входы появились 31 мая. Уборка проведена во второй декаде сентября. Агротехника возделывания зональная. Все учеты, измерения и вычисления проводились в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [4-7, 9,10, 13].

Период начального роста и развития подсолнечника в 2023 г. проходил при средней температуре воздуха 16,2-18,3⁰С и достаточном увлажнении. Благоприятные погодные условия для сортов и гибридов подсолнечника складывались в фазу образования корзинки. Температура воздуха в период начала цветения (3-я декада июля) сортов и гибридов составила 22,5⁰С, что выше среднемноголетних значений на 3,2⁰С., а осадков выпало 11,6 мм, что на 5,4 мм ниже среднемноголетних значений. Первая декада августа также была жарче и суше, в сравнении с многолетними данными. Пониженная влажность воздуха негативно отразилась на завязываемости. Низкий уровень влагообеспеченности пришелся и на период налива семян, что в итоге сказалось на величине семянки, ее крупности. В целом

сумма эффективных температур за период вегетации составила 1937⁰С. Гидротермический коэффициент (май-1-я декада сентября) – 0,87.

Результаты исследований. Оценка биохимического состава маслосемян сортов и гибридов подсолнечника показала варьирование содержания питательных компонентов (таблица 1). Кормовая ценность любого корма во многом определяется химическим составом, и в первую очередь аккумуляцией в нем биологически полноценного протеина. Содержание сырого протеина изменялось в интервале 14,72-20,90 %. Наиболее высокобелковым оказались семена гибрида подсолнечника ПГ 3116-51. Содержание сырого протеина у стандарта гибрида ЮВС 3 составило 16,42%. Достоверное превышение над стандартом определено у 10 сортов и гибридов. Значение признака выше среднего выявлено у сортов Саратовский 21, ЮВ 1071 и гибридов ПГ 26-966, ПГ 3116-966, ПГ 3116-51. Следует отметить незначительную изменчивость признака, коэффициент – 8,2%.

Содержание липидов как важных источников энергии и незаменимых биологически активных соединений варьировало в диапазоне 43,8-54,4%. Признак характеризовался невысокой степенью изменчивости ($V=5,95\%$). Содержание сырого жира выше 50,0% выявлено у 15 генотипов из 23. Значение признака существенно выше, чем у стандарта определено у следующих генотипов: Саратовский 20, Скороспелый 87, Саратовский 85, ПГ26-934, ПГ 26-966, ПГ 26-935, ПГ 16ор.-966. ПГ 3116-Ати, ПГ 16ор.-50

Важной характеристикой корма также служит содержание клетчатки: ее избыток снижает питательность, при недостатке нарушается работа пищеварительной системы. Установлены значимые различия по содержанию сырой клетчатки в маслосеменах подсолнечника (18,55-28,05%). Высокое содержание характерно для семян сорта Саратовский 21. У стандарта содержание клетчатки составило 25,42%. Содержание сырой клетчатки на уровне среднего значения выявлено у ЮВС 3, Саратовский 21, ЮВС 8, ПГ 26-934, ПГ 3116-966. Коэффициент вариации составил – 9,4%.

Сорта и гибриды подсолнечника также различались по степени аккумуляции зольных элементов. Содержание сырой золы изменялось от 3,09 до

4,15%. максимальное значение признака установлено у сорта Саратовский 21. Безазотистые экстрактивные вещества изменялись от 2,34% до 10,88%. Относительное высокое содержание БЭВ характерно для маслосемян гибридов: ПГ 32-966, ПГ 16ул. -966.

Таблица 1. - Биохимический состав маслосемян сортов и гибридов подсолнечника, 2023 г.

№ п/п	Сорт/гибрид	Содержание веществ в а. с. с., %				
		сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки	сырой золы	БЭВ
1.	ЮВС 3 (St)	16,42	50,08	25,42	3,28	4,80
2.	Саратовский 20	16,09	52,40	23,56	4,15	3,80
3.	Саратовский 21	19,43	44,20	28,05	3,89	4,43
4.	Скороспелый 87	17,84	52,12	23,00	3,40	3,65
5.	ЮВ1071	18,11	51,80	23,88	3,54	2,67
6.	Саратовский 85	16,98	52,30	22,46	3,48	4,78
7.	ЮВС 8	15,80	46,70	25,69	3,64	8,17
8.	Эверест	17,35	49,20	21,00	3,54	8,91
9.	ПГ 26-50	15,96	51,07	22,47	3,53	6,97
10.	ПГ 26-934	14,72	52,11	25,23	3,58	4,36
11.	ПГ 26-966	18,30	54,06	22,02	3,24	2,37
12.	ПГ 26-935	14,86	53,27	21,85	3,39	6,61
13.	ПГ 32-935	16,60	49,01	21,56	3,46	9,38
14.	ПГ 32-50	15,59	51,90	22,79	3,27	6,45
15.	ПГ 32-966	17,45	47,70	20,17	3,80	10,88
16.	ПГ 3116-51	20,90	43,80	22,04	4,15	9,11
17.	ПГ 3116-935	17,11	50,10	21,47	3,47	7,86
18.	ПГ 3116-966	18,93	44,80	25,16	3,90	7,22
19.	ПГ 3116-51	17,44	51,00	23,64	3,36	4,56
20.	ПГ 3116-Ати	17,51	52,01	20,07	3,09	7,32
21.	ПГ 16ор.-50	17,31	52,12	21,29	3,44	5,87
22.	ПГ 16ор.-966	17,36	54,40	18,55	3,45	6,24
23.	ПГ 16у.-966	17,22	47,20	22,14	3,40	10,04
НСР ₀₅		0,92	1,93	1,36	0,17	1,54
X		17,18	50,14	22,76	3,54	6,37
min		14,72	43,80	18,55	3,09	2,34

max	20,90	54,40	28,05	4,15	10,88
V, %	8,2	5,95	9,4	7,7	37,3

Под валовой энергией подразумевают химическую энергию его питательных веществ. По накопленной валовой энергии в 1 кг сухого вещества маслосемян подсолнечника, генотипы различались незначительно: диапазон изменчивости составил от 27,85 (ПГ3116-51) до 30,20 МДж/кг (ПГ 16ор.-966). Стандарт, гибрид ЮВС 3 характеризовался валовой энергией - 29,17 МДж/кг. У экспериментальных гибридов ПГ 26-966, ПГ 26 -935, ПГ 3116-Ати, ПГ 16ор.-50, ПГ 16 ор.-966 содержание валовой энергии достоверно выше стандарта. Низкое содержание валовой энергии выявлено у сорта подсолнечника Саратовский 21 и экспериментальных гибрида ПГ 3116-51.

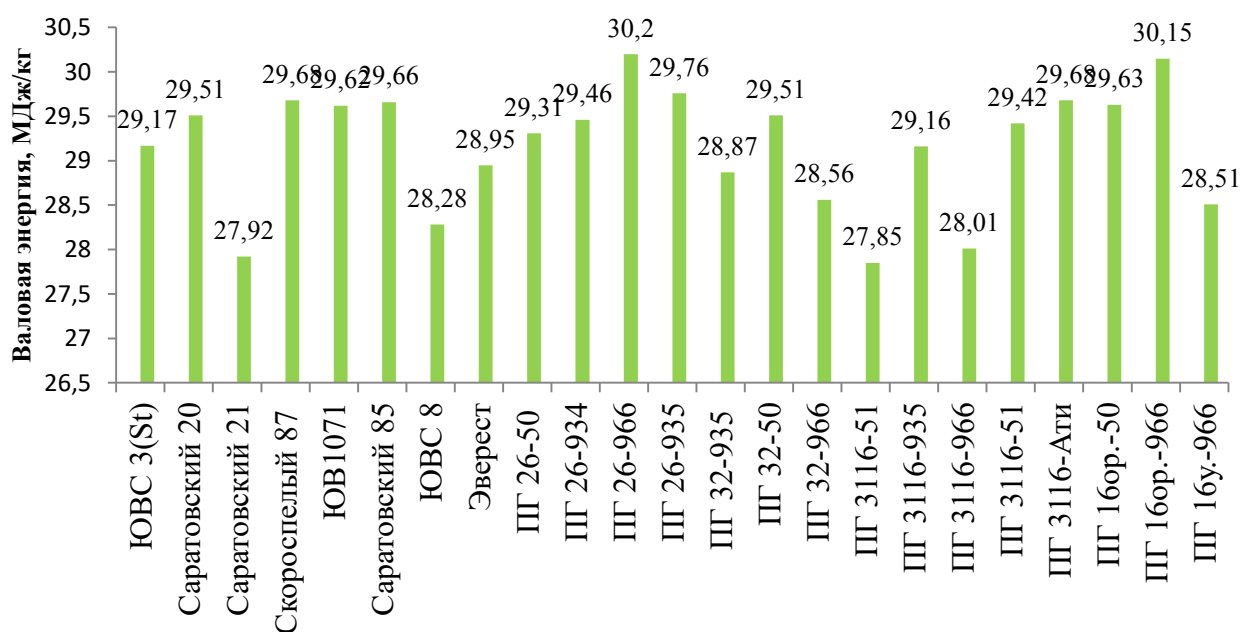


Рисунок 1. Энергетическая ценность маслосемян сортов и гибридов подсолнечника, 2023 г.

Среднее значение накопления валовой энергии среди изучаемых генотипов составило 29,16 МДж/кг. Восемь гибридов из 23 достоверно превосходят средний показатель, девять - на уровне среднего значения.

Заключение. Определение биохимического состава маслосемян подсолнечника и расчет валовой энергии позволил оценить сорта и гибриды подсолнечника селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» по питательной ценности маслосемян и определить генотипы с относительно высокими показателями. По содержанию сырого протеина выделился гибрид подсолнечника ПГ 3116-50 (20,90%); сырого жира - ПГ 26-966 (54,06%), ПГ 26-935 (53,27%), ПГ16ор.-966 (54,40%); сырой клетчатки - Саратовский 21 (28,05%). Высокое содержание сырой золы (4,15%) определено у генотипов ПГ3116-51, Саратовский 20; безазотистых экстрактивных веществ (более 10,0%) у ПГ32-966, ПГ 16у.-966. Относительно высокое содержание валовой энергии характерно для маслосемян гибридов подсолнечника ПГ 26-966, ПГ 16 ор.-966.

Список литературы

1. Агафонов О.С., Прудников С.М. Определение масличности семян подсолнечника по натуральным образцам подсолнечного масла: на примере градуировки импульсного ЯМР-анализатора // Эталоны. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 2. С. 61–71. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-2-61-71>
2. Буряков Ю.П. Индустриальная технология возделывания подсолнечника – М.: Высшая школа, 1983 – 190 с.
3. Воронова Н. С. Исследование физиолого-биохимических показателей современных гибридов семян подсолнечника с различным жирнокислотным составом и подсолнечного жмыха как источника белковых веществ // Молодой ученый. — 2016. — № 23 (127). — С. 30-32. — URL: <https://moluch.ru/archive/127/35146/> (дата обращения: 28.03.2024).
4. ГОСТ 10846-91. Межгосударственный стандарт. Метод определения белка. Зерно и продукты его переработки. – Взамен ГОСТ 10846-74; введ. 01.06.1993 - Москва: Стандартинформ, 2009. – 6 с.
5. ГОСТ 13496.15-2016 Межгосударственный стандарт. Метод определения сырого жира. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. - Взамен ГОСТ 13496.15-97; введ. 01.01.2018 - Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

6. ГОСТ 13496.2-91. Межгосударственный стандарт. Метод определения сырой клетчатки. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. - Взамен ГОСТ 13496.2-84; введ. 01.07.1992 - Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 6 с.

7. ГОСТ 26226-95 Межгосударственный стандарт. Метод определения сырой золы. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. - Взамен ГОСТ 26226-84; введ. 01.01.1997 - Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 8 с.

8. Дублянская Н.Ф., Малышева А.Г. Масличные и эфиромасличные культуры (Труды за 1912-1962 гг.) – М., 1963. – С. 248-278.

9. Лакин Г.Ф. Биометрия - М: Высшая школа, 1990.– 352 с.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 2019 - 319 с.

11. Морозова И.М., Мазурова Н.Н., Морозов И.М. Биохимический состав семян масличных культур, используемых при производстве кормовой продукции // Веснік ВДУ. – 2022 – № 1(114) С 48-53.

12. Мустафаев С.К. Технология отрасли (приемка, обработка и хранение масличных семян) – СПб.: Гиорд, 2012 – 350 с.

13. Петухова Е.А, Бессарабова Р.Ф., Халенева Л.Д., Антонова О.А. Зоотехнический анализ кормов. – М., Агропромиздат. – 1989. – 239 с.

14. Пустовойт В.С. Подсолнечник. – М.: Колос, 1975. - 592 с.

15. Сулейманов С.Р. Биологические препараты в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена в условиях республики Татарстан: дис-я на соиск. уч. ст. кандидата с.-х. наук по специальности 06.01.04. Казань. – 2015. 204 с.

16. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. – М.: «Пищевая промышленность», 1969. – 456 с.

© Гудова Л.А., Лекарев А.В, Полевая О.А., 2024

Научная статья

УДК 633.152

С.А. Гусева

ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт кукурузы и сорго, г. Саратов, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ГЕТЕРОЗИСА У ГИБРИДОВ F1 САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ ПО МЕЖФАЗНЫМ ПЕРИОДАМ ВЕГЕТАЦИИ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Аннотация. В статье приведены результаты изучения 48 сортообразцов коллекции сахарной кукурузы, а также эффектов истинного и гипотетического гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по следующим признакам: вегетационный период «всходы-цветение початка», «высота растений», «высота крепления початка». Выделены сортообразцы и перспективные гибриды F1 с наиболее высокими показателями изучаемых признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, гетерозис, гибрид F1, высота растений, высота прикрепления початка

S.A. Guseva

FSBSI Federal State Scientific Institute of Sorghum and Maiz “Rossorgo”, Saratov, Russia

STUDYING THE EFFECTS OF HETEROSIS IN F1 HYBRIDS OF SUGAR CORN ACCORDING TO INTERPHASE PERIODS OF VEGETATION AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTS

Annotation. The article considers the results of studying the 48 sweet corn varieties and hybrids F1 obtained on their basis for “the young growth-flowering cob”, “plants’

height", "cob attachment height". The results of studying the effect of true and hypothetical heterosis are presented. The best genotypes and promising hybrids have been identified for further studying.

Keywords: sweet (vegetable) corn, heterosis, hybrid F1, "plants' height", "cob attachment height"

Сахарную кукурузу можно дифференцировать по различным параметрам: уровень содержания сахара, срок созревания, габитус и т.д. Любой признак становится особенно ценным, если он свойственен генотипу, дающим при скрещивании эффект гетерозиса. Высокий спрос на эту культуру определяет необходимость создания наиболее раннеспелых сортов и гибридов с оптимальной высотой растений и высотой крепления початка, пригодных к механизированному возделыванию [1, 2]. Поэтому одной из задач исследования являлось изучение истинного и гипотетического гетерозиса у гибридов F1 сахарной кукурузы по вышеуказанным признакам.

Материал и методика.

В качестве исходного материала использовали 10 сортов отечественной селекции (20,8%): Сахарная ранняя, Услада, Лакомка, Ранняя Лакомка, Алина, Краснодарский Сахарный 250, линия РССК 87-1, линия РССК 87-5, Забава, Цукерка, а также 38 образцов коллекции ВИР им.Н.И. Вавилова: Россия (4%), США (50,2%), Канада (15%), Германия (4%), Великобритания (2%), Франция (2%), Румыния (2%) (рис. 1).

В 2022 г. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» был проведен посев генотипов сахарной кукурузы и гибридов F1, полученных при скрещивании образцов с тестерами Цукерка и Забава. Оценку вегетационного периода и морфометрические измерения проводили по общепринятым методикам [3]. Статистическую обработку результатов исследования выполняли по методике Б.А.Доспехова с помощью программы «AGROS 2/09» [4].

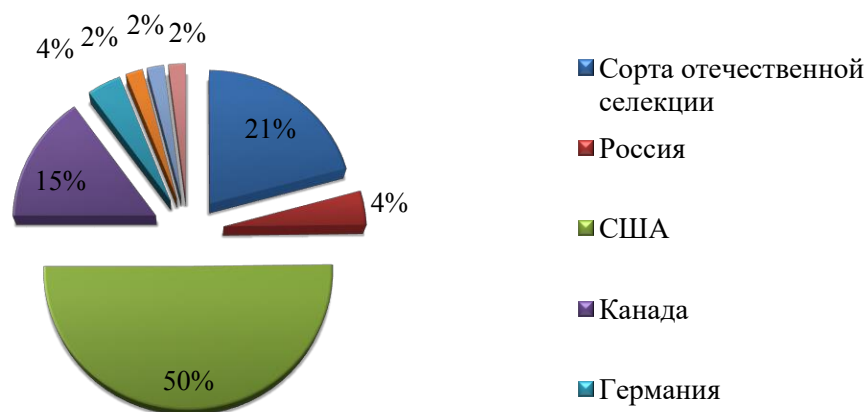


Рис.1. Происхождение образцов коллекционного питомника сахарной кукурузы

Истинный гетерозис рассчитывали по формуле отношения разности гибрида F1 и лучшего родителя к лучшему родителю. Гипотетический – по отношению разности гибрида F1 и среднего показателя обоих родителей к среднему значению обоих родителей.

Результаты исследования. Значения дисперсии и коэффициента вариации выявили значительное разнообразие среди сортообразцов сахарной кукурузы по высоте прикрепления початка ($V > 20\%$) и среднее – по признакам «всходы-цветение початка» и «высота растений» ($V = 10 \dots 20\%$) (таблица 4.1).

Таблица 1 - Статистические параметры межфазных периодов вегетации и морфометрических признаков коллекционного питомника сахарной кукурузы, 2022 г.

Параметр	Высота растений	Высота крепления початка	Всходы-цветение початка
Кол-во наблюдений	48	48	48
Среднее, \bar{x}	164,81	43,98	53,4
Дисперсия, s^2	511,21	160,27	32,67
Стандартное отклонение, s	22,61	12,66	5,72
Ошибка средней, $s_{\bar{x}}$	3,26	1,83	0,83
Коэффициент вариации, V	13,72	28,79	10,7
Мин.	111,28	14,32	42
Макс.	201,73	66,12	61

Вариабельность признака «всходы-цветение початка» составила 42...61 сут. Наиболее короткий период (до 45 сут.) отметили у образцов: к-1115, к-5691, РССК-87-5, РССК 87-1. Позднеспелыми по данному признаку можно считать генотипы: к-4593, Лакомка, к-4444, к-4452.

Одним из направлений современной селекции сахарной кукурузы является пригодность к механизированному возделыванию: оптимальная высота растений в пределах 150...200 см и высота крепления початка - не ниже 30 см.

Высота растений варьировала от 111,28 до 201,73 см (таблица 4.2). Наиболее высокими оказались образцы: к-1115, Цукерка, к-295; низкими: к-12831, РССК 87-1.

По высоте крепления початка лимиты средних значений составили: min(14,32 см) и max(66,12 см). Высокие значения демонстрировали образцы: к-4468, к-4593, к-4456; низкие: РССК 87-5, РССК 87-1.

Таблица 2 – Характеристика сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы по межфазным периодам вегетации и морфометрическим признакам, 2022 г.

Сортообразец	Всходы-цветение початка, сут.	Высота растений, см	Высота крепления початка, см
к-3151	51	158,8	33,4
к-1585	46	131,8	20,1
к-4411	45	141,9	28,9
к-4466	54	157,6	35,3
к-5768	54	173,8	39,5
к-23867	54	154,6	23,9
Алина	45	179,7	34,5
к-295	55	176,0	45,2
к-1115	44	137,8	21,0
к-4455	59	182,7	37,2
к-4468	58	201,7	41,5
к-4471	58	184,1	36,7
к-4475	54	191,5	42,8
к-4593	61	175,2	38,8
к-4604	55	177,9	32,7
к-5653	55	143,0	33,3
к-5811	55	164,6	40,6
к-1976	51	160,6	42,5

Забава	56	157,6	38,2
Цукерка	54	177,0	39,9
Цукерка белозерная (отбор)	54	188,4	46,1
Услада	58	200,0	48,8
Лакомка	61	186,6	40,7
Ранняя Лакомка	58	187,5	37,7
Краснодарская сахарная 250-	56	171,8	33,2
к-103	58	154,6	34,8
к-104	56	154,5	31,7
к-291	51	190,4	49,0
к-4452 (I ₁)	57	159,5	44,0
к-4442	57	195,7	35,8
к-4444	61	168,9	42,3
к-4452	61	178,9	53,6
к-4456	59	200,7	46,7
к-4472	61	167,4	37,7
к-295	56	172,7	42,4
к-4840	58	183,5	46,1
к-4472	55	198,8	41,9
к-5467	61	150,5	23,6
к-5691	42	145,4	24,0
к-5819	46	145,2	25,7
к-5835	50	143,5	33,3
к-12631	45	150,6	24,1
к-12831	45	130,7	36,4
к-13804	51	145,8	23,4
РССК 87-5	43	115,9	40,8
к-13807	49	150,0	21,7
к-23261	48	134,0	15,0
РССК 87-1	42	111,3	20,1
F _{факт.}	7553,14*	25,48*	29,22*
НСР _{0,05}	0,31	12,57	6,57

С целью создания гибридов F1 были проведены топкроссные скрещивания сортообразцов с тестерами Цукерка и Забава. При анализе истинного и гипотетического гетерозиса полученных гибридов F1 по межфазному периоду «всходы-цветение початка» ориентировались на отрицательные показатели. Выявили низкую частоту гетерозиса с тестером Цукерка: истинного (10,52 %), гипотетического (21,05 %), а также с тестером Забава: истинный (13,04 %), гипотетический (13,04 %) (рисунок 2-3). У образца Алина зафиксировали высокий процент превосходства потомства над родительскими формами в комбинации скрещивания с тестером Цукерка. У большинства полученных гибридов по признаку «всходы-цветение початка» гетерозис отсутствовал, и комбинации скрещиваний

оказались более раннеспелыми, чем исходные формы. Низкие значения зафиксировали у гибридов F1: Цукерка/к-4593, Цукерка/к-4452, Забава/1115, Забава/к-4411, Забава/Лакомка, Забава/к-5819, Забава/к-4604, Забава/к-5653.

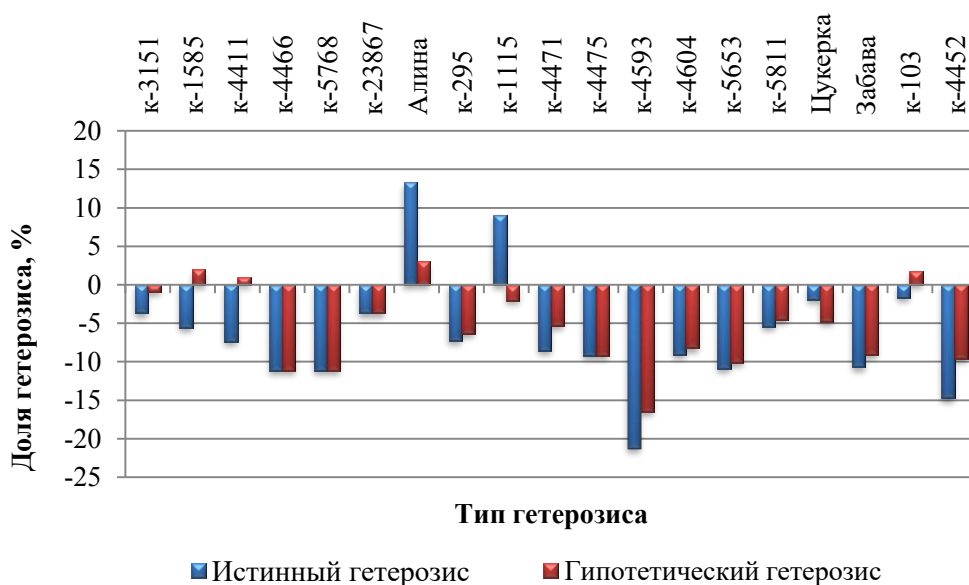


Рисунок 2 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «всходы-цветение початка» с тестером Цукерка, 2022 г.

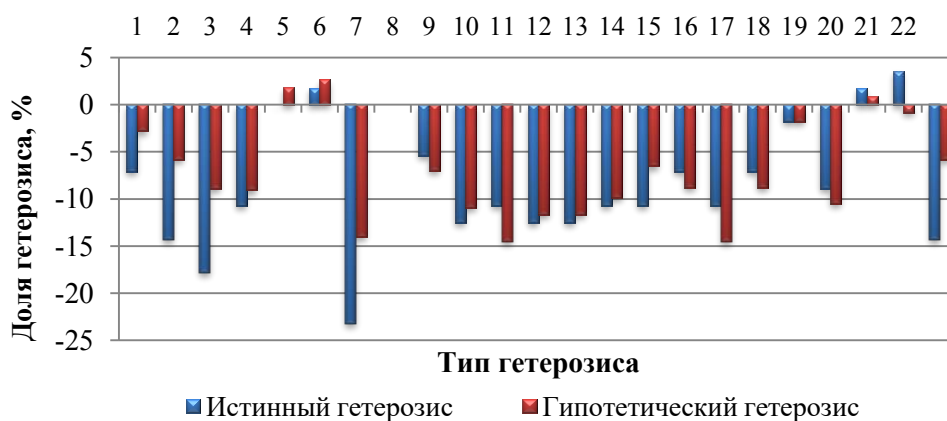


Рисунок 3 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «всходы-цветение початка» с тестером Забава, 2022 г.

Примечания: 1 - к-3151, 2-к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-23867, 6 - к-295, 7 - к-1115, 8 - к-4455, 9 - к-4477, 10- к-4475, 11 - к-4593, 12 - к-4604, 13 - к-5653, 14 - к-5811, 15 - Цукерка, 16 - Услава, 17 - Лакомка, 18 - Ранняя лакомка, 19 - Краснодарский сахарный 250, 20 - к-103, 21 - к-4442, 22 - к-4452, 23 - к-5819

По высоте растений выявили следующую частоту гетерозиса с тестерами Цукерка и Забава: истинного (72,22 % и 43,48 %), гипотетического (83,33 % и 73,91 %) соответственно (рисунки 4-5). Высокий эффект превосходства гибридов F1 над родительскими формами был зафиксирован у гибридов: Цукерка/к-3151, Цукерка/к-295, Цукерка/к-4475, Цукерка/к-4593, Цукерка/к-4604, Забава/к-4466, Забава/к-5653

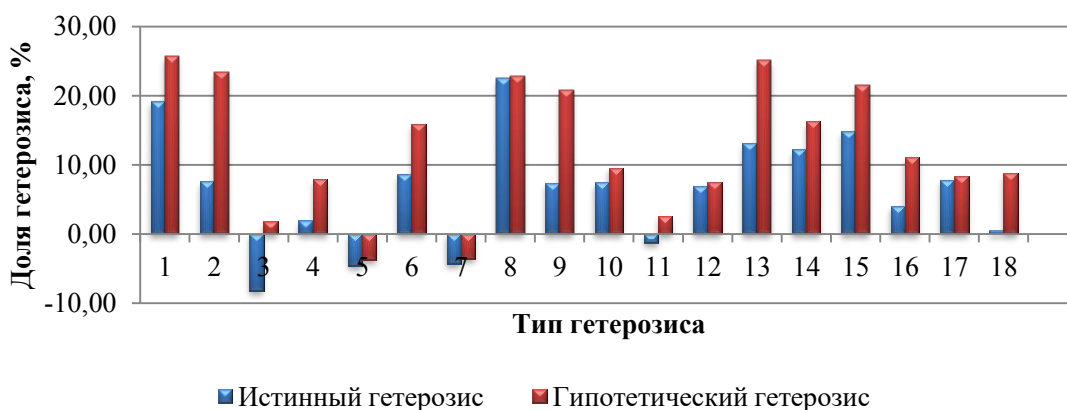


Рисунок 4 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «высота растений» с тестером Цукерка, 2022 г.

Примечания: 1 - к-3151, 2 - к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-5768, 6 - к-23867, 7 - Алина, 8 - к-295, 9 - к-1115, 10 - к-4471, 11 - к-4475, 12 - к-4593, 13 - к-5653, 14 - к-5811, 15 - Забава, 16 - к-103, 17 - к-4452, 18 - к-13807

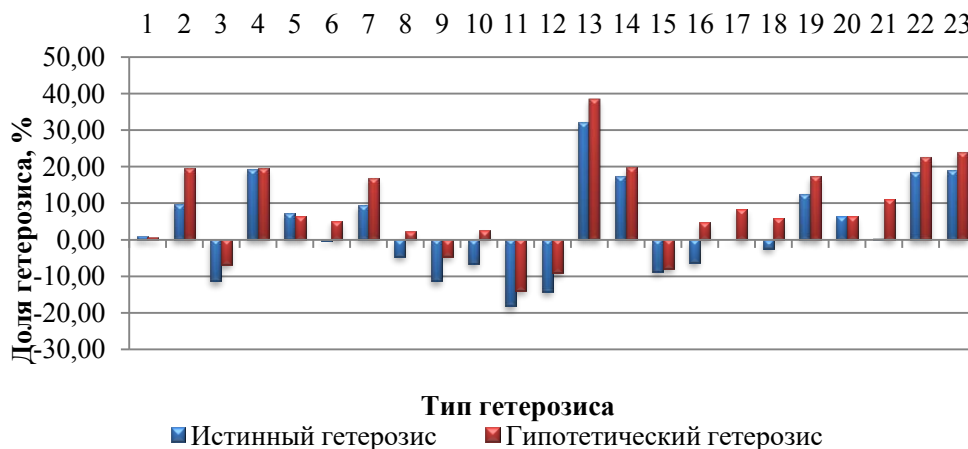


Рисунок 5 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «высота растений» с тестером Забава, 2022 г.

Примечания: 1 - к-3151, 2-к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-23867, 6 - к-295, 7 - к-1115, 8 - к-4455, 9 - к-4477, 10- к-4475, 11 - к-4593, 12 - к-4604, 13 - к-5653, 14 - к-5811, 15 - Цукерка, 16 - Услава, 17 - Лакомка, 18 - Ранняя лакомка, 19 - Краснодарский сахарный 250, 20 - к-103, 21 - к-4442, 22 - к-4452, 23 - к-5819

По высоте прикрепления початка в скрещиваниях с тестером Цукерка доля истинного гетерозиса составила 41,18% с генотипами: к-3151, к-1585, к-23867, к-295, к-5811, к-4452 и Забава, а гипотетического с этими же образцами плюс к-4466 и к-5653 (рисунок 6). У гибридов F1 с тестером Забава установили 21,74% истинного гетерозиса и 30,43% гипотетического (рисунок 7). При этом высокие показатели выявили у комбинаций скрещивания с образцами Цукерка (>40%), к-4452 (>20%), Услава.

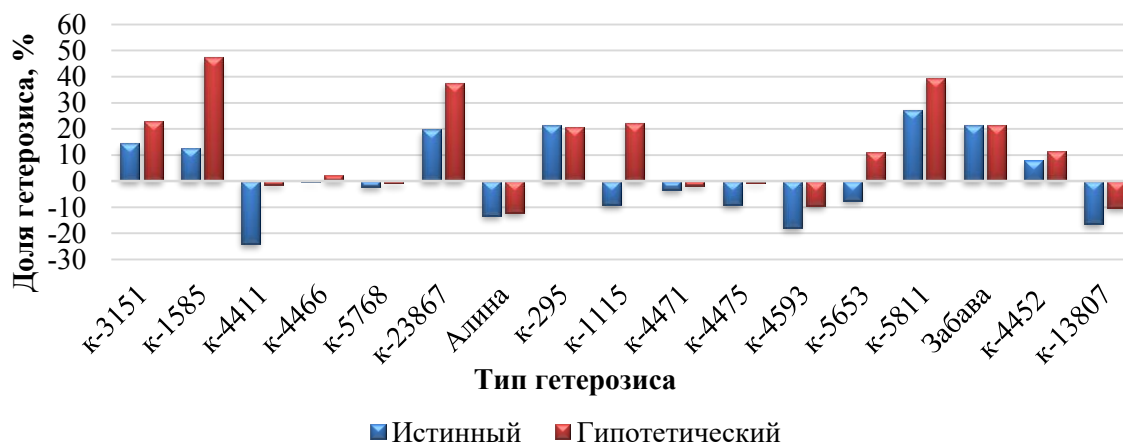


Рисунок 6 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «высота прикрепления початка» с тестером Цукерка, 2022 г.

Примечания: 1 - к-3151, 2 - к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-5768, 6 - к-23867, 7 - Алина, 8 - к-295, 9 - к-1115, 10 - к-4471, 11 - к-4475, 12 - к-4593, 13 - к-5653, 14 - к-5811, 15 - Забава, 16 - к-103, 17 - к-4452, 18 - к-13807

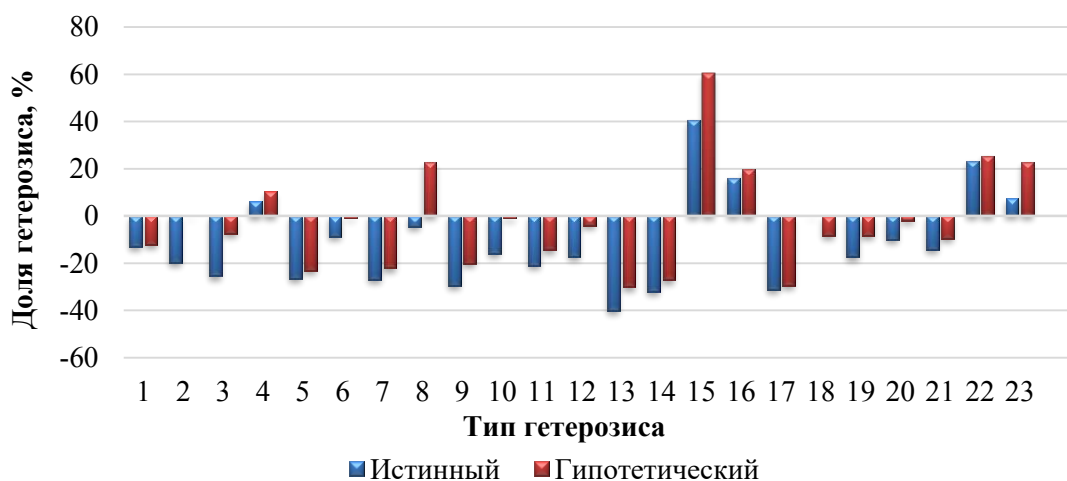


Рисунок 7 - Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «высота крепления початка» с тестером Забава, 2022 г.

Примечания: 1 - к-3151, 2-к-1585, 3 - к-4411, 4 - к-4466, 5 - к-23867, 6 - к-295, 7 - к-1115, 8 - к-4455, 9 - к-4477, 10- к-4475, 11 - к-4593, 12 - к-4604, 13 - к-5653, 14 - к-5811, 15 - Цукерка, 16 - Услава, 17 - Лакомка, 18 - Ранняя лакомка, 19 - Краснодарский сахарный 250, 20 - к-103, 21 - к-4442, 22 - к-4452, 23 - к-5819

Заключение. Значительное разнообразие среди сортообразцов сахарной кукурузы выявлено по высоте крепления женского соцветия, среднее – по признакам «всходы-цветение початка» и «высота растений».

По признаку «всходы-цветение початка» у гибридов с тестерами Цукерка и Забава выявили низкую частоту гетерозиса, у большинства комбинаций скрещивания гетерозис отсутствовал. Выявлены наиболее раннеспелые тестерные гибриды: Цукерка/к-4593, Цукерка/к-4452, Забава/1115, Забава/к-4411, Забава/Лакомка, Забава/к-5819, Забава/к-4604, Забава/к-5653.

По высоте растений с тестером Цукерка у большинства комбинаций скрещиваний выявлены эффекты гетерозиса. Наибольшие показатели превосходства над родительскими формами установлены у экспериментальных гибридов: Цукерка/к-3151, Цукерка/к-295, Цукерка/к-4475, Цукерка/к-4593, Цукерка/к-4604, Забава/к-4466, Забава/к-5653.

По высоте прикрепления початка в скрещиваниях с тестером Цукерка доля истинного гетерозиса составила 41,18% с генотипами: к-3151, к-1585, к-23867, к-

295, к-5811, к-4452 и Забава, а гипотетического с этими же образцами плюс к-4466 и к-5653. У гибридов F1 с тестером Забава установили 21,74% истинного гетерозиса и 30,43% гипотетического. При этом высокие показатели выявили у комбинаций скрещивания с образцами Цукерка (>40%), к-4452 (>20%), Услава.

Список литературы

1. Капустин А.А. Оценка районированных сортов и гибридов сахарной кукурузы на пригодность к механизированной уборке // Тр.по прикладной ботанике, генетике и селекции. Ленинград : 1981. Т.70. вып.1. С.113-117.

2. Kaukis K., Davis D.W. Sweetcorn breeding // Breeding vegetables crops. Westport. 1986. P.155-519.

3. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред.председателя Госкомиссии по испытанию с.-х. культур при МСХ СССР, доктора с.-х. наук М.А.Федина. Москва : 1983. выпуск третий. 263 с.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 2011. 290 с.

© Гусева С.А., 2024

Научная статья

УДК 635.67:527.32

С.А. Гусева, О.Б. Каменева

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ГЕТЕРОЗИСА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ ВОДОРАСТВОРИМЫХ САХАРОВ

Аннотация. В статье приведены результаты предварительной оценки эффектов

гетерозиса экспериментальных гибридов сахарной кукурузы по содержанию водорастворимых сахаров. Были проведены скрещивания двадцати сортообразцов коллекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова с тестерами: Цукерка, Забава, к-103. Наибольшая доля обоих типов гетерозиса зафиксирована у тесткросса Забава/Цукерка. У комбинаций скрещивания образца к-4471 с двумя тестерами (Цукерка и к-103) выявлено невысокое, но положительное превосходство потомства над родительскими формами. Также относительно высокие показатели гетерозиса отметили при скрещивании генотипов к-4411 с тестером Цукерка и к-4475 – с тестером к-103.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, водорастворимые сахара, истинный гетерозис, гипотетический гетерозис, гибрид, скрещивание

S.A. Guseva, O.B. Kameneva

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

THE EFFECTS GRADE OF SWEET CORN EXPERIMENTAL HYBRIDS HETEROSIS BY THE WATER SOLUBLE SUGARS CONTENT

Annotation. The article presents the results of a preliminary assessment of the effects of heterosis in experimental sweet corn hybrids based on the content of water-soluble sugars. Twenty varieties from the VIGRR collection were crossed with testers: Tsukerka, Zabava, k-103. The largest proportion of both types of heterosis was recorded in the Zabava/Tsukerka test cross. In combinations of crossing sample k-4471 with two testers (Tsukerka and k-103), a low but positive superiority of the offspring over the parental forms was revealed. Also, relatively high rates of heterosis were noted when crossing genotypes k-4411 with the Tsukerka tester and k-4475 with the k-103 tester.

Key words: sweet corn, water-soluble sugars, true heterosis, hypothetical heterosis, hybrid, crossing

Сахарную кукурузу принято считать овощной культурой. Зерна этой разновидности кукурузы по своим питательным и вкусовым качествам, а также по содержанию нутриентов, имеют значимые преимущества по сравнению со многими другими культурами, а высокое содержание легкоусвояемых форм белка и углеводов позволяет считать сахарную кукурузу диетическим продуктом [1]. По биохимическому составу зерно этой разновидности значительно отличается от зерновой кукурузы. В фазе молочной спелости оно содержит в 2 раза больше жиров, в 1,5-2,0 раза больше сахара (4-9%), значительно больше декстринов – до 90 %, больше полноценных белков – 45,9-65,7 % и меньше крахмала. Зерно также содержит витамины (мг/100 г): В1 – 0,16, В2 – 0,18, В5 – 1,97-2,25; В3, В6, инозит, холин, биотин, провитамин А, а также накапливается значительное количество минеральных солей (кальций, калий, магний, железо, фосфор и др.). Кроме того, по мнению диетологов, потребление сахарной кукурузы способствует регуляции процессов пищеварения и повышению усвоения других продуктов [2, 3].

Для расширения ассортимента этой культуры и получения высоких урожаев и повышения качества продукции необходимо изучение селекционного материала и выявление форм, при скрещивании с которыми получают потомство с улучшенным качеством зерновок [3, 4].

Целью нашей работы была оценка эффектов гетерозиса экспериментальных гибридов сахарной кукурузы по содержанию в зерновках водорастворимых сахаров.

Материал и методика. Посев проводили на поле ФГБНУ РосНИИСК Россорго в трёхкратной повторности, рендомизированно. Предшественник – черный пар. Учетная площадь делянки – 7,7 м². Для оценки исходного материала для дальнейшего использования в гетерозисной селекции проводили скрещивания по схеме топкросса. Оценку селекционного материала сахарной кукурузы проводили в фазу молочно-восковой спелости. Содержание сахаров определяли при помощи рефрактометра RL-2 в единицах Брикса. Статистическая обработка материала проводилась в соответствии с методическими указаниями Б.А.Доспе-

хова при помощи программ Excel и Agros 2/09 [5]. Коллекция изучаемых генотипов сахарной кукурузы включала две группы, отличающиеся между собой по содержанию сахаров в зерне, которое определяется различными генами: шугари (*su*) – содержание сахаров в зерне технической спелости составляет 4-6%, а их сохраненность - 2-3 суток; шугари энхансер (*se*) – содержание сахаров составляет 6-9%, а их сохранность 3-4 суток. У представителей этой группы снижено содержание крахмала, но выше доля растворимых полисахаридов (декстринов). В результате зерновка отличается более нежной консистенцией [2, 4].

Результаты исследования. В результате анализа статистических параметров коллекционных образцов выявлена средняя изменчивость изучаемого признака. Процентное содержания сахаров в зерновках составило 2,01...7,47% (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты статистической оценки образцов сахарной кукурузы по содержанию сахаров, 2022 г.

Параметр	Кол-во наблюдений	Среднее	Дисперсия	Ср.кв. откл.	Коэффициент вариации, V	F _{факт.}	НСР _{0,05}
Содержание сахаров	20	6,28	0,67	0,82	12,99	11,13*	0,70

Содержание в зерне коллекционных сортообразцов растворимых сахаров варьировало от 2,00 до 7,41 % (рисунок 1). Выявлены генотипы с наибольшим их содержанием: к-4468, к-4471, к-4475, Краснодарский сахарный 250, к-5467.

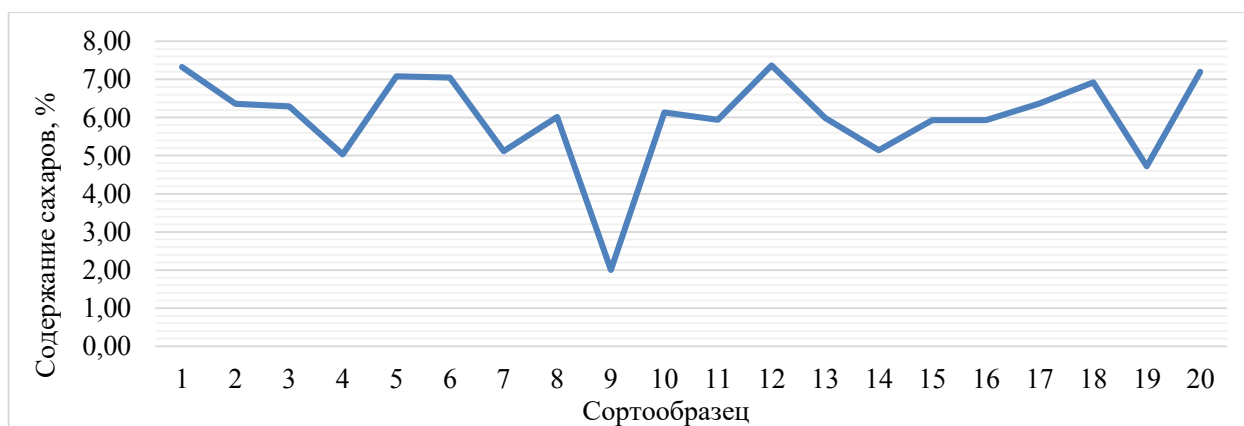


Рисунок 1 - Содержание водорастворимых сахаров в зерне сортообразцов

коллекционного питомника сахарной кукурузы, 2022 г.

Примечание: 1.к-3151, 2. к-1585, 3. к-4411, 4. к-4466, 5. к-5768, 6. к-23867, 7. Алина, 8. к-295, 9. к-1115, 11. к-4455, 12. к-4468, 13. к-4471, 14. к-4475, 15. к-4593, 16. к-4604, 17. Забава, 18. Цукерка, 19. Услада, 20. Краснодарский сахарный 250

При изучении истинного и гипотетического гетерозиса у гибридов F1 было установлено, что в скрещиваниях с генотипом Цукерка, из восьми полученных гибридов – у семи выявлен истинный гетерозис, гипотетический – у всех полученных комбинаций скрещивания (рисунок 2). Тем не менее, истинный гетерозис выше 10% зафиксирован у трёх полученных гибридных форм: Цукерка/к-4411, Цукерка/к-4466, Цукерка-к-4452, а гипотетический – с этими же формами плюс Цукерка/к-103 (рисунок 2).

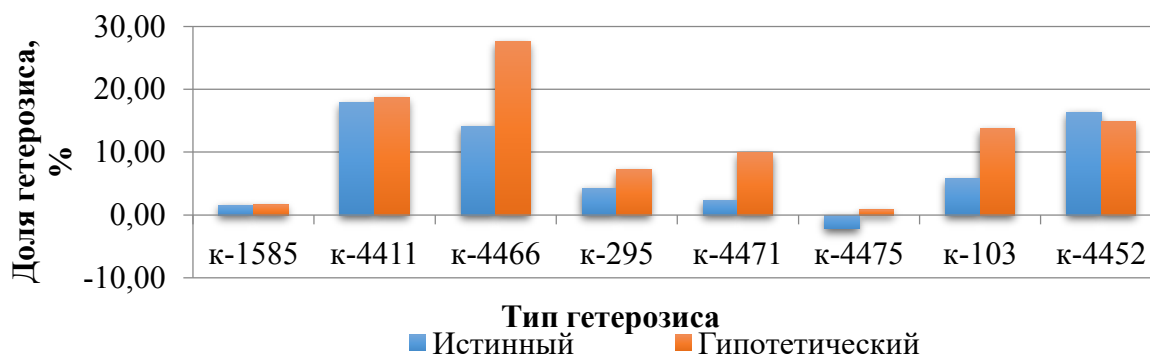


Рисунок 2 – Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «содержание сахара», %, с тестером Цукерка, 2022 г.

С тестером Забава высокий процент истинного гетерозиса (>20%) был зафиксирован в комбинациях скрещивания (Забава/Цукерка, Забава/Краснодарский сахарный 250), а гипотетического – Забава/Цукерка) (рисунок 3).

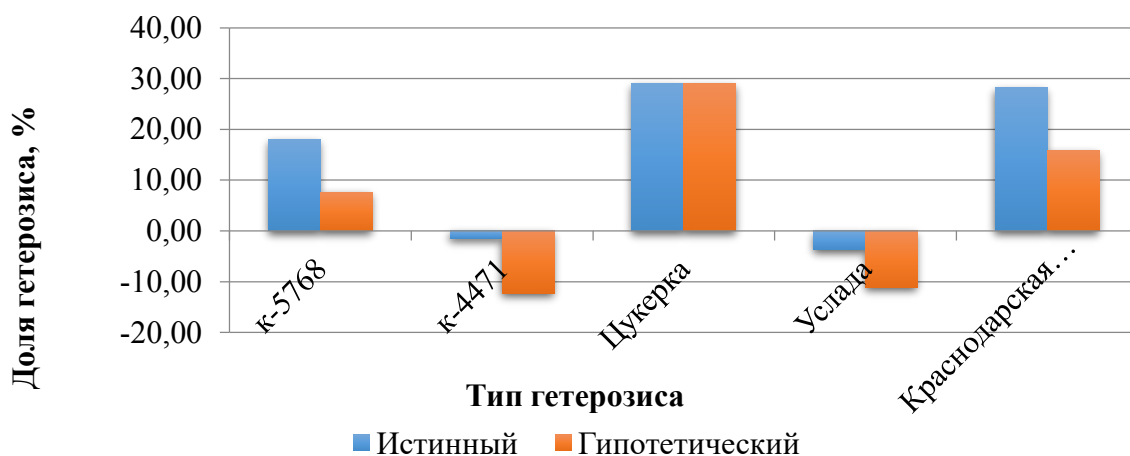


Рисунок 3 – Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «содержание сахара, %» с тестером Забава

С тестером к-103 было получено девять комбинаций скрещивания (рисунок 4). Наиболее высокий эффект гетерозиса был выявлен у экспериментального гибрида к-103/к-4475 (истинный – 14,3%, гипотетический – 35,4%). С генотипом Забава доля истинного гетерозиса составила 7,2%, гипотетического – 19,6%. Также положительные, но невысокие показатели (<10%) отметили у комбинаций скрещивания тестера к-103 с образцами: к-1585, к-4471, к-4452.

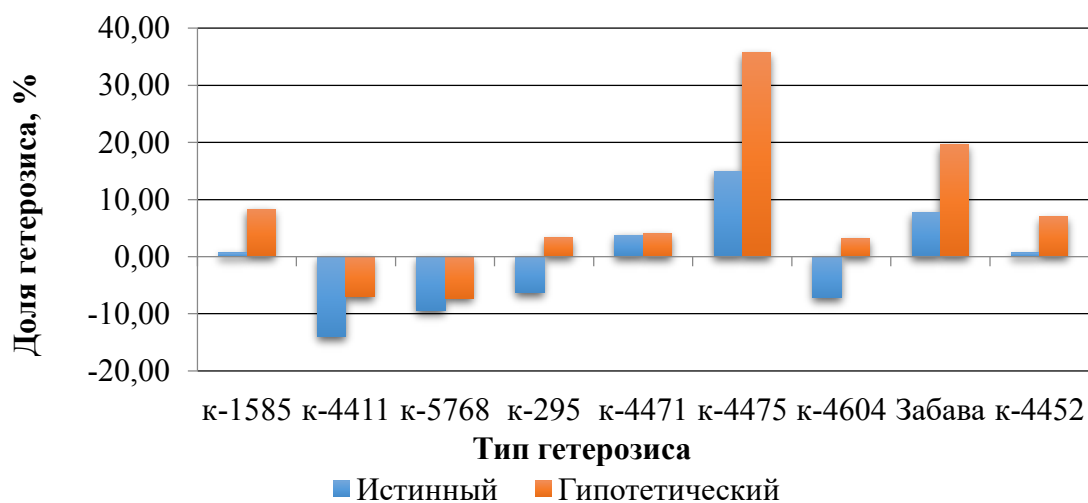


Рисунок 4 – Эффект гетерозиса гибридов F1 сахарной кукурузы по признаку «содержание сахара, %» с тестером к-103

Заключение

Подводя итог, следует отметить, что наибольшая доля обоих типов гетерозиса зафиксирована у комбинации скрещивания Забава/Цукерка. У комбинаций скрещивания образца к-4471 с двумя тестерами (Цукерка и к-103) выявлено невысокое, но положительное превосходство потомства над родительскими формами. Также относительно высокие показатели гетерозиса отметили при скрещивании генотипа к-4411 с тестером Цукерка и к-4475 – с тестером к-103.

Список литературы

1. Федорченко Г. Л. Кукуруза сахарная. Армада-пресс. 2001. –31 с. ISBN: 5-309-00253-7.
2. Новосёлов С.Н. Сахарная кукуруза: история, селекция, экономика // Пятигорск, РИА КМВ, 2007. – 403 с.
3. Завертайло Т.Ф. Селекция сахарной кукурузы на качество зерна. Кишинев: Штиинца, 1980. – 111с.
4. Ситников М. Н. Генетический анализ мутантных линий сахарной кукурузы // диссер.на соиск.канд.биол.наук. Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова РАСХН. Нальчик, 2006. – 150 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат. 1985. – 351 с.

© Гусева С.А., Каменева О.Б., 2024

Научная статья

УДК 633.854.78 :632.4: 632.531

А.П. Ермакова^{1,2}, А.В. Лекарев¹, С.П. Кудряшов¹, К.К. Ерменов¹

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

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

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа оценки урожайности и показателей качества семян сортов и гибридов селекции ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока.

Ключевые слова: подсолнечник, сорт, гибрид, масличность, урожайность.

A.P. Ermakova^{1,2}, A.V. Lekarev¹, S.P. Kudryashov¹, K.K. Eremenov¹

¹Federal State Budgetary Institution "FANC of the South-East", Almaty, st. Saratov,

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

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SUNFLOWER VARIETIES AND HYBRIDS IN CONDITIONS OF THE RIGHT BANK OF THE SARATOV REGION

Annotation. The article presents the results of an analysis of the yield assessment and quality indicators of seeds of varieties and hybrids selected by the Federal State Budgetary Institution FANC of the South-East.

Keywords: sunflower, variety, hybrid, oil content, yield

Введение.

Подсолнечник – это одна из наиболее востребованных культур, как в мире, так и в Российской Федерации. По данным Росстата в 2023 году посевами подсолнечника в России было занято 9,8 млн гектаров, что составляет около 12% от всех посевов. В Саратовской области этой масличной культурой в 2023 году было занято около 1,6 млн га. [6, 7, 4]

Подсолнечник является одной из универсальных культур: семена подсол-

нечника используют для кондитерских целей, жмых может использоваться в рационе скота, в качестве субстрата для выращивания грибов, и даже для производства биотоплива. [5]

Однако в первую очередь – это основная масличная культура в Российской Федерации. Среднее содержание жира в семенах на сухое вещество – от 40 до 50%, в некоторых гибридах этот показатель доходит до 58%. [2]

В целях реализации максимальных потенциальных параметров продуктивности подсолнечника необходимо в первую очередь использовать высокоурожайные сорта с оптимальными качественными показателями зерна. Не стоит забывать про прогрессивные агротехнологии, направленные на получение стабильного урожая культуры. [4]

Методика исследований. Оценка урожайности и показателей качества семян проводилась по сортам и гибридам подсолнечника местной селекции. Для сравнения за стандарт был взят гибрид ЮВС-3. Полевые испытания проводились на опытных полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» на делянках с площадью 20 м² в трехкратной повторности. Густота стояния растений составила 45 тыс. шт. на 1 га. Предшественником являлся чистый пар. Посевные работы проводились во второй декаде мая с последовательным прикатыванием. Первые всходы появились в третьей декаде мая. Полная всхожесть наблюдалась в первой декаде июня.

Для исследования были взяты три сорта местной селекции - Саратовский 20, Саратовский 21 и ЮВ1071, а также гибриды ПГ-26*934, ПГ-26*966 и ПГ-26*50.

Полученные результаты лабораторных исследований подвергали статистической обработке методом однофакторного дисперсионного анализа по Доспехову [1].

Результаты исследований.

Селекция и семеноводство – это важная составляющая для повышения урожайности и качественных показателей полевых культур, наряду с технологиями производства. [3]

При рассмотрении результатов урожайности гибриды превысили показатели стандарта. Лучше всего себя показал гибрид ПГ-26*50, показатель которого равен 3,22 т/га. Сорта Саратовский 20 и Саратовский 21 остались на уровне стандарта. Сорт ЮВ 1071 оказался ниже стандарта (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и масличность сортов и гибридов подсолнечника.

Сорт/гибрид	Урожайность	Масса 1000 семян	Натурная масса, г/л	Масличность
ЮВС 3 St.	2.60	64,67	388,67	52,87
Саратовский 20	2.60	91	390,50	54,06
Саратовский 21	2.59	82,67	352,67	52,42
ЮВ 1071	1.98	84	369,67	52,12
ПГ-26*934	3.16	71,33	406	53,24
ПГ-26*966	3.13	50,67	398	49,01
ПГ-26*50	3.22	54	362	46,66
F факт.	13.548*	17,410*	7,659*	9,530*
НСР 05	0.372	11,471	22,062	2,651

Также, одним из важных показателей качества посевного материала, который влияет на величину урожая, является крупность семян. Одним из показателей, характеризующим крупность семян, является масса 1000 семян (г).

При сравнении по показателю массы 1000 семян все сорта превысили стандарт. Гибриды ПГ-26*934 и ПГ-26*50 остались на уровне стандарта, а гибрид ПГ-26*966 достоверно ниже стандарта.

По показателю натурной массы все сорта и гибриды остались на уровне стандарта. Сорт Саратовский 21 и гибрид ПГ-26*50 оказались ниже стандарта.

Оценка сортов и гибридов подсолнечника проводится не только по полученной урожайности и качеству семян. Важную роль играет содержание масла в семечках.

При оценке масличности все сорта и гибрид ПГ-26*934 были на уровне стандарта, гибриды ПГ-26*966 и ПГ-26*50 ниже стандарта.

В результате проведенных исследований, можно сказать что гибриды отличались большей урожайностью, по сравнению с сортами. Однако, показатели качества семян, а именно масличность, натурная масса и масса 1000 семян, более высокие у сортов местной селекции.

Список литературы

1. Доспехов В.А. Методика полевого опыта – М.: Агропромиздат, 1985 – 93 с.
2. Киселева Л. В., Васин В. Г., Жижин М. А. Сравнительная продуктивность гибридов подсолнечника при применении биостимуляторов роста в условиях самарской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. №. 4. С. 59-63. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-59-63>
3. Макаров А. А., Мамсиров Н. И., Влияние предшественников на продуктивность сортов озимой пшеницы // Новые технологии. 2021. №2.
4. Нарушев В. Б., Продуктивность сортов и гибридов подсолнечника в саратовском правобережье// Аграрные конференции. 2018.№ 10 (4) В.Б. Нарушев, Е.С. Макарова
5. Припоров, И. Е. Использование подсолнечного жмыха в рационе крупного рогатого скота / И. Е. Припоров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 5(15). – С. 184-187. – EDN VJKEKF.
6. <https://lgseeds.ru/blog/PodsolnechnikLGv2023godustabilnovysokieurozhainaVolgeinaDonu/#:~:text=Россия%20является%20лидером%20по%20посевным,составил>
7. <https://www.interfax-russia.ru/volga/main/saratovskaya-oblast-v-2023g-rasschityvaet-sobrat-4-mln-tonn-zernovyh#:~:text=Посевные%20площади%20под%20урожай%202023,%20С%20овес%20С%20подсолне%25D>

Научная статья

УДК 378:658

А.В. Лекарев¹, К.К., Ерменов¹, А.П. Ермакова^{1,2}

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

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В последние годы искусственный интеллект (Artificial Intelligence – AI, ИИ) стал широко применяться во многих отраслях, и сельское хозяйство не стало исключением [3]. Кроме того, для точного земледелия наряду с ИИ используются такие системы как глобальная позиционирующая система (Global Positioning System - GPS), геоинформационные системы (ГИС) и промышленный интернет вещей (IIoT) [2][13]. Применение вышеуказанных технологий дают возможность анализировать растительные покровы, определить оптимальные маршруты полива, проводить учет изменения климата, повысить эффективность орошения и раннее выявлять проблемы, что приводит к увеличению урожайности и снижению затрат. Использование интеллектуальных технологий в растениеводстве, позволяют оптимизировать процессы производства, повысить эффективность использования ресурсов, улучшить качество растительной продукции и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: искусственный интеллект, растениеводство, компьютерное зрение, алгоритмы, GPS, ГИС, IIoT

A.V. Lekarev¹, K.K., Ermenov¹, A.P. Ermakova^{1,2}

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the South-East", Saratov, Russia

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

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF RUSSIA IN AGRICULTURE

Annotation. In recent years, artificial Intelligence (AI) has become widely used in many industries, and agriculture is no exception [3]. In addition, for precision agriculture, along with AI, such systems as the Global Positioning System (GPS), geographic information systems (GIS) and the industrial Internet of Things (IIoT) are used [2] [13]. The use of the above technologies makes it possible to analyze vegetation cover, determine optimal irrigation routes, take into account climate change, improve irrigation efficiency and identify problems early, which leads to increased yields and lower costs. The use of intelligent technologies in crop production makes it possible to optimize production processes, increase resource efficiency, improve the quality of plant products and reduce the negative impact on the environment.

Keywords: artificial intelligence, crop production, computer vision, algorithms, GPS, GIS, IIoT

Введение: Появление цифровых технологий, основанных на машинном обучении и интернета вещей, привело к значительным изменениям во многих сферах деятельности человека [1]. В современных реалиях бизнес быстро адаптировался и понял, что ИИ – это уже не технология будущего, не эксклюзивный продукт, а необходимая реальность [4]. Однако в текущий момент сельское хозяйство еще не в полной мере используют цифровые технологии, но, тем не менее, наблюдается рост в потребности их коммерциализации. Основными причинами этого является необходимость сокращения издержек производства и повышения производительности.

В данной статье кратко описан метод автоматизации процессов и роботизации в сельском хозяйстве, основанные на ИИ, «IIoT».

Искусственный интеллект – свойство искусственных интеллектуальных

систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека [3]. Под AI понимается конкретный раздел компьютерных наук – машинное обучение, которое занимается извлечением алгоритмов и знаний из данных. Искусственный интеллект способен к глубокому самообучению (Deep Learning, DL) – предполагающий самостоятельное выстраивание общих правил в виде нейронной сети на примере данных во время обучения, автоматическое выявление огромного количества правил и характеристик [5].

Промышленный Интернет вещей (IIoT) была впервые сформулирована компанией General Electric (GE) и описана как: «Определение промышленного Интернета включает в себя два ключевых компонента: подключение датчиков и исполнительных механизмов промышленных машин к локальной обработке данных и к Интернету [2]. IIoT позволяет компаниям использовать датчики, программное обеспечение, машинное обучение и другие технологии для сбора и анализа данных с физических объектов, а затем использовать этот анализ для управления операциями и в некоторых случаях предлагать новые решения [2].

Используя современные технологии, в которых применена AI и IIoT системы, позволили значительно повысить эффективность и устойчивость процессов производства. Прогнозирование урожайности: алгоритмы машинного обучения могут анализировать множество факторов, таких как погодные условия, состав почвы, предыдущие урожаи и другие данные, чтобы предсказать урожайность и помочь фермерам принимать более обоснованные решения [8]. Управление ростом и здоровьем растений: с помощью нейронных сетей и компьютерного зрения можно разрабатывать системы мониторинга роста и здоровья растений, что позволяет более точно выявлять заболевания, дефициты питательных веществ и другие проблемы [7]. Прецизионное земледелие: алгоритмы ИИ могут анализировать данные с датчиков, дронов и спутников для оптимизации использования удобрений, пестицидов и воды, а также оптимизации посевных работ [8][9]. Автоматизация сельскохозяйственной техники: автономные системы на базе ИИ могут быть использованы для управления тракторами, комбайнами и другой сельскохозяйственной техникой [4][6].

Однако, несмотря на все преимущества, внедрения ИИ в сельском хозяйстве также сталкивается с вызовами, такими как доступ к технологиям, непрерывность связи и конфиденциальность данных.

Цель работы: Обзор Российских инновационных технологий на базе ИИ и IoT в сельском хозяйстве.

Материалы и методы исследований: Был проведен обзор актуальных исследований, сфокусированный на ключевых фактах и современной научной информации о применении технологии искусственного интеллекта (AI) в растениеводстве, как вклад в развивающееся поле интеллектуальных технологий в контексте исследований в области сельского хозяйства. В процессе обзора были использованы различные научные базы данных, включая Академия Google, РИНЦ, Elibrary, КиберЛенинка и др.

Результаты исследований: Искусственный интеллект (AI) представляет собой передовую технологию, которая находит широкое применение в различных областях, включая сельское хозяйство.

Например, в молочных фермах AI проявляет свой потенциал в улучшении производительности и эффективности. Российская IT компания «SMART FARM» создала продукты «КОРМОВОЙ СТОЛ» и «ИДЕНТИФИКАЦИЯ» на основе AI с применением компьютерного зрения. Данный продукт помогает фермерам отслеживать доступность и потребление корма круглосуточно в режиме реального времени, отображая полученные результаты мгновенно в приложении [10]. Ниже приведены возможности системы «SMART FARM»:

- Обнаружение заболеваний у коров. Научные исследования показывают, что AI может использоваться для выявления различных заболеваний, таких как хромота и кетоз, путем анализа данных. С использованием методов глубокого обучения и компьютерного зрения, AI способен автоматически выявлять признаки этих заболеваний и предоставлять ранние предупреждения фермерам, что позволяет своевременно предпринимать меры по лечению и предотвращению распространения болезней.

- Оценка эффективности животных. С использованием различных моделей

машинного обучения, искусственный интеллект может анализировать данные о поведении животных, показателях здоровья и производительности, чтобы предоставить фермерам ценную информацию. Искусственный интеллект может рекомендовать наилучшее время для осеменения, выявляя признаки охоты, что значительно повышает вероятность оплодотворения и позволяет более эффективно использовать семенной материал.

- Оптимизация процессов на молочных фермах может быть существенно улучшена с применением передовых технологий. Использование компьютерного зрения и AI, возможно оценить консумацию корма скотом, анализируя уровень его потребления и равномерность распределения. Это позволяет более точно управлять рационами и оптимизировать питание животных. Кроме того, AI может использоваться для мониторинга соблюдения регламентов сотрудниками путем анализа видеопотоков. Такой подход позволяет фермерам контролировать выполнение задач и выявлять возможные нарушения [10].

В 2017 году специалистами компании GOGNITIVE PILOT (ООО «КОГНИТИВ РОБОТИКС») совместно с НИТУ МИСиС была создана технология комбинированных данных, поступающих от различных сенсоров на «нижнем» уровне Cognitive data fusion. В данной технологии внедрено IoT – решения, в направлениях сельского хозяйства, рельсового и автомобильного транспорта, а также инновационных сенсоров для беспилотных транспортных средств. Система Cognitive Agro Pilot анализирует поступающие с видеокамеры изображения и при помощи нейросети глубокого обучения определяет типы и положения объектов по ходу движения, строит движения траектории движения техники и передает необходимые команды для выполнения маневров. Данный продукт привлекателен тем, что при наличии сигнала спутниковой связи (GPS) алгоритмы управления ведут машину по линии курса с точностью 2-5 см, несмотря на тряску и рельеф поля. Даже при отсутствии GPS сигнала, RTK (совокупность приемов и методов получения плановых координат) поправки будут надежно доставлены по GSM или радиосвязи [16]. Также данная система позволяет сохра-

нять границы полей и треки. Например, если из-за погодных условий механизатор не успел обработать поле, сеть навигационных линий и обработанный участок сохранятся в памяти системы для продолжения работы в другой день [4][11].

С каждым годом фермерам огромные трудности доставляет ежегодное предвидение результатов своих усилий в выращивании зерна, овощей или фруктов. Постоянно требуется следить за состоянием полей, планировать расходы и прочее, в целом на урожайность воздействует множества обстоятельств. В 2012 году российская компания «СмартАгро» начала разработку интеллектуальной системы поддержки принятий решений в растениеводстве, на основе модуля ГСМ. В 2020 году завершили разработку модуля IoT сервер ИКС при поддержке инновационного центра Фонда «Сколково», и разработали два программных обеспечения: система автоматизированных проверок – А-CHECK для автоматизации сельскохозяйственных процессов и Grande-IoT для управления садами и виноградниками. Год спустя выпустили приложение на смартфоны «Smartscout» для агроскаутинга, позволяющая агроному фиксировать результаты непосредственно в поле. Данная система управления позволяет сельхозпредприятиям автоматизировать планирование, контроль за выполнением и анализ результатов полевых работ. «Агроаналитика-IoT» на основе спутниковых снимков и снимков БПЛА (Беспилотный летательный аппарат или дрон) помогает оценить состояние поля, появление вредителей и сорняков, динамику развития биомассы и вегетационный индекс сельскохозяйственных культур [18]. Также система от SMART-AGRO дает возможность вести сведения о полях, при помощи инструмента «Обмер поля» можно уточнить площадь поля и его расположение, в мобильном приложении или загрузить KML-файл (это формат файлов, который используется для отображения ГИС в геобраузерах, таких как Google Планета Земля, Google Карты для мобильных устройств) [17]. Таким образом, IoT-сервер системы «Агроаналитики» собирают и анализируют показатели спутникового мониторинга и множества датчиков, обрабатывает данные при помощи алгоритмов промежуточных вычислений, что значительно снижает

нагрузку на систему при сложных расчетах. Система «Агроаналитика-IoT» предлагает полный контроль сельскохозяйственных работ от планирования до сбора урожая [12].

Аналогичные программные решения предлагает и компания «Геомир» - система «АссистАгро». Эта система позволяет фермеру использовать беспилотники для облета полей без навыков и обучения. Дрон в автоматическом режиме облетает все поле, делая снимки на указанных точках. Далее система «АссистАгро» с помощью технологии компьютерного зрения анализирует полученные снимки с дрона. Определяет культурные растения, их фенофазу и густоту. Распознает наличие сорняков, предоставляет информацию об их видовой принадлежности, количестве, фенофазе и способе борьбы с ним. Искусственный интеллект системы «АссистАгро», позволяет прогнозировать урожайность. Получая данные о погоде, поле, сроке сева, сорте или гибриде, агрохимическом состоянии, готовит предварительный прогноз и рекомендации по агроскаутингу поля для учета элементов продуктивности. После сбора и анализа информации, система прогнозирует продуктивность поля при различных сценариях развития погоды. Система «АссистАгро» может автоматически без участия человека, вести независимый контроль состояния поля. AI формирует карту полета дрона и автоматически управляет им от взлета до посадки, не требуя при этом оператора ни управления дроном. После сбора фотоданных о поле, AI предоставит их в форме отчета, которые нельзя подделать или подменить. В данной системе также имеется мобильное приложение с возможностью проведения качественного обследования поля, управлением задачами и прогнозом урожайности [14].

Вывод: Использование инновационных технологий в сельском хозяйстве обещает революционизировать отрасль, повышая производительность, эффективность ресурсов и устойчивость отрасли к переменам. Технологии, такие как дроны для мониторинга, автоматизированные системы ухода за растениями, блокчейн и системы искусственного интеллекта для управления ресурсами, представляют значительный потенциал для сельского хозяйства. Эти инноваци-

онные технологии позволят фермерам повысить урожайность, снизить потребление ресурсов, и обеспечить более высокое качество продукции. Кроме того, подобные технологии могут улучшить условия труда и снизить экологическое воздействие сельскохозяйственного производства.

Инновационные технологии оказывают большое влияние на сельское хозяйство России, приводя к значительному увеличению спроса на решения, основанные на искусственном интеллекте. Прогнозы Института статистических исследований НИУ ВШЭ говорят о потенциальном росте спроса до 86 миллиардов рублей к 2030 году, что в 20 раз 2020 году [15]. Это свидетельствует о перспективности инвестирования в развитие и внедрение инновационных технологий в сельском хозяйстве, что может привести к значительному росту отрасли и улучшению производительности.

Несмотря на все потенциальные преимущества, внедрения инновационных технологий в сельском хозяйстве также вызовет новые вопросы конфиденциальности данных, доступности технологий для всех фермеров и влияние на занятость в сельских районах.

Список литературы

1. ISBN 978-5-907534-65-0 Киссинджер Г., Шмидт Э., Хоттенлокер Д. Искусственный разум и новая эра человечества = THE AGE OF AI: AND OUR HUMAN FUTURE. – М.: Альпина ПРО, 2022. – 200 с. Дата обращения: 19 марта 2024 г.
2. ISSN 0166-3615 The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework // Computers in industry. – 2018-10-01. – Vol. 101. – P. 1-12. (Дата обращения: 19 марта 2024 г.)
3. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с. (Дата обращения: 19 марта 2024 г.)
4. «Умные» фермы: как искусственный интеллект меняет сельское хозяйство. РБК (14 июня 2023). https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7 (Дата обращения: 20 марта 2024 г.)

5. Как устроен искусственный интеллект: всё, что вы хотели знать об ИИ, но боялись спросить. Яндекс Образование (1 февраля 2023). <https://education.yandex.ru/journal/kak-ustroen-iskusstvennyj-intellekt> (Дата обращения: 20 марта 2024 г.)
6. United States, National Science and Technology Council – Committee on Technology. Executive Office of the President. (2016). Preparing for the future of artificial intelligence. (Дата обращения: 25 марта 2024 г.)
7. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Компьютерное зрение = Computer Vision. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с. – ISBN 5-94774-384-1. (Дата обращения: 26 марта 2024 г.)
8. Шатски, Дэвид; Мураскин, Крейг; Гурумерти, Рагу. «Когнитивные технологии: реальные возможности для бизнеса». Обзор Deloitte. (Дата обращения: 26 марта 2024 г.)
9. Салломи, Пол. «Искусственный интеллект становится мейнстримом». The Wall Street Journal. – Журнал ИТ - директоров – Deloitte. (Дата обращения: 26 марта 2024 г.)
10. <https://www.smartfarm.vision.ru> Интеллектуальная экосистема для цифровизации вашей молочной фермы на основе компьютерного зрения и искусственного интеллекта. (Дата обращения: 27 марта 2024 г.)
11. <https://cognitivepilot.com> COGNITIVE PILOT (ООО «КОГНИТВ РОБОТИКС») – Ведущий мировой разработчик систем искусственного интеллекта для беспилотных транспортных средств. (Дата обращения: 27 марта 2024 г.)
12. <https://smartagro.ru> Агроаналитика. Система эффективного управления бизнесом. (Дата обращения: 27 марта 2024 г.)
13. <https://www.GISA.ru> Географическая информационная система (ГИС). (Дата обращения: 27 марта 2024 г.)
14. <https://agroassist.ru> Рост урожайности, оптимизация норм гербицидов, контроль густоты посева. (Дата обращения: 27 марта 2024 г.)
15. Индикаторы цифровой экономики: 2021: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. Исслед. ун-т

«Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. (Дата обращения: 29 марта 2024 г.)

16. ISBN 5-94349-032-9 Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. – Издание 3-е, исправленное и дополненное. – Москва: ИФК «Каталог», 2002. – 106 с. (Дата обращения: 29 марта 2024 г.)

17. <https://developers.google.com> Язык разметки Keyhole. Руководство по KML (Дата обращения: 29 марта 2024 г.)

18. ISSN 2308-264X Аверченко Сергей Викторович, Белоусов Владимир Владимирович. БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX – НАЧАЛА XXI ВЕКОВ: ОСНОВНЫЕ ВЕХИ ИСТОРИИ // Современная научная мысль. – 2023 – Вып. 1. – 231-242. (Дата обращения: 29 марта 2024 г.)

© Лекарев А.В., Ерменов К.К., Ермакова А.П., 2024

Научная статья

УДК 631.527

Д.А. Жиганов^{1,2}, Т.Я. Ермолаева¹, Н.Н. Нуждина¹, Н.А. Салманова¹, В.Н. Нечаев¹

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

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

ОЦЕНКА ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА НА ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ

Аннотация. Высокая продуктивность озимой ржи в зоне Нижнего Поволжья за-

висит от засухоустойчивости, зимостойкости, устойчивости к основным заболеваниям. Создание нового селекционного материала путем внутривидовых межсортных скрещиваний и дальнейшая его оценка являются важным этапом селекционных программ. В статье проводится сравнительная оценка 11 гибридов третьего поколения относительно сорта стандарта Саратовская 7. Проведено исследование и определены лучшие гибриды по общей комбинационной способности.

Ключевые слова. Winter rye, third generation hybrids, general combinational ability.

D.A. Zhiganov^{1,2}, T.Ya. Ermolaeva¹, N.N. Nuzhdina¹, N.A. Salmanova¹, V.N. Nechaev¹

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the South-East", Saratov, Russia

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

EVALUATION OF HYBRID MATERIAL FOR THE PROSPECTS OF USE IN BREEDING

Annotation. The high productivity of winter rye in the Lower Volga region depends on drought resistance, winter hardiness, and resistance to major diseases. The creation of new breeding material by intraspecific crosses and its further evaluation are an important stage of breeding programs. The article provides a comparative assessment of 11 hybrids of the third generation relative to the Saratov 7 standard variety. A study was conducted and the best hybrids were determined in terms of overall combinational ability.

Keywords. Winter rye, economically valuable signs, signs of dominance

Введение. На юго-востоке Нижнего Поволжья одним из факторов лимити-

рующих урожайность является высокая засушливость климата. Ежегодно, в период налива зерна ржи, наблюдаются дни с явлениями суховеев. Не смотря на то, что рожь относится к наиболее засухоустойчивым культурам, в высокосушливые годы часто наблюдается снижение натурной массы зерна.

Важным методом создания нового селекционного материала является сложная ступенчатая гибридизация, с использованием географически отдаленных сортов. Важно, что привлекаемые в скрещивания сорта ржи являются популяциями, состоящими преимущественно из гетерозиготных по многим локусам генотипов. Поэтому в отношении полигенных признаков гибридное потомство будет расщепляться уже в поколении F_1 [1]. В последующих поколениях, изолируя определенные семьи гибрида, за счет перекрестного опыления под изолятором, соотношение между гетерозиготами и гомозиготами будет смещаться в сторону гомозигот. Также наблюдается снижение эффекта гетерозиса от F_1 к F_3 .

Цель исследования: выявление гибридного материала, представляющего интерес для использования в дальнейшем. Задачи исследования: оценить морфологические и хозяйственно – ценные признаки у гибридов озимой ржи и определить их общую комбинационную способность при свободном переопылении.

Методы и материалы исследования. Испытание гибридов проводилось в 2021 и в 2022г на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго– Востока». Образцами исследования являлись гибриды озимой ржи третьего поколения. Площадь деланки- 2 м². Повторность - двукратная. С данных деланок проводился отбор растений с 0,5 м² и в последующем 25 главных колосьев с различных растений. Дата посева 28 августа. 25 зерен на погонный метр, междурядья 15см.

Все исследования проводились в лаборатории «Селекции и семеноводства озимой ржи» ФГБНУ «ФАНЦ Юго- Востока» по общепринятым методикам [2].

Условия проведения опытов.

Март 2021г отличался повышенной среднемесячной температурой и небольшим количеством осадков, апрель - высоким количеством осадков. Летний период характеризовался высокотемпературным режимом и вместе с тем боль-

шим количеством осадков в июне. Июль был засушливый при высокой температуре и дефиците осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК) за апрель – июнь 2021г составлял 0,87.

2022 год за период апрель-июнь характеризовался высокими показателями температурного режима и достаточным количеством осадков. Среднемесячная температура составила 18,6°C, что на 3,6°C выше климатической нормы. Осадки были в виде кратковременных дождей ливневого характера. ГТК составил 0,75 [3].

Результаты исследований и их обсуждение.

При гибридизации в качестве родительских компонентов подбирались сорта инорайонной селекции, представляющие интерес как источники устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе, источники низкорослости, хорошего качества зерна: Россул Lr₄ Sr Er Rm₂, Державинская 50 -Ленинградская обл., Верхняцкая низкорослая, Харьковская 55 HL Lr₄ Sr1Er, Харьковская 98 – Украина, К – 123 (НИИСХ ЦЧП), СН – 120 (Германия), Ясельда (Беларусь), Нану 4 (Япония), Warko (Польша), Duoniani (Литва), Татьяна (НИИСХ ЦРНЗ). Одной из родительских форм обязательно был сорт саратовской селекции, который наиболее адаптирован к местным био- и абиострессорам: Саратовская 4 (С – 4), Саратовская 6 (С -6), Саратовская 7 (С – 7), Марусенька (Мар.). Гибриды высевались в одном питомнике в сравнении с стандартом Саратовская 7 и испытывались при свободном переопылении.

По данным таблицы 1 по урожайности выделились гибриды под порядковыми номерами 3, 6, 9; эти гибриды по массе 1000 зерен характеризуются соответственно 46,25 г, 40,4г и 44,0г. О высокой продуктивности колоса данных гибридов свидетельствует наибольшая его масса в опыте. По признаку низкорослости можно выделить гибриды № - 1, 2, 5, 8, 10. Семьи гибридов № - 2, 5, 10 характеризуются более коротким подколосовым междоузлием, а № - 1 и 8 – длинным, данный показатель отражает работу генетической основы короткостебельности. Для семей гибридов характерен более рыхлый в сравнении с Саратовской 7 колос, за исключением № 1.

Чтобы дать среднюю оценку отклонениям семей гибридов от средней генотипов, включенных в опыт, по урожайности, которая составляет 88,85г с 0,5 м², был проведен расчет общей комбинационной способности их относительно средней. Также, чтобы определить отклонения гибридов от уровня урожайности стандарта расчет общей комбинационной способности провели относительно него [4].

Таблица 1. Морфологические и селекционно-ценные показатели озимой ржи 2021-2022.

Гибридная комбинация, F ₃	Урожай зерна с 0,5 м ² , г	ОКС по урожаю зерна с 0,5 м ² отно- сительно средней по	ОКС по урожаю зерна с 0,5 м ² отно-	Масса 1000 зерен, г.	Высота, см.	Длина верхнего междоузлия, см.	Масса главного ко- лоса с зерном, г.	Плотность колоса на 1 см
(Duoniani x Map.)x Харьк.55 HL Lr4 Sr1Er	92,87	4,52	-2,71	40,12	116,50	44,25	2,85	3,83
СН-120 x С - 7	81,84	-7,90	-14,26	31,3	121,00	31,0	2,33	3,7
С-7x((Мар. x Рос- сул)xХарьк. 97)	103,52	16,51	8,46	46,40	132,00	46,25	3,11	3,55
(С-7 x Держав. 50)x С-6	71,25	19,81	-25,36	43,74	135,00	45,00	2,73	3,54
[(Мар. x Россул) x (Мар x Харьк. 97)] x С-5	88,95	0,11	-6,81	43,06	123,50	38,50	3,15	3,45
Нару 4 x С- 6	101,04	13,72	5,85	44,42	126,00	40,40	3,27	3,03
Warko x Cap. 7	78,66	-11,47	-17,59	40,11	134,00	41,10	2,69	3,64
(Ясельда x С-7) x С-7	83,71	-5,78	-12,30	43,42	119,50	43,05	2,76	3,54
(Верхняячская низкорос- лая x С-7) x С - 5	103,42	16,4	8,35	44,05	136,00	44,00	3,22	3,44
Татьяна x С- 6	79,75	-10,24	-16,45	37,28	119,50	36,00	2,86	3,36
С-7x(К-123 x С-4)	85,75	-3,49	-10,16	41,43	140,00	42,11	2,65	3,62
Саратовская - 7 st	95,45	7,43	0,00	42,34	130,00	43,05	2,83	3,80
НСР _{0,5}	13,45	-	-	2,52	10,89	NS	0,53	0,25

*ОКС – общая комбинационная способность

В первом случае положительную динамику отклонений имели 6 гибридных семей, во втором- 3. Гибридные семьи второго расчета ближе по характеристикам к рецессивному типу короткостебельности. При дальнейшей работе они будут представлять наибольший интерес.

Выводы. В последующей работе представляют интерес гибридные семьи С-7х((Мар. х Россул)хХарьк. 97), Нару 4 х С- 6, (Верхняячская низкорослая х С-7) х С – 5. Шесть гибридных семей, выделившихся по ОКС по урожаю зерна с 0,5 м² относительно средней по опыту интересны при дальнейшей работе и проверке. Таким образом, в исследовании выделены гибриды, которые можно использовать для дальнейших скрещиваний в селекционной работе.

Список литературы

1. Гончаренко А.А., Актуальные вопросы селекции озимой ржи/А.А Гончаренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех» С.63.

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

3. *Капранова М.В.* Обзор агрометеорологических условий месяца апрель-июль 2021г, 2022г. [Электронный ресурс], - Систем. требования: Adobe Acrobat Reader DC., - URL: http://pogoda-sv.ru/hydrometeocenter/agro_features_month/ (дата обращения: 28.03.2024)

4. Селекция инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) на общую и специфическую комбинационную способность и ее связь с селекционными признаками / А. А. Гончаренко, А. В. Макаров, С. А. Ермаков [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 1. – С. 38-46. – DOI 10.15389/agrobiology.2019.1.38rus. – EDN AHPZBQ.

© Жиганов Д.А., Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Салманова Н.А., Нечаев В.Н., 2024

Научная статья

УДК: 633.854.54

С.А. Зайцев, А.А. Рожкова

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

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА В ПРАВОБЕРЕЖЬЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассматривается вариабельность селекционных параметров льна масличного. Установлена степень влияния факторов на проявление морфологических признаков.

Ключевые слова: лён, параметр, фактор, вариация, вклад, анализ, генотип, среда

S.A. Zaitsev, A.A. Rozhkova

FSBSI Russian Research Institute for Sorghum and Maize «Rossorgo», Saratov, Russia

VARIABILITY OF SELECTION PARAMETERS OF FLAX IN THE RIGHT Bank OF THE SARATOV REGION

Annotation. The article examines the variability of selection parameters of oil flax. The degree of influence of factors on the manifestation of morphological characteristics has been established.

Keywords: flax, parameter, factor, variation, contribution, analysis, genotype, environment

Введение. Продовольственная безопасность государства определяет постоянное увеличения производство семян и масла, однако эта деятельность ограничивается необходимостью соблюдения севооборота и почвенно-климатиче-

скими условиями. Диверсификация производства, расширение видового и сортового разнообразия масличных культур необходима для устойчивого и стабильного развития сельхозтоваропроизводителей, для повышения экономической эффективности отрасли. Важнейшим направлением при этом является интродукция масличного льна (*Linum usitatissimum*) и расширение его ареала возделывания [1].

Лён является одной из ценнейших масличных культур мирового растениеводства. Его семена широко применяются в пищевых и лекарственных целях во многих регионах земного шара и государствах [2]. Льняное масло относится к высушающим с высоким качественным составом. При этом, составляет до 45% биохимического состава семян. Качественный состав льняного масла позволяет использовать его не только в пищевом направлении, но и делает его важным компонентом продукции в различных отраслях народного хозяйства (медицине, парфюмерии, промышленности). Кроме того, в семенах отмечается достаточно высокое количество протеина (до 20%), в результате в отходах маслопроизводства (жмых, шрот) количество белка достигает 32-36%, что позволяет использовать их в качестве ценного концентрированного питания животных [3].

Широкому и массовому распространению данной культуры способствует высокая адаптивная способность льна, способность растений адаптироваться к различным экологическим условиям среды и климатическим факторам. Холодостойкость и короткий (80-90 дней) вегетационный период определяют возможности его возделывания в различных эколого-климатических зонах, что может стать важным источником маслосемян и переваримого белка, особенно в регионах недостаточного увлажнения [4, 5].

Семиаридные особенности климата многих районов Саратовской области служат обоснованием исследований биологических особенностей засухоустойчивости масличного льна, который в рейтинге посевных площадей в РФ среди масличных культур занимает четвертую позицию [6]. Ввиду сильно различающихся размеров, потенциал урожайности растений льна, несомненно, уступает

подсолнечнику. Поэтому его возделывание экономически эффективнее в регионах недостаточного увлажнения РФ [10]. В таких зонах (с ГТК менее 0,5-0,7), к которым относятся многие районы Саратовской области, масличный лён становится важнейшей резервной культурой в плане устранения дефицита масложирового сырья. В настоящий момент все больший акцент в селекционной работе делается на создание новых уникальных достижений, которые отличаются от ранее выведенных не только хозяйственно-биологическими признаками, но и параметрами стабильности и адаптивности [8].

Материал и методы исследования. Объектом исследований служили три сорта и тридцать шесть линий льна масличного различного эколого-географического происхождения (рисунок 1). Образцы получены при изучении коллекции генетических ресурсов растений ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР). Полевые опыты заложены согласно методикам в 2019-2023 гг. [9, 10]. Посев ранневесенний (в условиях г. Саратова – 3-5 мая) сеялкой СКС 6-10. Густота стояния растений – 1,5-3,5 млн. всх. семян на 1 га. Уборка проведена вручную во второй декаде августа. ГТК за вегетационный период варьировал в пределах: 0,6 (2019), 0,5 (2020 г.), 1,0 (2021 г.), 0,6 (2022 г.), 0,7 (2023 г.).

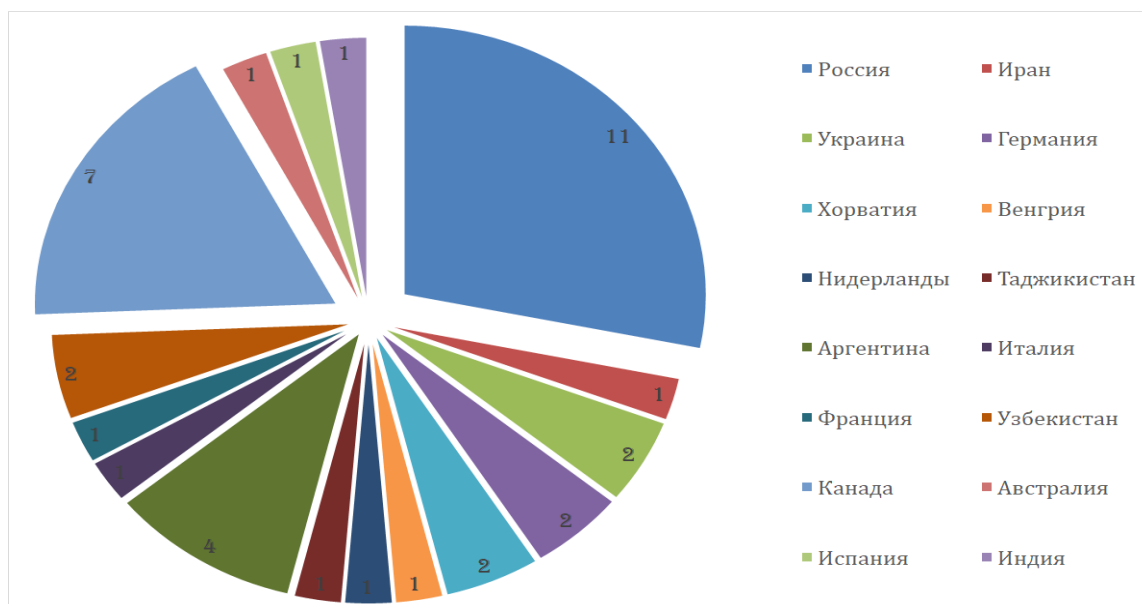


Рисунок 1 – Распределение селекционного материала льна по регионам происхождения

Результаты исследования. В результате исследования селекционный материал был оценен по 18 признакам. Анализ элементов структуры урожая модельной популяции льна позволил выявить статистические показатели исследуемой выборки (таблица 1). Низкий коэффициент вариации отмечен по 8 признакам ($V < 10\%$): продолжительность межфазных периодов «всходы-цветение» и «всходы-созревание», высота растения, количество семян в коробочке, содержание в семенах протеина, жира, золы, БЭВ. Сильно варьирующими ($V > 20\%$) характеризовались такие признаки как: полегание растений (80,1%), количество стеблей 1-го порядка (21,5%), количество коробочек (22,1%), количество семян с растения (20,2%), продуктивность одного растения (23,4%), клетчатки (20,3%). Изменчивость средней степени ($V = 10-20\%$) выявлена по 22% изученных признаков: продолжительность цветения (13,7%), высота прикрепления нижней коробочки (14,9%), масса 1000 семян (12,9%), урожайность семян (18,6%).

Таблица 1 – Параметры льна масличного, 2019-2023 гг.

Параметр	Показатель*				
	x	sx	min	max	V
Период «всходы-цветение», дни	44,1	0,38	40,6	50,6	5,4
Продолжительность цветения, дни	12,3	0,27	8,8	15,8	13,7
Период «всходы-созревание», дни	74,5	0,39	71,5	80,8	3,2
Высота растения, см	50,0	0,70	35,4	57,8	8,8
Высота прикрепления нижней коробочки, см	33,4	0,80	19,2	43,7	14,9
Полегание растений, %	9,5	1,21	0,3	29,7	80,1
Количество стеблей 1-го порядка, шт.	2,4	0,08	1,6	3,8	21,5
Количество коробочек, шт.	27,6	0,98	16,7	43,4	22,1
Количество семян в коробочке, шт.	7,8	0,05	7,2	8,7	4,2
Количество семян с растения, шт.	211,9	6,86	125,6	322,7	20,2
Масса 1000 семян, г	5,4	0,11	4,3	7,9	12,9
Продуктивность растения, г	1,13	0,04	0,7	2,1	23,4
Урожайность семян, т/га	1,10	0,03	0,80	1,71	18,6

Содержание в семенах протеина, %	20,5	0,15	17,8	22,9	4,6
Жира, %	39,3	0,28	38,3	42,6	4,5
Клетчатки, %	7,1	0,23	5,6	12,5	20,3
Золы, %	4,0	0,02	3,9	4,4	3,1
БЭВ, %	29,2	0,30	25,9	31,5	6,5

*Примечание: \bar{x} – среднее значение; s_x – ошибка среднего значения; \min – минимальное значение; \max – максимальное значение; V – коэффициент вариации, %

Математическая обработка данных эксперимента позволила рассчитать матрицу коэффициентов корреляции (240 коэффициентов). В состав данной матрицы вошли тринадцать признаков, характеризующих фенотипическое проявление и пять параметров биохимического состава семян. При этом, четырнадцать коэффициентов корреляции обнаружены значимыми на 5% уровне, восемнадцать коэффициентов корреляции – на 1% уровне. Оценка достоверности корреляций признаков опиралась на общепринятую градацию: 0,71-0,90 – высокая; 0,51-0,70 – средняя; 0,31-0,50 – слабая (при уровне значимости коэффициента корреляции $p = 0,01$).

Выявлена высокая положительная взаимосвязь между урожайностью семян и продуктивностью одного растения ($r=0,89^{**}$), продолжительностью периодов от всходов до цветения и от всходов до созревания ($r=0,86^{**}$), длиной стебля и высотой прикрепления нижней коробочки ($r=0,86^{**}$), количеством на растении семян и коробочек ($r=0,96^{**}$), количеством на растении коробочек и продуктивностью одного растения ($r=0,80^{**}$), продуктивностью растения и количеством семян с растения ($r=0,83^{**}$). Высокая отрицательная взаимосвязь отмечена между содержанием в семенах жира и БЭВ ($r= -0,82^{**}$).

Средняя положительная степень коэффициентов корреляции замечена между урожайностью семян и количеством с растения коробочек ($r=0,59^{**}$) и семян ($r=0,64^{**}$), между урожайностью и массой 1000 семян ($r=0,60^{**}$). Выборка характеризовалась отрицательным коэффициентом корреляции средней степени между содержанием в семенах протеина и клетчатки ($r=0,64^{**}$).

Стоит обратить внимание на слабую положительную взаимосвязь между полеганием растений и периодами от всходов до цветения ($r=0,16^{**}$) и созревания

($r=0,14^*$), количеством семян в коробочке и высотой растения ($r=0,49^{**}$), количеством стеблей и: количеством на растении коробочек ($r=0,44^{**}$), семян ($r=0,49^{**}$), продуктивностью растения ($r=0,45^{**}$), урожайности семян ($r=0,37^*$). Между рядом признаков отмечена слабая отрицательная взаимосвязь: высота прикрепления нижней коробочки-продолжительность цветения ($r= -0,33^*$), высота прикрепления нижней коробочки-количество стеблей на растении ($r= -0,35^*$), высота прикрепления нижней коробочки-продуктивность одного растения ($r= -0,31^*$), содержание клетчатки-БЭВ ($r= -0,41^{**}$).

Для понимания степени тесноты взаимосвязи между признаками необходимо воспользоваться коэффициентом детерминации R (r^2). Данный параметр указывает, на какой процент изменчивости одного из изучаемых признаков способен оказать влияние другой признак. Результаты указывает на тесную зависимость между продолжительностью межфазных периодов ($r^2=74,0\%$), высотой прикрепления нижней коробочки и высотой всего растения ($r^2=74\%$), количеством с растения коробочек и семян ($r^2=92,0\%$), содержанием в семенах жира и БЭВ ($r^2=67,0\%$), продуктивностью одного растения и урожайностью семян с единицы площади ($r^2=79,0\%$). Средняя степень коэффициента детерминации обнаружена между толщиной стебля и такими параметрами как урожайность семян-количество семян с растения ($r=41,0\%$), урожайность семян-масса 1000 семян ($r=0,36\%$), содержание в семенах протеина-клетчатки ($r=41,0\%$).

Изменчивость количественных признаков особенно подвержена влиянию окружающей среды. Это приводит к тому, что возникает необходимость использования методов биологической статистики при оценке вариантов по количественным признакам, которые обобщают вероятностные характеристики рассматриваемого набора генотипов [11]. К числу таких методов относят и дисперсионный анализ, который позволяет определить силу влияния регулируемых и нерегулируемых факторов на результативный признак. Вклад факторов в общую изменчивость в опыте варьирует в зависимости от признака (рисунок 2).

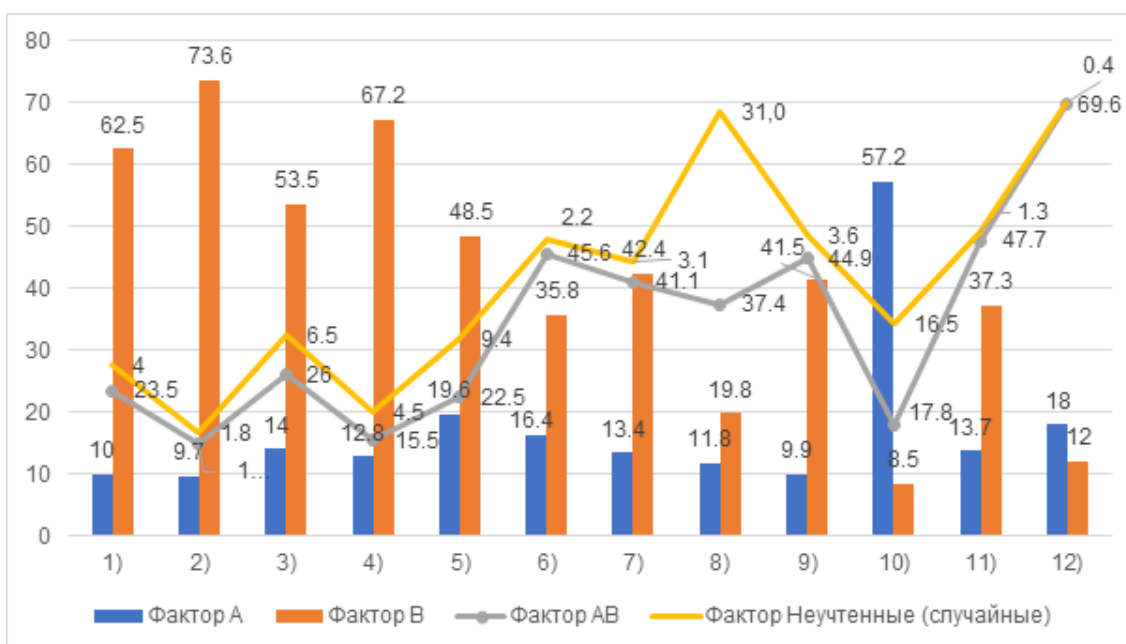


Рисунок 2 - Вклад факторов в общую изменчивость количественных признаков льна масличного (%), 2019-2023 гг.

*Примечание: 1) - Период «всходы-цветение», дни; 2) - Продолжительность цветения, дни. 3) - Период «всходы-созревание», дни; 4) - Высота растения, см; 5) - Высота прикрепления нижней коробочки, см; 6) - Количество стеблей 1-го порядка (кустистость), шт.; 7) - Количество коробочек на растении, шт.; 8) - Количество семян в коробочке, шт.; 9) - Количество семян с растения, шт.; 10) - Масса 1000 семян, г; 11) - Продуктивность растения, г; 12) - Урожайность семян, т/га

Выявлено, что на продолжительность межфазных периодов и формирование высоты растения более 50% составляет доля фактора условий выращивания. Проявление таких параметров как высота прикрепления нижней коробочки, количество стеблей на растении, количество коробочек на растении, количество семян в коробочке, количество семян с растения, продуктивность одного растения в большей степени складывалось от влияния двух факторов среды (В) и взаимодействия генотип-среда (АВ). Наибольшую долю влияния генотип (фактор А) оказал на массу 1000 семян (57,2%). А наибольшая доля влияния фактора взаимодействия генотип – среда выявлена по урожайности семян (69,6%).

Заключение. Стоит отметить, что наличие сильных различий между образцами по ряду признаков (полегание растений - 80,1%, количество стеблей 1-го порядка - 21,5%), количество коробочек - 22,1%), количество семян с растения - 20,2%), продуктивность одного растения - 23,4%, клетчатки - 20,3%), указывает на возможность выявления из выборки генотипов с наилучшим их проявлением для

включения в селекционную программу. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что основное влияние на проявление межфазных периодов и морфологических параметров в исследуемой выборке льна оказали особенности условий выращивания и взаимодействие факторов генотип среда. Наименее зависимым от условий выращивания является параметр крупности семян, в проявлении которого основной вклад внес фактор генотипа (57,2%). Роль генотипа в проявлении остальных признаков варьировал от 9,7% до 19,6%.

Список литературы

1. Колотов А.П. Лён масличный на Среднем Урале (монография). Екатеринбург, 2020. – 227 с.
2. Maggioni L., Pavelek M., van Soest L.J.M., Lipman E. Flax Genetic Resources in Europe. Ad Hoc Meeting. Prague, Czech Republic, 2001. – 85 p.
3. Галкин Ф.М., Хатнянский В.И., Тишков Н.М., Пивень В.Т., Шафоростов В.Д. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. Краснодар, 2008. – 191 с.
4. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Кривошлыков К.М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – № 4 (164). – С. 81-102.
5. Kasana R.K., Singh P.K., Tomar A., Mohan S., Kumar S. Selection parameters (heritability, genetic advance, correlation and path coefficient) analysis in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // The Pharma Innovation Journal. – 2018. – Vol. 7 (6). – p. 16-19.
6. Колотов А.П. Экологическая и матрикальная разнокачественность семян масличного льна // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 1. (185). – с. 18-26. doi.org/10.25230/2412-608X-2021-1-185-18-26
7. Колотов А.П., Синякова О.В. Лён масличный – перспективная культура для Свердловской области // Агропромышленная политика России. – 2014. – № 3. – С. 36–38.
8. Волков Д.П., Зайцев С.А., Носко О.С. Оценка генофонда льна масличного

для селекции в Нижневолжском регионе // В сборнике: Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Саратов, 2021. С. 82-90.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / М.: Альянс, 2014. – 351 с.

10. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.

11. Смиряев А.В., Гохман М.В. Биометрические методы в селекции растений. М.: Агропромиздат, 1985. – 214 с.

© Зайцев С.А., Рожкова А.А., 2024

Научная статья

УДК 635.71

О.А. Зюкова¹, Н.В. Рязанцев¹, Ю.К. Земскова²

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

²Покровская епархия

К ВОПРОСУ ПОДБОРА СОВРЕМЕННОГО СОРТИМЕНТА ПРЯНО-ВКУСОВЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В данной статье рассматривается подбор современного сортимента пряно-вкусовых овощных культур. Исследования проводились на кафедре «Защита растений и плодоовощеводство» Вавиловского университета.

Ключевые слова: сорт, пряно-вкусовые овощные культуры, нигелла, базилик.

O.A. Zyukova¹, N.V. Ryazantsev¹, Yu.K. Zemskova²

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

²Pokrovskaya diocese

ON THE ISSUE OF SELECTION OF A MODERN ASSORTMENT OF SPICY-FLAVORING VEGETABLE CROPS

Annotation. This article discusses the selection of a modern assortment of spicy-flavoring vegetable crops. The research was carried out at the Department of Plant Protection and Horticulture at Vavilov University.

Keywords: variety, spicy-flavoring vegetable crops, nigella, basil, thyme, lemon balm.

Введение. Пряно-вкусовые овощные культуры являются важным компонентом в ежедневном меню питания человека. Эфирные масла, находящиеся в пряно-вкусовых растениях, а также и другие биологические активные вещества улучшают кулинарные качества продуктов, возбуждают деятельность вкусовых и пищеварительных органов, вызывают аппетит, усиливают усвояемость пищевых продуктов, благоприятно влияют на обмен веществ, деятельность нервной и сердечно-сосудистой систем. Оказывают благоприятное действие на организм человека, способствуя нормализации функций отдельных органов [2, 3, 5].

Пряно-вкусовые овощные культуры применяют в консервном производстве, в кондитерском производстве, а также в кулинарии, при изготовлении салатов, маринадов. Многие пряно-вкусовые овощные культуры используют для ароматизации различных напитков, шоколада, бисквитов, кремов и пломбир. В различных регионах страны и за рубежом используют в качестве заменителей чая и кофе. Некоторые пряности обладают ярко выраженными антисептическими и лечебными свойствами и широко применяются в парфюмерии, мыловарении и медицине [3,5, 6].

Подбор современного сортимента пряно-вкусовых овощных культур важный и малоизученный вопрос в нашем регионе.

Материалы, методы и методология. Исследования проводились на кафедре «Защита растений и плодоовощеводство» Вавиловского университета. Исследования различных сортов пряно-вкусовых овощных культур на примере базилика, нигеллы проводилось по данным интернет ресурсов.

Результаты исследований. В результате исследований были изучены несколько ведущих семенных компаний: ООО «Агрофирма АЭЛИТА», Компания «СеДеК», «Удачные семена» (Гавриш), Агрофирмы «ПОИСК».

Базилик сорт Аромат ванили. Рекомендуется использовать в качестве вкусовой добавки в домашней кулинарии и при консервировании как в свежем, так и в сушеном виде. Растение прямостоячее, средней плотности. Лист яйцевидной формы, средней длины и ширины, зеленый, глянецвитость отсутствует или очень слабая, слабопузырчатый, вогнутый, волнистость края отсутствует или очень слабая, мелкозубчатый по краю. Черешок короткий. Окраска цветков темно-фиолетовая. Основные характеристики сорта приведены в таблице 1 [1].

Базилик сорт Пурпурный шар. Листья темно-фиолетовые. Цветение позднее, что значительно увеличивает время хозяйственного использования. Сорт является засухоустойчивым, можно выращивать в контейнерной культуре на балконе и подоконнике. Прекрасно растет в теплицах и открытом грунте. Основные характеристики сорта приведены в таблице 1 [1].

Базилик сорт Гвоздичный. Раннеспелый. Листья длинно-черешковые, ярко-зеленые, морщинистые, край зубчатый. Используется в свежем виде в качестве салатной зелени и пряно-вкусовой добавки, а также натурального ароматизатора в кулинарии и при консервировании. Основные характеристики сорта приведены в таблице 1 [1].

Базилик сорт Карамельный. Рекомендуется использовать его в свежем виде в качестве салатной зелени, пряно-вкусовой добавки и натурального ароматизатора в кулинарии и при консервировании. Растение раскидистое. Лист

темно-зеленый с серым оттенком, гладкий. Стебель белесовато-зеленый, имеющий антоциановую окраску ближе к соцветию. Ценность сорта заключается в высокой урожайности. Основные характеристики сорта приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Основные характеристики сортов базилика овощного

Сорт	Тип роста	Высота, см	Размер листьев	Аромат	Период от всходов до технической спелости, дней	Урожайность, кг/м ²
Аромат ванили	низкорослый	30	средний	ванильный	50-60	2,2-2,3
Пурпурный шар	низкорослый	25-30	мелкий	мягкий, приятный	50-60	1,5-2,0
Гвоздичный	среднерослый	30-40	крупный	гвоздичный, гвоздично-анисовый	30-40	1,0-2,4
Карамельный	среднерослый	30-40	средний	фруктово-карамельный	35-45	2,7-3,3

По данным таблицы 1, лучшим из низкорослых сортов базилика является сорт Аромат ванили, урожайность составила – 2,2-2,3 кг/м². Лучшим из среднерослых сортов базилика является сорт Карамельный, урожайность данного сорта – 2,7-3,3 кг/м².

Нигелла сорт Дива. Однолетнее растение с ветвистым стеблем. Листья перисто-рассеченные, зеленые, неопушенные. Цветки простые, звездообразные, светло-голубые. Сорт холодостойкий, засухоустойчивый. Семена черные, употребляют в пищу как приправу к мясным и рыбным блюдам, салатам, при засолке огурцов, квашении капусты, используют вместо черного перца, так как не раздражают слизистую оболочку желудка. Перед употреблением рекомендуют раздавить семена и слегка обжарить их в растительном масле. Нигелла полезна при лечении кожных заболеваний, как антигельминтное и общеукрепляющее средство. Используется также в качестве декоративной культуры для цветников. Прекрасный медонос. Основные характеристики сорта приведены в таблице 4 [4].

Выводы. В результате исследования современного сортимента базилика и нигеллы данные сорта выбраны для дальнейшего изучения и проведения исследований.

Список литературы

1. Государственный реестр селекционных достижений. Том 1 Сорта растений. [Электронный ресурс] URL <https://reestr.gossortrf.ru/search/vegetable/>
2. Для чего используют пряные растения. [Электронный ресурс] URL <https://semku.ru/article/pryanye-rasteniya>
3. Котов, В. П. Овощеводство: учебное пособие для вузов / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пуць [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 496 с.
4. Нигелла посевная (черный тмин). [Электронный ресурс] URL https://www.semenasad.ru/catalog/semena_ovoshchey/packvegseeds/nigella_posevnaya_chernyy_tmin/13948/?oid=15279
5. Овощеводство/проф., д.с.х.н. Г.И. Тараканов, проф., д.с.х.н. В.Д. Мухин, К.А. Шуин и 0-32 др. Под ред. Г.И. Тараканова и В.Д. Мухина. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: КолосС, 2003. — 472 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
6. Пряные растения. [Электронный ресурс] URL <https://ecosystema.ru/07referats/cultrast/i043.htm?ysclid=ltycju3ege13301293>

© Зюкова О.А., Рязанцев Н.В., Земскова Ю.К., 2024

Научная статья

УДК 579.64:633.16

К.Ю. Каргаполова¹, А.А. Беляева¹, О.В. Ткаченко¹, Г.Л. Бурьгин^{1,2}, Н.В. Евсева²

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 СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ У ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Аннотация. В статье рассматривается влияние 7 штаммов ризосферных бактерий на содержание фотосинтетических пигментов хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в листьях ярового ячменя, выращенного в полевых условиях Саратовского Левобережья. Инокуляция семян штаммами *Azospirillum brasilense* SR80, SR88 и Cd увеличивала выработку всех пигментов, но максимальный эффект обнаруживался под влиянием *A. brasilense* SR80 и по содержанию хлорофилла *b*.

Ключевые слова: PGPR, ризосферные бактерии, яровой ячмень, фотосинтетические пигменты, хлорофилл, каротиноиды

K.Y. Kargapolova¹, A.A. Belyaeva¹, O.V. Tkachenko¹, G.L. Burygin^{1,2}, N.V. Evseeva²

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 Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

THE EFFECT OF RHIZOBACTERIA ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SPRING BARLEY

Annotation. The article examines the effect of 7 strains of rhizospheric bacteria on the content of photosynthetic pigments chlorophyll *a*, *b* and carotenoids in the leaves of spring barley grown in the field of the Saratov Left Bank. Inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* SR80, SR88 and Cd strains increased the production of all pigments, but the maximum effect was found under the influence of *A. brasilense* SR80 and chlorophyll *b* content.

Keywords: PGPR, rhizospheric bacteria, spring barley, photosynthetic pigments, chlorophyll, carotenoids

Ячмень (*Hordeum sativum* L.) является четвертой по значимости зерновой культурой в мире, используемой в основном в пищевом и кормовом направлении (Cai et al., 2020). Ризосферные стимулирующие рост растений бактерии (PGPR) способны образовывать ассоциации «растение–микроорганизм», в результате чего стимулируется рост растений, они могут приобрести устойчивость к неблагоприятным абиотическим факторам окружающей среды и иммунитет к фитопатогенным грибам и бактериям (Vetoshkina et al., 2019).

В ряде исследований показано, что инокуляция ризобактериями растений приводит к повышению общего содержания хлорофилла в листьях (Panwar et al., 2000; Omar et al., 2000). В связи с этим, в данном исследовании проводилось изучение влияния ризосферных бактерий на содержание фотосинтетических пигментов в растениях ярового ячменя в условиях абиотических стрессовых факторов Нижневолжского региона.

Исследования проводились на темно-каштановой почве в Энгельском районе Саратовской области в УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. Объектами исследований служили сорт ярового двурядного ячменя Маргрет и штаммы ризобактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *A. brasilense* Sp7, SR80, SR88, Cd, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 и *Enterobacter ludwigii* K7, полученные из коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН (WorldDataCentreforMicroorganisms – WDCM № 1021; <http://collection.ibppm.ru>).

Семена ячменя инокулировали штаммами ризобактерий непосредственно перед посевом. Для инокуляции семян и растений использовали 18-часовую бактериальную суспензию с содержанием 10^8 кл/мл. Для анализа отбирали листья растений в фазу кущения. Фотосинтетические пигменты определяли по методике (Wellburn, 1994).

Результаты анализа обрабатывали методом дисперсионного анализа и Тьюки-теста с помощью программного пакета Statistica v.10 (StatSoft, Inc., Талса,

Оклахома, США).

Листья опытных и контрольных растений в фазу кущения не различались по содержанию хлорофилла *a* в большинстве вариантов опыта за исключением варианта с инокуляцией семян штаммом *A. brasilense* SR80, в котором содержание данного пигмента увеличивалось на 25% по сравнению с контролем (Рисунок 1). Еще более значительно увеличивалось содержание каротиноидов под влиянием инокуляции семян тем же штаммом на 42% (Рисунок 2). По количеству хлорофилла *b* достоверное увеличение обнаружено в вариантах с инокуляцией семян штаммами *A. brasilense* SR80, SR88 и Cd соответственно на 80, 49 и 53% (Рисунок 3).

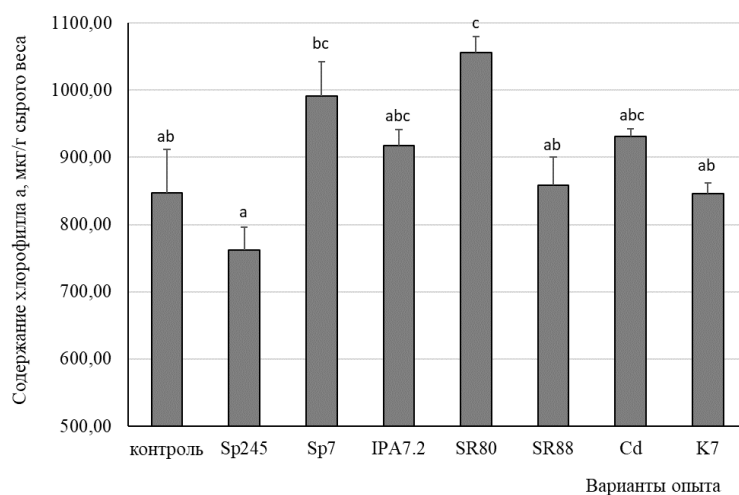


Рисунок 1. Содержание хлорофилла *a* в листьях ярового ячменя

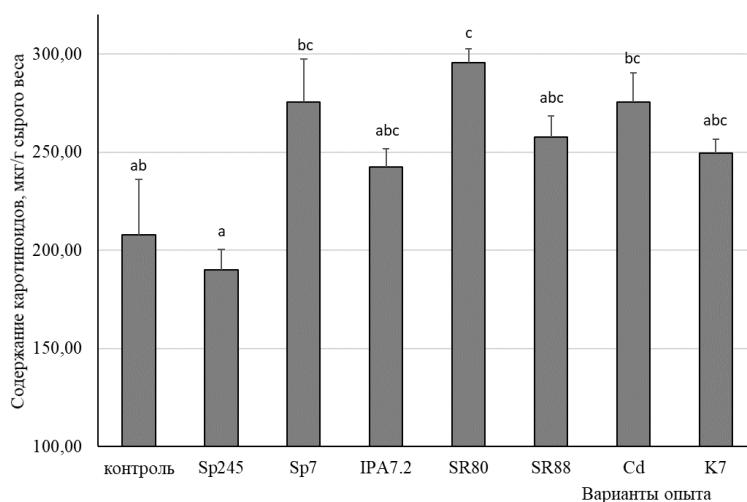


Рисунок 2. Содержание каротиноидов в листьях ярового ячменя

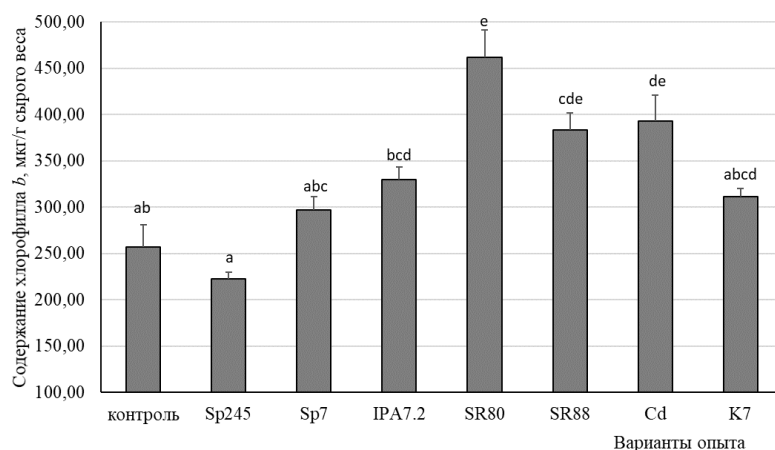


Рисунок 3. Содержание хлорофилла *b* в листьях ярового ячменя

Повышение содержания хлорофиллов и, следовательно, усиление фотосинтеза, является известной реакцией растений на инокуляцию PGPR (Alam et al., 2001; Deka et al., 2002; Sharma, 2003). Как правило, повышение содержания хлорофилла считается параметром, совпадающим с усилением фотосинтеза (Amir et al., 2001), что приводит к накоплению биомассы, в том числе продуктивности растений по зерну.

В данном исследовании инокуляция семян ячменя ризобактериями *A. brasilense* трех штаммов SR80, SR88 и Cd приводила к повышению содержания в большей степени хлорофилла *b*. Штаммам *A. brasilense* SR80 усиливала выработку всех пигментов, в том числе желтых пигментов фотосинтеза (каротиноидов), которые не только передают поглощенную световую энергию хлорофиллу *a*, но и выполняют защитную, антиоксидантную функцию, защищая клетку от образования активных форм кислорода.

Таким образом, наибольшее влияние на синтез фотосинтетических пигментов, особенно хлорофилла *b*, в листьях ярового ячменя сорта Маргрет оказали штаммы *A. brasilense* SR80, SR88 и Cd, в особенности *A. brasilense* SR80, что является предпосылкой для повышения продуктивности растений в стрессовых условиях Нижнего Поволжья.

Список литературы

1. Alam, M.S. Grain yield and related physiological characteristics of rice

plants (*Oryza sativa* L.) inoculated with free-living rhizobacteria / M.S. Alam, Z.J. Cui, T. Yamagishi, R. Ishii //Plant Production Science. – 2001. – V. 4. – №. 2. – P. 126-130. <https://doi.org/10.1626/pps.4.126>

2. Amir, H.G. Effects of Azospirillum inoculation on N₂ fixation and growth of oil palm plantlets at nursery stage / H.G. Amir, Z.H. Shamsuddin, M.S. Halimi, M.F. Ramlan, M. Marziah //Journal of Oil Palm Research. – 2001. – V. 13. – №. 1. – P. 42-49.

3. Cai, K. Screening of worldwide barley collection for drought tolerance: the assessment of various physiological measures as the selection criteria / K. Cai, X. Chen, Z. Han, X. Wu, S. Zhang, Q. Li //Frontiers in plant science. – 2020. – V. 11. – P. 563745. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01159>

4. Deka Boruah, H.P. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent Pseudomonas strain / H.P. Deka Boruah, B.S. Dileep Kumar // Folia microbiologica. – 2002. – V. 47. – P. 137-143. <https://doi.org/10.1007/BF02817671>

5. Panwar, J.D.S. Response of Azospirillum and Bacillus on growth and yield of wheat under field conditions / J.D.S. Panwar, S. Ompal //Indian Journal of Plant Physiology. – 2000. – V. 5. – №. 1. – P. 108-110.

6. Omar, M.N.A. Effect of inoculation with Azospirillum brasilense NO40 isolated from Egyptian soils on rice growth in China / M.N.A. Omar, P. Fang, X.M. Jia // Egypt J Agric Res. – 2000. – 78. – P. 1005–1014.

7. Sharma, A. Plant growth-promoting bacterium Pseudomonas sp. strain GRP3 influences iron acquisition in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck) / A. Sharma, B.N. Johri, A.K. Sharma, B.R. Glick //Soil Biology and Biochemistry. – 2003. – V. 35. – №. 7. – P. 887-894. [https://doi.org/10.1016/s0038-0717\(03\)00119-6](https://doi.org/10.1016/s0038-0717(03)00119-6)

8. Vetoshkina, D.V. The Increase in Adaptive Capacity to High Illumination of Barley Plants Colonized by Rhizobacteria *P. putida* BS3701 / D.V. Vetoshkina, I.Y. Pozdnyakova-Filatova, E.M. Zhurikova, // ApplBiochemMicrobiol. – 2019. – V. 55.– P. 173–181. <https://doi.org/10.1134/S0003683819020133>

9. Wellburn, A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well

as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution / A.R. Wellburn // J Plant Physiol. – 1994. – 144. – P. 307–313. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)

© К.Ю. Каргаполова, А.А. Беляева, О.В. Ткаченко, Г.Л. Бурьгин, Н.В. Евсева, 2024

Научная статья

УДК 631.8

А.А. Киселёва, Н.Н. Шулико

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ В РИЗОСФЕРЕ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН

Аннотация. По результатам проведенных исследований, выявлено положительное влияние предпосевной бактеризации семян на численность микромицетов в прикорневой зоне почвы зернофуражных культур. Наиболее интенсивный рост грибной микрофлоры отмечен в ризосфере овса Сибирский Геркулес при применении биопрепарата ассоциативной азотфиксации Мизорин (увеличение в 3-4 раза относительно контроля).

Ключевые слова: микромицеты, бактеризация, ризосфера, ячмень, овес.

А.А. Kiselyova, N.N. Shuliko

Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center", Omsk, Russia

CHANGES IN THE NUMBER OF MICROMYCETES IN THE RHIZOSPHERE OF GRAIN CROPS DURING PRE-SOWING INOCULATION OF SEEDS

Annotation. According to the results of the conducted studies, the positive effect of pre-sowing bacterization of seeds on the number of micromycetes in the root zone of the soil of grain crops was revealed. The most intensive growth of fungal microflora was noted in the rhizosphere of Siberian oats when using the biopreparation of associative nitrogen fixation Mizorin (an increase of 3-4 times relative to the control).

Keywords: micromycetes, bacterization, rhizosphere, barley, avena.

Применение биопрепаратов комплексного действия оказывает положительное влияние на питательный режим почвы, усиливает поступление биологического азота, увеличивает продуктивность растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания, стимулирует рост агрономически значимых групп микроорганизмов. На микробный комплекс оказывает целый ряд факторов, в том числе и инокуляция [1-3].

Исследования по применению биологических препаратов были выполнены на полях Омского аграрного научного центра в 2022-2023 г. на опытных участках площадью 15 м². Почва опытного участка лугово-черноземная средне-мощная среднегумусная, содержание нитратного азота 7,5 мг/кг. Бактеризацию семян зернофуражных культур, овса (Сибирский Геркулес), ячменя (Омский 101) выполняли препаратами Мизорин (*Arthrobacter mysorens*), Флавобактерин (*Flavobacterium*) предоставленные Всероссийским НИИ сельскохозяйственной микробиологии. Отбор проб ризосферы проводили в фазы развития культуры: кущение (июнь), колошение (июль), налив зерна (август). Вегетационные периоды характеризовались как засушливые, особенно 2023 год с ГТК= 0,80, 2022 = 1,02.

Количественный учет микроорганизмов проводили общепринятым методом путем посева почвенной суспензии на плотную питательную среду, посев

глубинный, среда Чапека, подкисленная молочной кислотой для грибов – разведение 10^{-3} [4].

Цель исследований – изучить изменение численности микромицетов в ризосфере зернофуражных культур при бактеризации семян.

Микрогрибы в почве играют роль сапрофитов, восстановителей, симбионтов, их вклад в получение урожая огромен. Они участвуют в процессах разложения сложных органических соединений, вступают в симбиоз с растениями, вырабатывают пигменты, антибиотики, биологически активные соединения и формируют структуру почвы.

На численность микроскопических грибов в ризосфере оказали влияние сорт, метеоусловия и применяемые биопрепараты. Первый год исследований можно был благоприятным для их развития. На рисунке представлено положительное влияние ассоциативных diaзотрофов на численность микромицетов практически во всех вариантах опыта. Так, при бактеризации семян зернофуражных культур Мизорином, численность тестируемой группы увеличилась в 2 раза относительно неудобренного варианта. Применение Флавобактерина на ячмене увеличивало их количество несколько в меньшей степени - на 20 % относительно контрольного варианта (рис.).

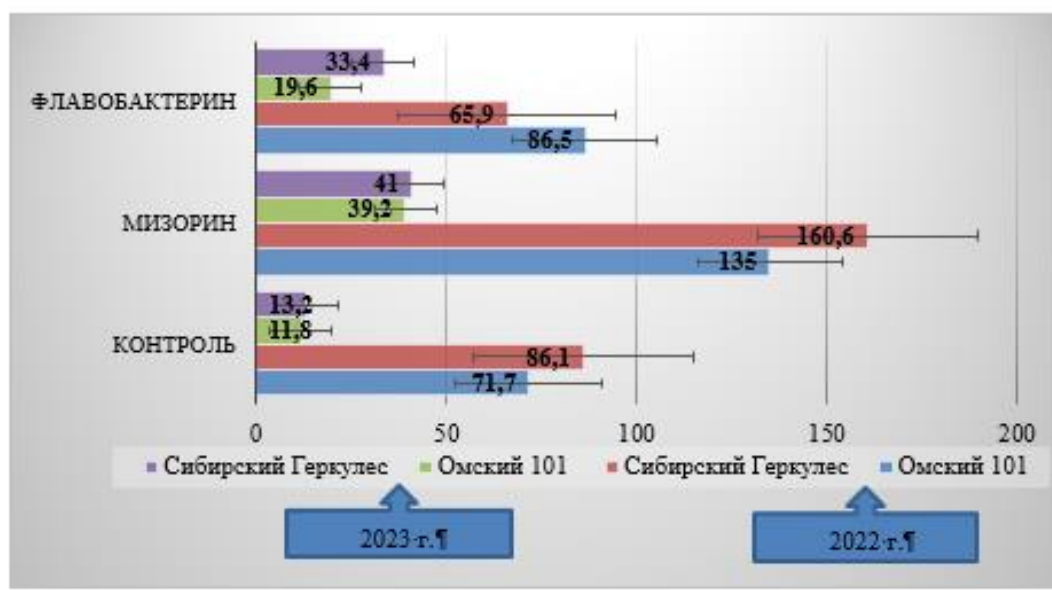


Рисунок – Изменение численности микромицетов в ризосфере зернофуражных культур при бактеризации семян

Следующий год проведения исследований (2023 г.) был менее благоприятным для исследуемой группы микроорганизмов. Наибольший положительный эффект наблюдали, как и в предыдущий год, при инокуляции Мизорином в (увеличение в 3-4 раза относительно контроля). Флавобактерин также оказал положительное воздействие, (возрастание в 2-3 раза к контролю).

Таким образом, наиболее благоприятные условия для развития микромицетов в ризосфере зернофуражных культур сформировались в 2023 г. Наиболее интенсивный рост грибной микрофлоры отмечен в ризосфере овса Сибирский Геркулес при применении биопрепарата ассоциативной азотфиксации Мизорин.

Список литературы

1. Зинченко, М. К. Комплекс микромицетов и актиномицетов в агроэкологическом мониторинге серой лесной почвы агроландшафтов / М. К. Зинченко, И. Д. Федулова, В. В. Шаркевич // Владимирский земледелец. – 2019. – № 3(89). – С. 15-19. – DOI 10.24411/2225-2584-2019-10073

2. Вейнбендер, А. А. Влияние предпосевной инокуляции семян сои на развитие микромицетов в ризосфере / А. А. Вейнбендер, Н. Н. Шулико // Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений : Материалы Международной научной заочной конференции, посвящённой 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства, Омск, 08 декабря 2022 года / Отв. редактор А.Б. Дымков. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 431-433

3. Оценка действия бактеризации семян на биологическую активность почвы в ризосфере сои / А. А. Вейнбендер, Л. Т. Солдатова, Н. А. Поползухина, Н. Н. Шулико // Экологические чтения - 2022 : XIII Национальная научно-практическая конференция (с международным участием), Омск, 09 июня 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 120-123.

4. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии 4-е изд., перераб. и доп. / Е.З.

Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева // М.: Колос, 1993. – 175 с.

© Киселёва А.А., Шулико Н.Н., 2024

Научная статья

УДК 581.331.2

А.А. Копилова, О.В. Гуторова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

ПЫЛЬЦЕВАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ ДИГАПЛОИДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

Аннотация. В статье рассматриваются данные анализа пыльцы дигаплоидных линий кукурузы с целью использования их в селекции. Получены данные по дефектности и размерам пыльцевых зерен. Наименьшее количество дефектной пыльцы наблюдалось у линии ГЛ 4 и ГЛ 6. По размерам пыльцевых зерен все линии были сходны, достоверных различий не обнаружено.

Ключевые слова: кукуруза, *Zea mays* L., пыльца, пыльцевое зерно, дигаплоидные линии

А.А. Koptilova, O.V. Gutorova

Saratov State University, Saratov, Russia

POLLEN ASSESSMENT OF NEW DIHAPLOID CORN LINES

Annotation. The article discusses the data of pollen analysis of dihaploid corn lines in order to use them in breeding. Data on the defects and sizes of pollen grains were obtained. The smallest amount of defective pollen was observed in the GL 4 and GL 6

lines. All lines were similar in size of pollen grains, no significant differences were found.

Keywords: corn, *Zea mays* L., pollen, pollen grain, dihaploid lines

Дигаплоидные линии эффективно используются в селекционной работе по созданию высокогетерозисных гибридов кукурузы. Такие линии получают путем удвоения гаплоидов, благодаря чему они обладают почти 100% гомозиготностью по аллелям всех генов. При скрещивании их между собой наблюдается высокий эффект гетерозиса у потомства [1, 2]. Для вовлечения новых линий в селекционный процесс по получению ценных гибридов кукурузы требуется исследование репродуктивного потенциала родительских форм. Для этих целей широко используют метод пыльцевой оценки, основанный на анализе пыльцевых зерен. Пыльцевой анализ является обязательным при оценке фертильности растений. Также, данный метод позволяет решать различные селекционные задачи: диагностика апомиксиса, идентификация полиплоидов, соблюдение пространственной изоляции посевов, отбор на контрастных температурах и др. [3, 4].

Целью работы было изучить пыльцу девяти новых дигаплоидных линий кукурузы для оценки перспектив их использования в селекции.

Материалом исследования была зрелая пыльца линий кукурузы гаплоидного происхождения ГЛ 1, ГЛ 2, ГЛ 3, ГЛ 4, ГЛ 5, ГЛ 6, ГЛ 9, ГЛ 10, ГЛ 11. Контролем служила пыльца линий кукурузы ГПЛ-1 и ТМ. Материал был собран в период открытого цветения и зафиксирован в ацетоалкоголе в 2023 году. При проведении анализа использовали методику приготовления временных ацетокарминовых препаратов зрелой пыльцы [5]. Препараты анализировали с помощью светового микроскопа Zeiss «Primo Star». В ходе исследования было проанализировано по 600 пыльцевых зерен (ПЗ) дигаплоидных линий кукурузы и контроля. Размеры ПЗ в количестве 100 штук каждого варианта измеряли на микроскопе Zeiss «Axioscop» с помощью программы «AxioVision»; все расчеты проводили с помощью программы «Microsoft Excel». Измеряли диаметр только

у выполненных, хорошо окрашенных ПЗ.

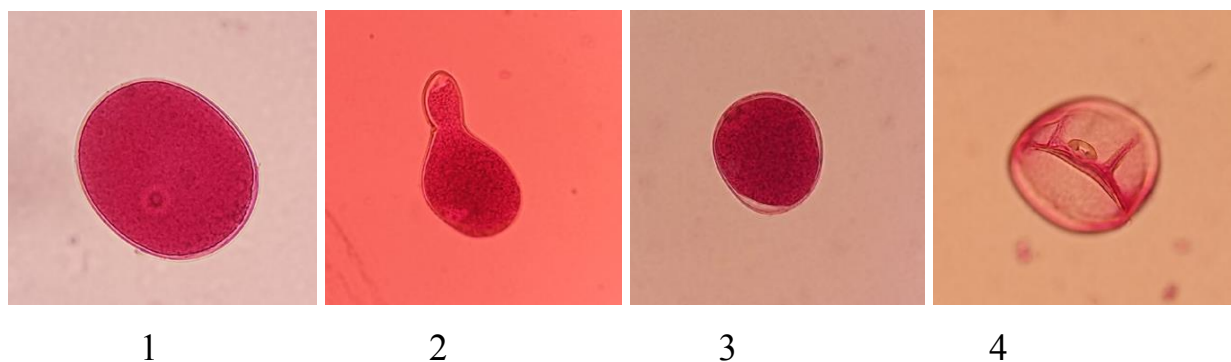
В результате анализа выяснилось, что основная часть (62,8-84 %) пыльцевых зерен во всех вариантах, включая контроль, имела типичное для кукурузы строение. Пыльцевые зерна нормального строения, как правило, имеют округлую форму, однопоровые, содержат одну вегетативную клетку и два спермия. Вегетативная клетка имеет одно округлое ядро. Спермии крупные, удлинённой формы. Наряду с нормальными, во всех вариантах встречались дефектные пыльцевые зёрна с высокой частотой (16-37,2 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Качество пыльцы дигамплоидных линий кукурузы

Линия	Дефектные ПЗ, %	Всего, шт.
ГЛ 1	37,2	600
ГЛ 2	23,5	600
ГЛ 3	20,8	600
ГЛ 4	16,0	600
ГЛ 5	25,7	600
ГЛ 6	17,3	600
ГЛ 9	20,17	600
ГЛ 10	32,67	600
ГЛ 11	17,5	600
ГПЛ-1	11,3	600
ТМ	24,0	600

Наиболее часто во всех вариантах встречались следующие аномалии: плазмолизированные и пустые пыльцевые зерна (рисунок). Плазмолизированные ПЗ присутствовали во всех вариантах с частотой от 5,33 до 28,17 %; пустые – с частотой от 0,5 до 11,8 %. Также, были обнаружены ПЗ нетипичной формы с выростами (0,5-1,83 %) и ярко окрашенные (0,0-0,3 %). В контрольных вариантах были обнаружены плазмолизированные и пустые ПЗ.

Таким образом, анализ показал, что наименьшее количество дефектной пыльцы было у линии ГЛ 4 (16 %) и линии ГЛ 6 (17,3 %). Контрольные линии характеризовались высоким количеством дефектных ПЗ: 11,3 % у линии ГПЛ-1, 24 % у линии ТМ.



1 – нормальное (ГЛ 10); 2 – нетипичной формы с выростом (ГЛ 9); 3 – с плазмоллизом (ГЛ 4), 4 – пустое (ГЛ 10)

Рисунок – Пыльцевые зерна: нормальное и дефектные

Результаты исследования показали, что размеры пыльцевых зерен во всех линиях, включая контроль, лежат в пределах от 72,20 до 99,96 мкм (таблица 2). Наименьшего размера пыльцевые зерна встречались у линии ГЛ 1, наибольшего у линии ГЛ 2. Микрозерна и большие ПЗ встречались в единичном количестве.

Таблица 2 – Размеры пыльцевых зёрен

Линия	Средний размер, мкм	Коэффициент вариации
ГЛ 1	77,79 ± 5,59	7,18
ГЛ 2	93,28 ± 6,68	7,16
ГЛ 3	90,06 ± 6,55	7,27
ГЛ 4	88,05 ± 5,62	6,38
ГЛ 5	84,96 ± 4,57	5,38
ГЛ 6	91,94 ± 5,04	5,48
ГЛ 9	83,84 ± 5,82	6,94
ГЛ 10	86,13 ± 5,56	6,45
ГЛ 11	91,41 ± 5,43	5,94
ГПЛ 1	88,24 ± 5,19	5,88
ТМ	93,09 ± 5,01	5,38

Количество дефектной пыльцы у всех линий, включая контроль, превышало допустимое значение в 11 % [6]. Согласно проведенным ранее исследованиям, у контрольных линий ГПЛ-1 и ТМ в течение нескольких лет наблюдались частоты дефектной пыльцы, не превышающие 10 % (неопубликованные данные). В настоящем исследовании наличие большого количества дефектных ПЗ,

вероятно, связано с неблагоприятными условиями возделывания кукурузы в 2023 году (сухое и жаркое лето). Различия между средними размерами пыльцевых зерен оказались недостоверными, что свидетельствует о сходстве размеров пыльцы у исследованных линий. На основании полученных данных для дальнейших работ можно рекомендовать линии ГЛ 4 и ГЛ 6, которые имеют наименьшее количество дефектной пыльцы по сравнению с остальными дигамплоидными линиями.

Список литературы

1. Михайлов М.Э. Применение дигамплоидных линий в генетическом анализе и в селекции кукурузы. Кишинэу : Типография «Print-Caro», 2018. 232 с.
2. Werkissa Yali. Haploids and doubled haploid technology application in modern plant breeding // Journal of Plant Sciences. 2022. Vol. 10, No. 2. P. 71-75.
3. Цаценко Л.В. Цитологический анализ в генетическом мониторинге: учебное пособие. Краснодар : КубГАУ, 2023. 119 с.
4. Цаценко Л.В. Пыльцевой анализ в селекции растений / Л.В. Цаценко, А.С. Синельникова // Научный журнал КубГАУ. 2012. №77(03). С. 88-98.
5. Юдакова О.И., Гуторова О.В., Беляченко Ю.А. Методы исследования репродуктивных структур и органов растений : учебно-методическое пособие для студентов биологического факультета. Саратов : Изд-во Сарат. Ун-та, 2012. 42 с.
6. Куприянов П.Г. Диагностика систем семенного размножения в популяциях цветковых растений. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1989. 160 с.

© Коптилова А.А., Гуторова О.В., 2024

Научная статья

УДК 632.952:632.4:633.11

Е.Е. Критская, В.А. Павлова

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

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И РАЗВИТИЕ СЕПТОРИОЗА В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. В статье рассматривается влияние фунгицидов Альто Супер, КЭ и Амистар Экстра, СК на распространенность и развитие септориоза в посевах озимой пшеницы и ее урожайность. Применение фунгицидов позволило пролечить септориоз на растениях озимой пшеницы. Максимальная эффективность была отмечена на варианте с Амистар Экстра, СК за счет более длительного срока защиты, где распространенность септориоза составила 0,1%, а развитие – 0,2%. На этом же варианте была получена наибольшая урожайность озимой пшеницы и составила 60,96 ц/га.

Ключевые слова: урожайность, септориоз, распространенность, развитие, Альто Супер, Амистар Экстра.

E.E. Kritskaya, V.A. Pavlova

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

THE EFFECT OF FUNGICIDES ON THE PREVALENCE AND DEVELOPMENT OF SEPTORIA IN WINTER WHEAT CROPS

Annotation. The article considers the effect of the fungicides Alto Super and Amistar Extra on the prevalence and development of septoria in winter wheat crops and its yield. The use of fungicides made it possible to treat septoria on winter wheat plants. The maximum effectiveness was noted in the variant with Amistar Extra due to a longer duration of treatment, where the prevalence of septoria was 0.1%, and the development

was 0.2%. In the same variant, the highest yield of winter wheat was obtained and amounted to 60.96 kg/ha.

Keywords: yield, septoria, prevalence, development, Alto Super, Amistar Extra.

Септориоз листьев и колоса в течение длительного периода времени остается одной из наиболее распространенных и вредоносных болезней пшеницы во всех зонах ее возделывания. При поражении пшеницы септориозом листья преждевременно засыхают, налив зерна происходит только за счет зеленых частей стебля и колоса. Зерно формируется щуплое, с низкой натурой и массой 1000 зерен. Зерновая продуктивность пшеницы уменьшается на 25–60%. Всхожесть и энергия прорастания семян снижаются на 7–12% [3-5].

Поэтому для сохранения урожая озимой пшеницы необходимо ее защищать, то есть использовать фунгициды. В связи с этим возникла необходимость изучения влияния фунгицидов на распространенность и развитие септориоза в посевах озимой пшеницы и ее урожайность.

Полевые исследования проводили в КФХ «Рыбкин Н.А.» Екатериновского района Саратовской области. Почва опытного участка - чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Площадь деланки составляла 1350 м² (13,5 м x 100 м). Опыт закладывался в трехкратной повторности. Норма высева 3,5 млн. шт./га.

Объектами исследований были сорт озимой пшеницы Ермак и фунгициды: Альто Супер, КЭ (пропиконазол 250 г/л, ципроконазол 80 г/л) и Амистар Экстра, СК (азоксистробин, 200 г/л, ципроконазол 80 г/л). Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (без обработки); 2) Альто Супер, КЭ в норме 0,5 л/га; 3) Амистар Экстра, СК в норме 0,75 л/га. Препараты Альто Супер, КЭ и Амистар Экстра, СК применяли на посевах озимой пшеницы в период конец кущения – начало выхода в трубку (Т1, ВВСН 29-31).

Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [1, 2].

Альто Супер, КЭ – двухкомпонентный, триазольный препарат с лечащим эффектом. Амистар Экстра, СК обладает мощным защитным и физиологическим

действием. Это двухкомпонентный препарат, содержащий действующие вещества из разных химических классов – триазолы и стробилурины.

В посевах озимой пшеницы определяли распространенность и развитие септориоза и рассчитывали биологическую эффективность от применения фунгицидов по методике ВИЗР и Минсельхоза России [2].

Результаты наших исследований показали, что перед обработкой распространенность септориоза в посевах озимой пшеницы была 49,5%, а развитие 1,4% (таблица 1).

Таблица 1. - Средние значения распространенности и развития септориоза в посевах озимой пшеницы

Проявление болезни	Варианты опыта					
	Контроль		Альто Супер, КЭ 0,5 л/га		Амистар Экстра, СК 0,75 л/га	
	До обработки	Через 28 дней после обработки	До обработки	Через 28 дней после обработки	До обработки	Через 28 дней после обработки
Распространенность болезни, %	49,5	80,4	49,5	22,5	49,5	0,1
Развитие, %	1,4	3,2	1,4	1,2	1,4	0,2
Биологическая эффективность применения фунгицидов, %	-	-	-	14,3	-	85,7

Учеты, проведенные на 28 день после обработки, показали, что лучшие показатели были на варианте с применением фунгицида Амистар Экстра, СК, так как у него более длительный срок защитного действия. Результаты на варианте с фунгицидом Альто Супер, КЭ были хуже, так как у него срок защитного действия меньше, а погодные условия складывались благоприятными для развития данного заболевания, что сказалось на урожайности озимой пшеницы (таблица 2).

Урожайность пшеницы была максимальной на варианте с фунгицидом Амистар Экстра, СК и составила 60,96 ц/га, что выше контроля на 9,91 ц/га. На варианте с Альто Супер, КС, сохраненный урожай составил 3,49 ц/га.

Таблица 2. - Урожайность озимой пшеницы и экономическая эффективность при применении фунгицидов

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Сохраненный урожай, ц/га	Стоимость сохраненного урожая, руб./га (при цене 800 руб./ц)	Затраты на фунгициды+ обработка, руб./га	Чистая прибыль, руб./га
Контроль	51,05				
Альто Супер, КЭ 0,5 л/га	54,54	3,49	2792		
Амистар Экстра, СК 0,75 л/га	60,96	9,91	7928		

Расчет экономической эффективности от применения препаратов показал, что доход на варианте с применением фунгицида Амистар Экстра, СК составил 3722 руб./га, а с фунгицидом Альто Супер, КЭ – 650 руб./га.

Таким образом, применение фунгицидов позволило пролечить септориоз в посевах озимой пшеницы. Максимальная биологическая эффективность (85,7%) была отмечена на варианте с Амистар Экстра, СК, где получена максимальная урожайность и наибольшая чистая прибыль. Это объясняется тем, что данный фунгицид не только пролечивает болезни длительное время, защищает растения от патогенов, обладая антиспорulantным действием, но и обладает физиологическим действием, то есть помогает растению усваивать азот, сокращает выработку гормона старения при абиотических стрессах, помогает растению продуктивно использовать влагу.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов / Изд. 4-е, доп. и перераб.: М. Колос. - 1979. - 416 с.
2. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко / Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), Минсельхоз России. - 2009. - 378 с.

3. Назарова, Л.Н. Эпидемиологическая ситуация по септориозу на пшенице в 2001–2009 годах / Л.Н. Назарова, Л.Г. Корнева, Т.П. Жохова, Т.М. Полякова, С.С. Санин // Защита и карантин растений. - 2010. - № 10. - С. 18–20.

4. Пахолкова Е.В. Септориоз зерновых культур в различных регионах Российской Федерации / Е.В. Пахолкова / Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Вольские Вяземы. - 2003. - 21 с.

5. Торопова, Е.Ю. Роль сортов и фунгицидов в контроле септориоза яровой пшеницы / Е.Ю. Торопова, О.А. Казакова, В.В. Пискарев, И.Н. Порсев, Ю.А. Христов // Агрехимия. - 2019. - № 5. - С. 66-75.

© Критская Е.Е., Павлова В.А., 2024

Научная статья

УДК 633.174:631.552:631.559

С.С. Куколева, Ю.А. Калинин, Е.С. Немкина

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

ОЦЕНКА НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ СОРГО-СУДАНКОВЫХ ГИБРИДОВ В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. в статье представлена оценка элементов продуктивности, а так же биохимический состав надземной биомассы сорго-суданковых гибридов первого и второго укосов. В результате статистический анализ выборки определили характер их варьирования, а также выявлены лучшие комбинации по комплексу ценных признаков.

Ключевые слова: гибрид, укос, элементы продуктивности, анализ выборки, биохимический состав

S.S. Kukoleva, Yu.A. Kalinin, E.S. Nemkina

Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn «Rossorgo»,
Saratov, Russia

ASSESSMENT OF ABOVEGROUND BIOMASS OF SORGHUM-SUDAN HYBRIDS UNDER CONDITIONS OF THE SARATOV REGION

Annotation. The article presents an assessment of the elements of productivity, as well as the biochemical composition of the above-ground biomass of sorghum-sudan hybrids of the first and second cuttings. As a result, a statistical analysis of the sample determined the nature of their variation, and also identified the best combinations for a set of valuable characteristics.

Keywords: hybrid, mowing, productivity elements, sample analysis, biochemical composition

Сорго-суданковый гибрид (ССГ) – вид травянистого сорго, выведен путем скрещивания сорго с суданской травой [1]. После скашивания или правильного стравливания она в отличие от других однолетних растений быстро отрастает, причем отрастание в благоприятных условиях в течении суток достигает 5-10 см. Высокая пластичность и урожайность, химический состав сорго-суданковых гибридов – их основные достоинства, в связи с чем они широко используются в зелёном конвейере [2]. Они обладают интенсивным начальным ростом, быстрым отрастанием после скашивания, дают возможность получать питательный корм. Одним из направлений повышения продуктивности сорго травянистого является создание и внедрение в сельскохозяйственное производство сорго-суданковых гибридов. Хорошая биологическая совместимость видов сорго и суданской травы и высокий гетерозис в потомстве послужили основой для межвидовых скрещиваний и получения сорго-суданковых гибридов. Такие скрещивания поз-

воляют получать гибридные семена, сочетающие в разных комбинациях высокую облиственность, кустистость и другие хозяйственно-ценные признаки, что обуславливает их повышенную продуктивность [2; 3].

Цель исследования: провести сравнительную оценку изученного материала образцов суданской травы 1-го и 2-го укосов по хозяйственно-ценным признакам для выявления лучших форм, используемых в дальнейшей селекции.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили сорго-суданковые гибриды первого поколения (F1) созданные на основе ЦМС-линий зернового сорго А₂ О-1237, А₂ КВВ 114, А₂ Судзерн, А₁ Ефремовское 2, А₄ Желтозерное 10; опылителями служили образцы, сорта суданской травы собственной и инорайонной селекции. Посев проводили в оптимальные сроки в 2023 году, на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», сеялкой СКС-6-10. Площадь деланки составляла 7,7 м². Повторность - трехкратная. Расположение деланок рендомизированное. Густота стояния растений в фазу всходов корректировалась вручную (120 тыс. растений/га). Посев широкорядный, ширина междурядий 70 см.

Агротехника выращивания – зональная: разработана научными учреждениями Нижнего Поволжья. Укосы проводили в фазу выметывания метелок с определением элементов продуктивности биомассы (измерялась высота укашиваемых растений, подсчитывалась общая кустистость, облиственность). Биологический контроль над ростом и развитием растений в опытах осуществляли по методике Ф.М. Куперман [4], для характеристики признаков использовали Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* и методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г.) [5; 6]. Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа и статистического анализа выборки с помощью программы «Agros» версии 2.09.

Сорго-суданковые гибриды оценены по содержанию основных компонентов качества надземной биомассы первого и второго укоса: сырого протеина, сы-

рого жира, сырой золы, клетчатки, содержанию БЭВ. Биохимический анализ сухой листостебельной массы образцов проводили на инфракрасном анализаторе Spectra Star XT. Исследование образцов по содержанию и выходу валовой энергии посевов выполнено согласно общепринятым научным методикам [7].

Результаты исследований. В питомнике сорго-суданковых гибридов изучен в 1 укосе – 41 образец, во 2-ом укосе – 30 образцов.

Оценка статистических параметров выборки по элементам продуктивности гибридов показала широкое варьирование их величины. Высота травостоя при проведении первого укоса растений сорго-суданковых гибридов значительно различалась: от 87,00 см до 235,00 см, коэффициент вариации равен 23,2% (таблица 1). К числу наиболее высоких гибридов в 1-м укосе отнесены комбинации: А1 Ефремовское 2/Амбиция, А1 Ефремовское 2/Зерноградская, А1 Ефремовское 2/Аgun. Кустистость сорго-суданковых гибридов варьировала в пределах 1,17 – 6,00 поб./раст., средний показатель составил 2,96 поб./раст., коэффициент вариации оказался высоким – 39,9%. Наибольшей величиной признака отличились гибриды А1 Ефремовское 2/Аgun, А1 Судзерн/Приобская 97. Облиственность сформировалась в широких пределах: 10,00 – 37,1%, средняя величина составила 20,90%, коэффициент вариации – 30,2%. Самая высокая облиственность обнаружена у гибридов на базе ЦМС-линии А2 КВВ 114 с сортами суданской травы Спутница, Землячка, ЦМС-линии А2 О-1237 с сортами Фаина, Евгения, а также гибрида А4 Желтозерное 10/Юбилейная 20. Величина урожайности биомассы варьировала в пределах 8,90-36,40 т/га, коэффициент вариации – 32,3%. Урожайность биомассы лучших форм достигла более 20,0 т/га: на базе стерильной линии А2 О-1237 с опылителем Лаура, Мечта Поволжья, Удача, Юлия; на основе стерильной линии А2 КВВ 114 оказались достаточно урожайными с сортом Мечта Поволжья, Удача, Пензенская 34, Сарват, Землячка.

Высота травостоя сорго-суданковых гибридов 2-го укоса изменялась от 83,33 см до 218,00 см, средняя величина составила 141,20 см при коэффициенте вариации 23,81% (таблица 1). Наибольшую высоту растений сформировали гибриды: А₂ О-1237/Ли́ра, А₂ КВВ 114/Мечта Поволжья, А₂ КВВ 114/Удача. Общая

кустистость гибридов также показала большую изменчивость величины признака: 1,21-5,25 шт./растение, средняя в питомнике составила 2,60 шт./растение, коэффициент вариации достиг 43,39%. Самая высокая общая кустистость обнаружена у гибридов: А₂ КВВ 114/Мечта Поволжья, А₁ Ефремовское 2/Л-106, А₁ Ефремовское 2/Землячка. Облиственность растений варьировала в пределах 25,67-58,00%, средняя величина в питомнике составила 40,12% при V=21,13%. Наибольшая облиственность (более 50,0%) отмечена в комбинациях: А₂ Судзерн/Мечта Поволжья, А₁ Ефремовское 2/Амбиция, А₁ Ефремовское 2/Agun, А₁ Ефремовское 2/Землячка. Урожайность биомассы сорго-суданковых гибридов варьировала в пределах 3,20-13,75 т/га, средняя величина признака составила 6,80 т/га, при коэффициенте вариации – 39,87%. Наибольшая урожайность биомассы выявлена у гибридов на основе стерильных линий А₂ О-1237 и А₂ КВВ 114: А₂ О-1237/Лаура, А₂ О-1237/Констанция, А₂ О-1237/Лира, А₂ О-1237/Мечта Поволжья, а также А₂ КВВ 114/Лаура, А₂ КВВ 114/Удача, А₂ КВВ 114/Землячка.

Таблица 1 – Оценка статистических параметров выборки по элементам продуктивности надземной биомассы сорго-суданковых гибридов 1-го и 2-го укоса

Признак	Значение признака (<i>min...max</i>)	Средняя и ее ошибка	Коэффициент вариации, %
1 укос			
Высота растений, см	87,0-235,0	156,54±5,67	23,2
Кустистость, побегов/растение	1,17-6,00	2,96±0,18	39,9
Облиственность, %	10,00-37,1	20,90±1,0	30,2
Урожайность биомассы, т/га	8,90-36,40	21,12±1,06	32,3
2 укос			
Высота растений, см	83,33-218,00	141,20±6,14	23,81
Кустистость, побегов/растение	1,21-5,25	2,60±0,21	43,39
Облиственность, %	25,67-58,0	40,12±1,55	21,13
Урожайность биомассы, т/га	3,20-13,75	6,80±0,50	39,87

Изучаемый гибридный материал различался по содержанию питательных компонентов зеленой массы, а также урожайности зеленой и сухой биомассы, выходу валовой энергии с гектара посевной площади. Содержание сырого протеина в сухой биомассе гибридов 1-го укоса варьировало от 7,26% до 11,40%, сырого жира – 2,23-2,68%, клетчатки – 29,05-36,33%, золы – 6,16-8,89%, БЭВ –

43,34-54,03% (таблица 2). Коэффициенты вариации биохимических компонентов различались в пределах 4,4-10,9%. Содержание каротина в биомассе гибридов варьировало сильнее и составило 17,5%. Наибольшие различия (40,6-40,9%) установлены по урожайности сухой биомассы, выходу валовой энергии и выходу кормовых единиц. Установленные различия величины признаков позволили выделить гибриды, характеризующиеся наибольшим выходом валовой энергии посевов. Сорго-суданковые гибриды на основе стерильной линии А1 Ефремовское 2 отличились высоким выходом валовой энергии: с сортом Фаина, Амбиция, Зерноградская 576, Agun, линией Л-106. Ценные гибриды созданы на основе стерильной линии А2 О-1237 с сортом Удача, на базе стерильной линии А2 КВВ 114 с участием сорта суданской травы Сарват, выход валовой энергии достиг 142,61 ГДж/га. На базе селекционных продуктов института создан высокопродуктивный сорго-суданковый гибрид А4 Желтозерное 10/Констанция с выходом валовой энергии 139,58 ГДж/га.

Таблица 2 – Анализ статистических параметров выборки компонентов биохимического состава биомассы, содержания и выхода валовой энергии сорго-суданковых гибридов

Признак	Значение признака (<i>min...max</i>)	Средняя и ее ошибка	Коэффициент вариации, %
1 укос			
Содержание питательных компонентов в сухом веществе биомассы, %:			
- сырого протеина	7,26-11,40	9,32±0,16	10,9
- сырой клетчатки	29,05-36,33	32,43±0,25	4,9
- сырого жира	2,23-2,68	2,45±0,02	4,4
- сырой золы	6,16-8,89	7,26±0,10	8,6
- БЭВ	43,34-54,03	48,55±0,36	4,8
Содержание каротина, мг/кг	19,10-38,07	26,50±0,72	17,5
Содержание в биомассе сухого вещества, %	16,54-34,66	23,87±0,78	21,0
Урожайность сухого вещества, т/га	1,60-8,83	5,13±0,32	40,6
Валовая энергия в 1 кг сухого вещества, МДж	18,08-18,27	18,19±0,01	0,24
Выход валовой энергии, ГДж/га	29,09-160,97	93,53±5,95	40,7
Выход кормовых единиц	1,14-7,95	4,61±0,29	40,9
2 укос			

Содержание питательных компонентов в сухом веществе биомассы, %:			
- сырого протеина	5,82-9,67	7,85±0,19	13,05
- сырой клетчатки	23,52-33,40	28,54±0,41	7,83
- сырого жира	1,67-2,63	2,16±0,05	12,40
- сырой золы	4,20-6,20	5,42±0,11	10,55
- БЭВ	46,53-63,33	55,95±0,67	6,52
Содержание каротина, мг/кг	19,71-39,47	29,00±1,00	18,92
Содержание в биомассе сухого вещества. %	19,58-42,82	29,19±1,37	25,67
Урожайность сухого вещества, т/га	0,79-5,86	2,16±0,23	57,49
Валовая энергия в 1 кг сухого вещества, МДж	18,01-18,33	18,23±0,02	0,49
Выход валовой энергии, ГДж/га	14,39-107,18	39,39±4,13	57,40
Выход кормовых единиц	0,71-5,27	1,95±0,20	57,53

В сухой биомассе гибридов 2-го укоса содержание сырого протеина варьировало от 5,82% до 9,67%, сырого жира – 1,67-2,63%, клетчатки – 23,52-33,40%, золы – 4,20-6,20%, БЭВ – 46,53-63,33% (таблица 2). Коэффициенты вариации биохимических компонентов различались в пределах 6,52-13,05%. Содержание каротина в биомассе гибридов варьировало сильнее и составило 18,92%. Наибольшие различия (57,40-57,53%) установлены по урожайности сухого вещества, выходу валовой энергии и выходу кормовых единиц. Наибольший выход валовой энергии биомассы посевов сорго-суданковых гибридов выявлен у гибридных комбинаций скрещиваний: А₂ О-1237/Констанция, А₂ О-1237/Лира, А₂ КВВ 114/Удача.

Заключение. По результатам проведения первого укоса сорго-суданковых гибридов урожайность биомассы достигла более 20,0 т/га: на базе стерильной линии А₂ О-1237 – 4 гибрида (с опылителем Лаура, Мечта Поволжья, Удача, Юлия). Пять сорго-суданковых гибридов на основе стерильной линии А₂ КВВ 114 оказались достаточно урожайными: с сортом Мечта Поволжья, Удача, Пензенская 34, Сарват, Землячка. 9 сорго-суданковых гибридов на основе ЦМС-линии А₁ Ефремовское 2 в условиях года сформировали урожайность биомассы выше 20 т/га. Наиболее высокой продуктивностью листостебельной массы отличились гибриды с сортами опылителями Фаина, Амбиция, линией Л-106, Agun. Высокую урожайность биомассы сформировали сорго-суданковые гибриды с сортами селекции института на базе собственных ЦМС-линий А₃ Желтозерное

10 и А4 Желтозерное 10. Наиболее продуктивными оказались гибриды А3 Желтозерное 10/Юбилейная 20, А3 Желтозерное 10/Констанция, А4 Желтозерное 10/Констанция, А4 Желтозерное 10/Мечта Поволжья. Отличились высоким выходом валовой энергии гибриды на основе стерильной линии А1 Ефремовское 2: с сортом Фаина, Амбиция, Зерноградская 576, Agun, линией Л-106. Ценные гибриды созданы на основе стерильной линии А2 О-1237/Удача, на базе стерильной линии А2 КВВ 114/Сарват, А4 Желтозерное 10/Констанция

По результатам проведения второго укоса наибольшая урожайность биомассы выявлена у гибридов на основе стерильных линий А₂ О-1237 и А₂ КВВ 114: А₂ О-1237/Лаура, А₂ О-1237/Констанция, А₂ О-1237/ Лира, А₂ О-1237/Мечта Поволжья, а также А₂ КВВ 114/Лаура, А₂ КВВ 114/Удача, А₂ КВВ 114/Землячка. Наибольший выход валовой энергии биомассы посевов сорго-суданковых гибридов выявлен у гибридных комбинаций скрещиваний: А₂ О-1237/Констанция, А₂ О-1237/Ли́ра, А₂ КВВ 114/Удача.

Список литературы

1. Куколева С.С. Создание и изучение исходного материала для селекции травянистого сорго в условиях Нижнего Поволжья: диссертация ... кандидата с.-х. наук / С.С. Куколева. – Саратов, 2022. – 286 с.

2. Кашеваров Н.И. Оптимизация приемов агротехники суданской трав с мальвой кормовой в лесостепи Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, Л.Н. Полищук, Н.Н. Кашеваров // Достижения западной науки и техники в АПК. – 2013. – №6. – С. 58-60.

3. Шишова Е.А. Подбор родительских пар и изучение новых сорго-суданковых гибридов / Е.А. Шишова, В.В. Ковтунов, Н.А. Ковтунова // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 4 (70). – С. 65-68.

4. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений / Ф.М. Куперман. – М.: Высш. шк. 1984. – 240с.

5. Якушевский Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода Sorghum

Moench / Е.С. Якушевский, С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук, Л. Баняи. – Л. 1982. – 34 с.

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.

7. Григорьев Н.Г., Скоробогатых Н.Н., Косолапов В.М. Оценка качества кормов по обменной энергии // Кормопроизводство. – 2008. – №9. – С. 21-22.

© Куколева С.С., Калинин Ю.А., Немкина Е.С., 2024

Научная статья

УДК 63.631

Ю.В. Лобачев¹, Е.К. Барнашова², А.В. Коваленко³, Е.А. Константинова⁴, С.П. Кудряшов⁴, Л.Г. Курасова¹

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

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», г. Москва, Россия

³ООО «Шанс Трейд», г. Саратов, Россия

⁴ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов, Россия

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ВАВИЛОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

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

Ключевые слова: генетика, биотехнология, селекция растений

Yu.V. Lobachev, E.K. Barnashova, A.V.Kovalenko, E.A. Konstantinova, S.P. Kudryashov, L.G. Kurasova

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

²FGBOU VO «Russian State Agrarian University - Moskow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev», Moskow, Russia

³LLC «Shanse Trade», Saratov, Russia

⁴FGBNU «Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region», Saratov, Russia

GENETIC AND PLANT BREEDING RESEARCH OF SANFLOWER IN VAVILOV UNIVERSITY

Annotation. The article discusses the results of genetic and plant breeding research of sanflower conducted by the authors over the past thirty years.

Keywords: genetics, plant breeding, sanflower.

В 2024 г. исполняется 85 лет со дня рождения известного в регионе ученого доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного работника сельского хозяйства Российской Федерации Анатолия Иосифовича Заварзина, который в 1993-2003 гг. возглавлял кафедру биотехнологии, селекции и генетики в ФГОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». Первым заведующим этой кафедры был известный ученый с мировым именем Николай Иванович Вавилов. На кафедре, начиная с 90-х годов прошлого века и по настоящее время, ведутся научные работы в области генетики, селекции и биотехнологии растений. За эти годы по результатам исследований опубликованы десятки монографий и учебных пособий, выпущены сотни научных статей и рекомендаций, подготовлены высококвалифицированные научные

кадры и специалисты-аграрии, созданы научные школы и сорта разных сельскохозяйственных культур для использования в аграрном секторе экономики России. Выпускники кафедры работают в НИИ и ВУЗах Москвы и Саратова, в аграрных предприятиях региона [1].

Более 30 лет на кафедре под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного работника высшей школы Российской Федерации Ю.В. Лобачева проводятся исследования по генетике подсолнечника. За этот период им с его учениками выполнены работы по поиску и определению эффектов генов, контролирующих высоту растения, эректоидность листьев, окраску и форму язычковых цветков, содержание олеиновой кислоты в масле у подсолнечника, созданы сорта и гибриды подсолнечника, сорта подсолнечника декоративного [1].

С.П. Кудряшовым и Ю.В. Лобачевым определены гены, контролирующие эректоидный тип листьев (ert-гены) у модельных линий подсолнечника. Изучено наследование этих генов и эффекты их взаимодействий. Установлено, что выявленные нами четыре типа эректоидности листьев не оказывают достоверного влияния на продолжительность межфазных периодов «всходы-цветение», «цветение-полная спелость» и «всходы-полная спелость», высоту растения, диаметр корзинки, урожайность семян и ее компоненты (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки, масса 1000 семян), качество семян (натурная масса семян, лужжистость семян, панцирность семян, содержание масла в семенах, сбор масла с единицы площади) и масла (содержание олеиновой кислоты в масле), устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе и заразихе. Создан исходный материал для селекции подсолнечника с эректоидным типом листьев [2-3].

А.В. Коваленко и Ю.В. Лобачевым с использованием изогенного метода анализа изучены эффекты семи генов низкорослости (dw-гены) у подсолнечника, которые в моногенном состоянии снижали высоту растений на 35-50%. Выделена устойчивая к полеганию короткостебельная линия КЛ 4, которая достоверно не различалась с линией-реципиентом ЮВ 28Б по урожайности семян с

единицы площади и ее компонентам, содержанию масла в семенах, сбору масла с единицы площади, лужистости и натурной массе семян, имеет 100%-ю панцирность семян и 100%-ю устойчивость к местным расам ложной мучнистой росы и заразиhi. Также были созданы высокоолеиновые линии подсолнечника ВОЛ 29, Вол 30 и ВОЛ 31, которые по содержанию олеиновой кислоты в масле достоверно превосходят высокоолеиновый гибрид-стандарт Кубанский 341, достоверно не различаются с линией-реципиентом ЮВ 28Б по урожайности семян с единицы площади и ее компонентам, содержанию масла в семенах, сбору масла с единицы площади, лужистости и натурной массе семян, имеет 100%-ю панцирность семян и 100%-ю устойчивость к местным расам ложной мучнистой росы и заразиhi. Создан исходный материал для селекции подсолнечника на короткостебельность (снижение высоты на 45-50%) и высокое содержание олеиновой кислоты в масле (73-86%) [4-5].

Е.А. Константиновой и Ю.В. Лобачевым с использованием изогенного метода анализа изучены эффекты четырех генов (l, la, o, pa), контролирующих нестандартную окраску язычковых цветков у подсолнечника. Аллели генов l, la, o, pa относятся к разным локусам и наследуются независимо друг от друга, что позволяет получать двойные рецессивные гомозиготы с новым фенотипическим выражением окраски язычковых цветков. Эти гены не оказывают достоверного отрицательного влияния на хозяйственно-полезные признаки и могут быть использованы в качестве генетических маркеров в селекции сортов, гибридов и родительских линий гибридов подсолнечника. Также был разработан метод оптической плотности раствора красящих пигментов в селекционно-генетических исследованиях окраски язычковых цветков, позволяющий применить к качественным признакам окраски методы количественной генетики, что увеличивает информативность и объективность исследований, и унифицирует результаты экспериментов разных авторов. Создан исходный материал для селекции подсолнечника с разной окраской язычковых цветков [6-7].

Е.К. Барнашовой и Ю.В. Лобачевым с использованием изогенного метода

анализа экспериментально установили, что гены *l*, *la*, *o*, *pa*, находящиеся в гетерозиготном состоянии не оказывают достоверного влияния на фенологические, морфологические, урожаеобразующие признаки, качество семян и масла подсолнечника, на устойчивость к подсолнечниковой моли, ложной мучнистой росе и заразихе. Был проведен анализ химического состава образцов проб различных вариантов окраски язычковых цветков подсолнечника методом хромато-масс-спектрометрии с ионизацией электронным ударом. Установлены универсальные, частично универсальные и специфические красящие химические вещества язычковых цветков подсолнечника. Разработан и запатентован способ установления отличительных признаков в химическом составе моногенных линий подсолнечника [8-10].

Л.Г. Курасовой и Ю.Л. Лобачевым с использованием изогенного метода анализа изучен генетический контроль четырех нестандартных форм язычковых цветков у подсолнечника. Установлено, что за короткую, среднюю, трубкообразную и скрученную формы язычковых цветков отвечают соответственно рецессивные гены *fs*, *fm*, *ft*, *ftw*. Было установлено, что аллели *fs* и *ft* принадлежат к одному локусу, причем *ft* доминирует над *fs*. Аллели *fs* (*ft*), *fm* и *ftw* относятся к разным локусам. Аллели *fs* и *fm* взаимодействуют между собой по типу рецессивного эпистаза (*fs* – эпистатичный аллель, *fm* – гипостатичный аллель). Между аллелями *ft* и *fm* также установлено взаимодействие по типу рецессивного эпистаза (*ft* – эпистатичный аллель, *fm* – гипостатичный аллель). Взаимодействие по типу рецессивного эпистаза установлено между аллелями *ft* и *ftw* (*ft* – эпистатичный аллель, *ftw* – гипостатичный аллель). Аллели *fm* и *ftw* взаимодействуют между собой по комплементарному типу. Также комплементарное взаимодействие установлено между аллелями *fs* и *ftw*. Гены *fs*, *fm*, *ft*, *ftw* не оказывают достоверного влияния на продолжительность межфазных периодов «всходы-цветение», «цветение-полная спелость» и «всходы-полная спелость», высоту растения, диаметр корзинки, урожайность семян и ее компоненты (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки, масса 1000 семян), качество семян (натурная масса семян, лужжизстость семян, панцирность семян, содержание

масла в семенах, сбор масла с единицы площади) и масла (содержание олеиновой кислоты в масле), устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе и заразихе. Создан исходный материал для селекции подсолнечника с нестандартной формой язычковых цветков [11-13].

Сотрудники ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (ученики профессора Ю.В. Лобачева) создали следующие селекционные достижения подсолнечника, занесенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию:

сорта: Скороспелый 87 (1992*), Саратовский 20 (2003), Сладстена (2015), Любимчик (2017), Саратовский 21 (2023);

гибриды: ЮВС 5 (2012), Эверест (2015), Континент (2015), ЮВД 2016 (2018), Агротекс (2018), ЮВС 7 (2021), ЮВС 8 (2023);

родительские линии гибридов: ЮВ 932 (2017), ЮВ 33 (2017), ЮВ 35 (2017).

Также нами были созданы сорта подсолнечника декоративного: Ореол (2013), Радуга (2013), Солнечный салют (2020), Солнечный букет (2020), Мохнатый шмель (2023).

* – год внесения в Госреестр.

Список литературы

1. 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.

2. Кудряшов С.П., Лобачев Ю.В., Пимахин В.Ф. Селекционная ценность эректоидности листьев у подсолнечника // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2008. № 5. С. 32-34.

3. Лобачев Ю.В., Кудряшов С.П., Лекарев В.М. Селекционная оценка почти изогенных линий подсолнечника с эректоидным типом листьев // Масличные культуры: НТБ ВНИИМК. 2010. Вып. 1 (142-143). – С. 16-18.

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

5. Лобачев Ю.В., Коваленко А.В., Кудряшов С.П. Селекционная оценка гибридов подсолнечника с высоким содержанием олеиновой кислоты в масле // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2011. № 9. – С. 3-5.

6. Лобачев Ю.В., Пимахин В.Ф., Константинова Е.А. Использование оптической плотности раствора в генетических исследованиях подсолнечника // Вопросы генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Поволжье. Сб. науч. тр. Саратов: СГСХА, 1997. С. 112-114.

7. Пимахин В.Ф., Лобачев Ю.В., Лекарев В.М., Константинова Е.А. Наследование окраски язычковых цветков у подсолнечника // Проблемы селекции полевых культур на адаптивность и качество в засушливых условиях. Сб. науч.тр. Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2001. – С. 187-189.

8. Барнашова Е.К., Лобачев Ю.В., Воронков М.Г., Белоусов Е.Б. Масс-спектрометрическое определение сортовых признаков подсолнечника // Агрохимия, 2007, № 9. С. 75-79.

9. Барнашова Е.К., Тараскин К.А., Лобачев Ю.В., Ступникова М.П. Разработка метода контроля генетической чистоты изогенных линий подсолнечника с целью тестирования качества аграрной продукции // Молекулярные технологии, 2008. Т 2. С. 39-60 (режим доступа <http://niipa.ru/journal/articles/3.pdf>).

10. Патент № 2377556. РФ. Способ установления отличительных признаков в химическом составе моногенных линий подсолнечника. Заявка № 2008112865. Приоритет от 02.04.2008 г. Заявитель: ФГУП «Научно-исследовательский институт прикладной акустики». Авторы: С.Г. Седунов, Е.К. Барнашова, Ю.В. Лобачев, Е.Б. Белоусов, К.А. Тараскин, М.П. Ступникова. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27.12.2009 г.

11. Курасова, Л.Г., Лобачев Ю.В. Генетический контроль формы язычковых цветков у подсолнечника // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2009. № 7. – С. 19-21.

12. Лобачев Ю.В., Курасова Л.Г., Лекарев В.М., Константинова Е.А. Генетический контроль формы язычковых цветков у почти изогенных линий подсолнечника // Масличные культуры: НТБ ВНИИМК. 2010. Вып. 2 (144-145). – С. 21-25.

13. 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 госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2012. № 3. – С. 22-23.

© Лобачев Ю.В., Барнашова Е.К., Коваленко А.В., Константинова Е.А., Кудряшов С.П., Курасова Л.Г., 2024

Научная статья

УДК 633.31/.37: 635.657: 631.522/.524

Г.А. Маслова

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

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ НУТА ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

Аннотация. В статье приведена оценка фенологических и морфологических признаков перспективных сортообразцов из изучаемого коллекционного питомника нута ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Выявлены ценные генотипы по важным показателям в создании сортов: пригодность к механизированной уборке, крупность и урожайность семян, для последующего их включением в селекционный

процесс.

Ключевые слова: нут, коллекция, сортообразец, длина стебля, семенная продуктивность, кластеризация

G.A. Maslova

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

ASSESSMENT OF THE CHICKPEA COLLECTION BY ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS

Annotation. The article provides an assessment of the phenological and morphological characteristics of promising varieties from the studied chickpea collection nursery of the FGBNU ROSNIISK «ROSSORGO». Valuable genotypes have been identified for important indicators in the creation of varieties: suitability for mechanized harvesting, seed size and yield, for their subsequent inclusion in the breeding process.

Keywords: chickpea, collection, variety sample, stem length, seed productivity, clustering

В Нижнем Поволжье есть все необходимые условия для выращивания высокобелковых и засухоустойчивых культур, но их недостаточное распространение объясняется отсутствием сортов, отвечающих требованиям современного сельскохозяйственного производства [1, 3, 5, 8]. Данная работа посвящена востребованной в засушливых условиях РФ зернобобовой культуре – нуту.

С целью выявления ценных генотипов с последующим их включением в селекционный процесс, провели оценку фенологических и морфологических признаков имеющихся сортообразцов коллекционного питомника нута. Методы многомерной статистики позволяют дать объективную комплексную оценку исходного материала [4]. В настоящее время для разделения исходного множества объектов на группы широко используют кластерный анализ [9]. Кластерный ана-

лиз является разновидностью задачи классификации, когда отсутствует множество представительств (эталонов). Он состоит в объединении объектов в группы (кластеры) в зависимости от степени сходства, определяемой по ряду критериев (признаков, свойств) [11].

С помощью кластерного анализа провели группировку коллекционных сортообразцов нута и выделили перспективные сортообразцы по вегетативным и генеративным признакам, а также биохимическому составу семян. Лучшие рекомендуются для использования в селекции новых более урожайных сортов нута в условиях Нижнего Поволжья.

Методика исследований. Полевые опыты заложены в 2021-2023 гг. в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» и общепринятым методикам полевого опыта [2]. В качестве объектов исследований включили сортообразцы нута из мировой коллекции ВИР, сорта местной селекции высевали в качестве стандартов. Посев коллекционного питомника осуществлен кассетной сеялкой СКС 6-10. Площадь делянок составила 7,7 м², размещение рендомизированное. Площадь учётной делянки – 3,5 м², повторность в опыте трёхкратная.

При изучении морфометрических признаков использовали следующие показатели: высота растений, высота прикрепления нижнего боба. Анализ элементов урожайности состоял из следующих признаков: количество бобов и семян, массы семян с 1 растения и массы 1000 семян [6, 7].

Анализ биохимического состава зерна проводили в отделе «Биохимии и биотехнологии» ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» на инфракрасном анализаторе марки Spectra Star ТМХТ.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием пакета программ «AGROS 2.09» методом дисперсионного анализа [10]. Оценку существенности различий между полученными экспериментальными данными проводили по величине наименьшей существенной разницы (НСР₀₅).

Результаты исследования и их обсуждение. Для подтверждения результатов классификации сортообразцов по комплексу хозяйственно-ценных признаков был применён кластерный анализ, как перспективный метод классификационного многофакторного анализа. Основываясь на значениях 14 показателей: «полное цветение», «полное созревание», «длина стебля», «высота прикрепления нижнего боба», «число бобов с 1 растения», «число семян с 1 растения», «масса семян с 1 растения», «масса 1000 семян», «урожайность семян», «протеин», «жир», «зола», «клетчатка», «БЭВ», сортообразцы были сведены в группы с помощью кластерного анализа в программе Statistica 12.0.

В качестве меры различия применён наиболее распространённый показатель – евклидово расстояние. Была проведена предварительная стандартизация данных, так как метрика чувствительна к изменению единиц измерения признака. Результат кластеризации по методу Уорда представлен на рисунке 1.

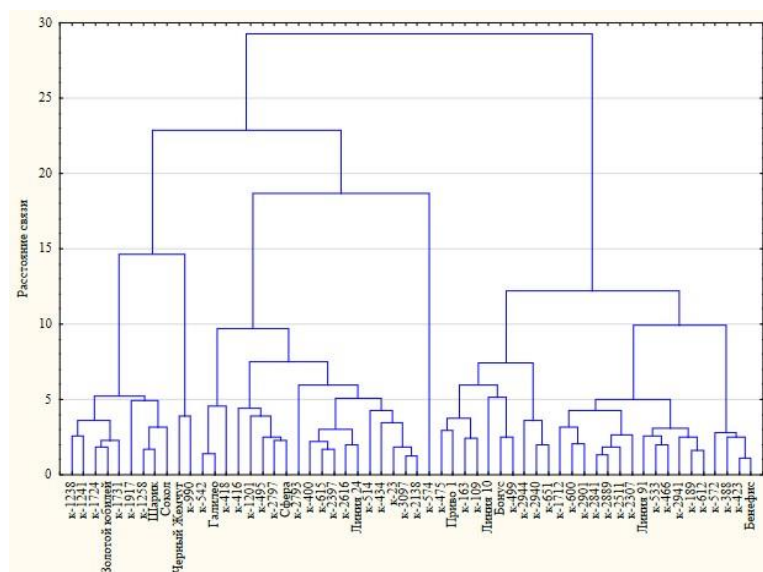


Рисунок 1 – Кластерный анализ коллекции нута по евклидовым расстояниям (метод Уорда), 2021-2023 гг.

После обработки кластерным анализом в выборке наблюдаются 8 хорошо различимых кластера при расстоянии равному 7,54. В 1 кластер вошли сортообразцы из Российской Федерации (к-1917, к-1258, к-1241, Золотой Юбилей, Шарик, Сокол), Молдовы (к-1731), Узбекистана (к-1724) и Украины (к-1238); во второй – из Российской Федерации (Черный Жемчуг) и Индии (к-990); в третий – из

Российской Федерации (Галилео), Мексики (к-418) и Сирии (к-542); в четвертый кластер вошли генотипы их Российской Федерации (к-2397, к-2616, Сфера), Алжира (к-2138), Болгарии (к-2793), Индии (к-23), Ирана (к-3097), Кубы (к-495), Марокко (линия 24), Мексики (к-416, к-434, к-514), Турции (к-2797), Узбекистана (к-400) и Украины (к-1201, к-615); в пятый попал лишь один сортообразец из Азербайджан (к-574); в шестой – из Российской Федерации (к-109, к-163, Бонус, Приво 1), Мексики (к-499), Сирии (к-2944 и к-2940), Туниса (к-475), Турции (линия 10) и Украины (к-651); в седьмой – из Азербайджана (к-612), Алжира (к-466), Армении (к-189), Болгарии (линия 91), Израиля (к-533), Испании (к-2307), Португалии (к-2889 и к-2511), Сирии (к-2841 и к-2941), Туниса (к-2901), Турции (к-600) и Узбекистана (к-1712); в восьмой – из Российской Федерации (Бенефис), Азербайджана (к-572), Мексики (к-423) и Узбекистана (к-388).

Для визуализации и дачи характеристики полученным кластерам сортообразцов тарелочной чечевицы были построены графики средних для каждого кластера по стандартизированным данным (рисунок 2,3,4), в таблице 1 представлены абсолютные значения средних для каждого кластера.

Таблица 1 – Значение признака в кластерах по абсолютным значениям

Признак	Номер кластера							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Полное цветение, дней	37,22	34,00	34,33	35,25	34,00	35,70	33,77	37,00
Полное созревание, дней	85,00	86,50	77,67	83,88	79,00	86,10	85,38	88,25
Длина стебля, см	60,54	43,30	44,40	47,94	37,80	53,64	47,06	45,88
Высота прикрепления нижнего боба, см	25,31	16,10	17,10	16,38	11,10	20,85	16,96	15,10
Число бобов с 1 растения шт.	71,99	51,55	59,57	63,83	63,60	92,83	84,93	96,53
Число семян с 1 растения, шт.	90,92	83,75	65,13	78,07	78,00	121,17	98,55	121,68
Масса семян с 1 растения, г	22,67	14,50	16,37	24,73	28,10	33,62	33,07	43,78
Масса 1000 семян, г	255,59	163,90	241,40	312,98	355,30	278,05	334,71	356,98
Урожайность семян, т/га	1,49	1,83	0,76	1,06	2,09	1,74	1,77	1,29
Протеин, %	22,04	23,55	21,36	22,04	21,79	22,62	22,61	22,52
Жир, %	6,78	5,57	7,57	7,09	7,03	6,71	6,92	7,12
Зола, %	3,30	3,54	3,14	3,07	3,35	3,23	3,07	2,96
Клетчатка, %	6,97	12,03	4,32	5,89	5,33	5,86	6,12	5,59

Признак	Номер кластера							
	1	2	3	4	5	6	7	8
БЭВ, %	61,62	55,43	64,53	62,28	63,62	62,26	61,80	62,30

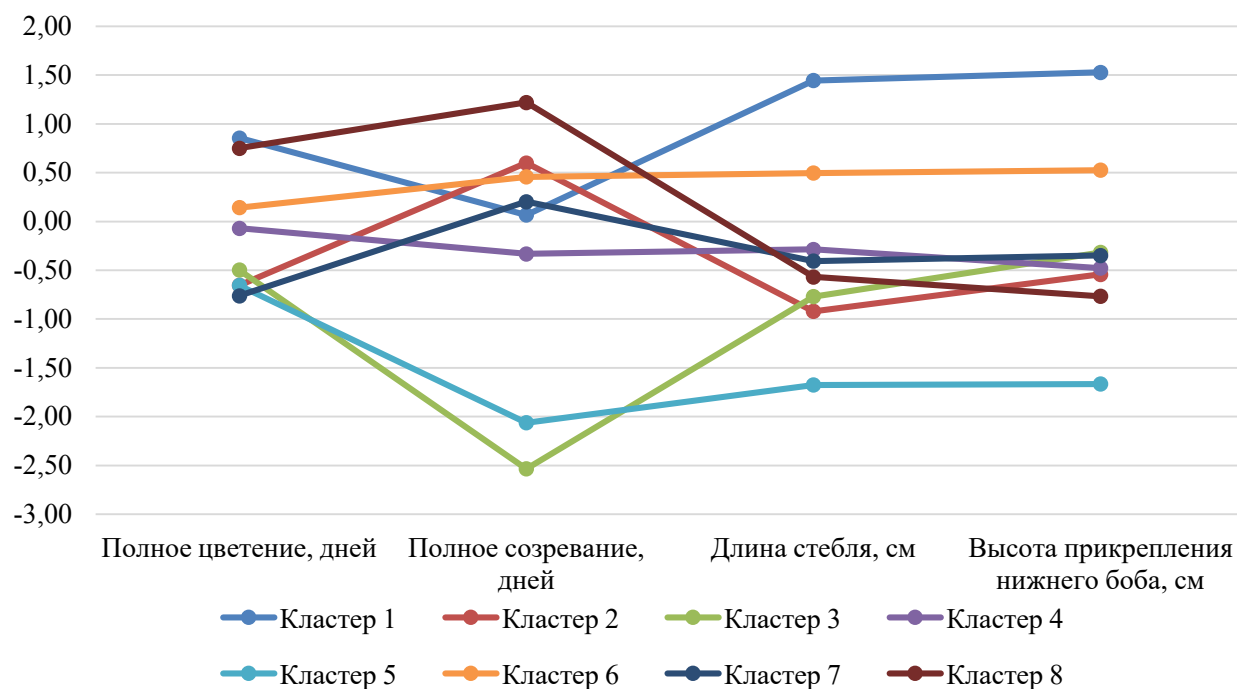


Рисунок 2 – Средние для каждого кластера сортообразцов нута по фенологическим и морфометрическим параметрам

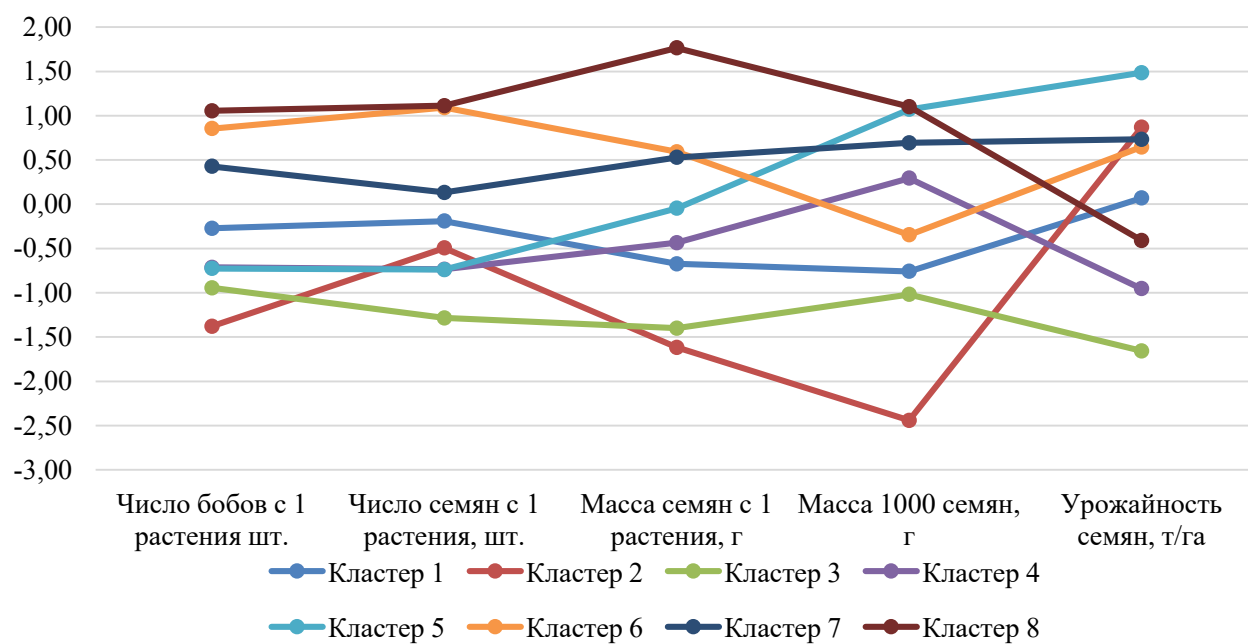


Рисунок 3 – Средние для каждого кластера сортообразцов нута по параметрам структуры урожайности

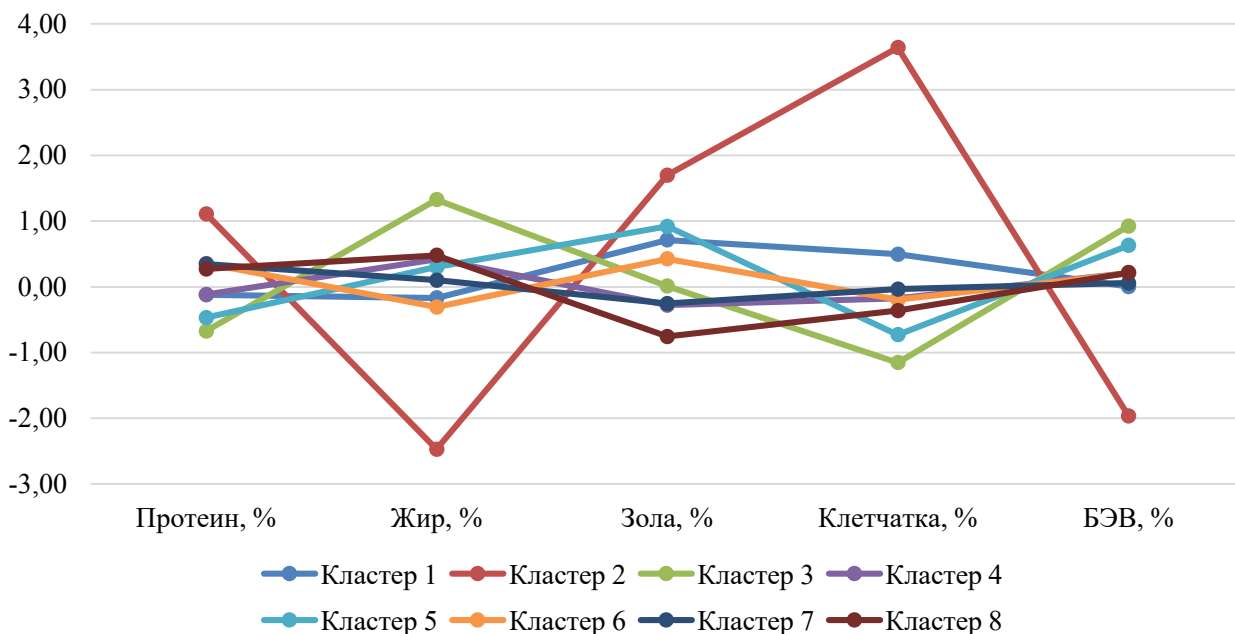


Рисунок 4 – Средние для каждого кластера сортообразцов нута по биохимическим показателям

В 1 кластер вошли среднеспелые сортообразцы с очень длинным стеблем, с средним прикреплением нижнего боба, средними по крупности семенами и высокой урожайностью. Во 2 кластере собраны позднеспелые сортообразцы с высокой урожайностью и высокими биохимическими показателями семян. В 3 кластере объединены среднеспелые сортообразцы с самым быстрым прохождением фенологических фаз и высоким процентом содержания БЕВ в семенах. В 4 кластер выделены среднеспелые генотипы с крупными семенами и высоким показателем БЕВ в семенах. В 5 кластер вошли среднеспелые сортообразцы с быстрым прохождением фенологических фаз, формированием очень крупных семян, высокой урожайностью и содержанием БЕВ в семенах. В 6 кластере собраны позднеспелые сортообразцы с длинным стеблем, средней высотой прикрепления нижнего боба, с большим количеством бобов и семян на растении, высокой массой семян с растения, средней крупности семенами, а также урожайные с высоким содержанием протеина и БЕВ в семенах. В 7 кластер вошли среднеспелые сортообразцы с большим количеством бобов и семян на растении, высокой массой семян с растения, крупными семенами, урожайные с высоким содержанием

протеина и БЕВ в семенах. В 8 кластер вошли позднеспелые сортообразцы с большим количеством бобов и семян на растении, высокой массой семян с растения, очень крупными семенами, показывающие высокое содержанием протеина и БЕВ.

Заключение. В результате оценки коллекционных образцов нута по хозяйственно-ценным признакам выделены перспективные компоненты для создания продуктивных сортов: 14 образцов 5-го и 7 кластеров – сортообразцы среднеспелые с крупными семенами высокой урожайностью; 9 образцов 1-го кластера – сортообразцы среднеспелые, пригодные к механизированной уборке со средними по крупности семенами, но высокоурожайные и 10 позднеспелых образцов 6-го кластера, также пригодные к механизированной уборке с средней крупностью семян, а также урожайные.

Список литературы

1. Вошедский Н.Н. Особенности влияния элементов технологии при возделывании нута на засорённость посевов и урожайность зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – С. 80-84.

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

3. Зотиков В.И. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В.И. Зотиков. А.А. Полухин. Н.В. Грядунова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2020. – № 4 (36). – С. 5-17.

4. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Каменева О.Б. Селекционная ценность засухоустойчивых стерильных линий сорго // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – 24(2). – С. 187-193. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.187-193>

5. Маслова Г.А., Зайцев С.А., Башинская О.С., Бабушкин Д.Д. Оценка сортообразцов мировой коллекции нута в засушливых регионах Российской Федерации для создания высокопродуктивных сортов // «ВАВИЛОВСКИЕ ЧТЕ-

НИЯ – 2022» Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов, 2022. – С.145-149.

6. Международный классификатор СЭВ рода *Cicer L.* – Л., 1980. – 18 с.

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

8. Мухатова Ж.Н., Жужукин В.И. Изучение сортообразцов нута (*Cicer arietinum L.*) коллекции ВИР как исходного материала для селекции в Нижнем Поволжье // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Коняевские чтения». – Екатеринбург, 2022. – С. 27-29.

9. Жужукин В.И. Оценка исходного материала для селекции нута (*Cicer arietinum L.*) с использованием методов многомерной статистики / В.И. Жужукин, Ж.Н. Мухатова, А.Г. Субботин и др. // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 4. – С. 14-20. DOI: 10.17513/use.37803

10. Синюшин А.А. Статистические ошибки и как их избегают, или о корректном анализе количественных данных в селекции // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №3 (39). – С. 6-10.

11. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Яндубайкин Е.Е. Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна // Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2023. – № 2 (46). – С. 107-116. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116

© Маслова Г.А., 2024

Научная статья

УДК 632.4:633.11 (571.13)

Л.В. Мешкова, Л.П. Россеева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

ИСТОЧНИКИ ЮВЕНИЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Исследования показали, что устойчивость сортов к бурой ржавчине, включённых в Госреестр РФ и выращиваемых в области, детерминирована генами Lr 9, Lr 19 и Lr 26. Дана характеристика вирулентности популяции южной лесостепи Омской области. Выявлены новые источники устойчивости из коллекции пшеницы мягкой яровой ВИР к спорообразцам местной популяции патогена, которые рекомендованы для включения в селекционный процесс.

Ключевые слова: пшеница, сорта, патоген, популяция, устойчивость, вирулентность, Lr гены

L.V. Meshkova, L.P. Rosseeva

Omsk Agrarian Research Center, Omsk, Russia

SOURCES OF JUVENILE RESISTANCE TO BROWN RUST OF SOFT SPRING WHEAT IN THE OMSK REGION

Annotation. Research has shown that the resistance of varieties to leaf rust, included in the State Register of the Russian Federation and grown in the region, is determined by the genes Lr 9, Lr 19 and Lr 26. A characteristic of the virulence of the population of the southern forest-steppe of the Omsk region is given. New sources of resistance from the VIR soft spring wheat collection to spore samples of the local pathogen population have been identified, which are recommended for inclusion in the breeding process.

Keywords: wheat, variety, pathogen, population, resistance, virulence, Lr-genes

Бурая ржавчина (*Puccinia triticina* Erikss) наиболее распространённое листовое заболевание на посевах пшеницы в Омской области. При благоприятных погодных условиях и наличии восприимчивого растения-хозяина может вызвать эпифитотию патогена, частота встречаемости которых за последнее время увеличилась [1].

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) основная зерновая культура в аграрном секторе Омской области, занимает около 1,3 млн. га. Сорты селекции АНЦ «Омский» составляют 60 % от сортов, включённых в Госреестр РФ и допущенных к использованию [2]. Большинство из них проявляет восприимчивость к фитопатогену бурой ржавчины, поражающего фотосинтезирующую поверхность растения. По устойчивости к нему в результате целенаправленной работы создан ряд коммерческих сортов, сочетающие устойчивость с продуктивностью и хорошими показателями качества зерна.

В сортах, устойчивых к возбудителю бурой ржавчины, согласно идентификации генов устойчивости с использованием метода фитопатологического тестирования и молекулярных маркёров, резистентность обеспечивают гены: Lr 26 (Мелодия, Уралосибирская, Уралосибирская 2, Омская крепость, Омская 42, Семёновна, Тарская юбилейная, Омская 43, Сигма, Памяти Сусякова, Элемент 22, ОмГАУ 100) и Lr 19 + Lr 26 (Омская 37, Омская 38, Омская 44, Омская 45) [3,4,5]. В последние годы незначительную площадь в посевах занимает сорт Дуэт, резистентность которого детерминирована геном Lr 9 [6].

Таким образом, защиту районированных сортов обеспечивает небольшое число расспецифических генов, которое может способствовать естественному усилению отбора в вирулентности популяции патогена. Так, в результате расширения к 2007 году в Омской области площади посева до 164 тыс. га генетически однородных по устойчивости к бурой ржавчине сортов, включённых в ГР РФ: Терция, Соната, Тулеевская и Дуэт вызвало появление в популяции гриба патотипа рр9, вирулентного к гену резистентности растения-хозяина Lr 9, что и привело к поражению сортов с этим геном в Омской и Челябинской областях в 2007г. [7].

С целью генетической защиты посевов от поражения фитопатогенами необходимо проводить поиск новых генов устойчивости растения-хозяина.

Материалы и методы исследования.

Материалом для исследования служили спорообразцы природной популяции бурой ржавчины, собранные на производственных посевах пшеницы в зоне южной лесостепи Омской области и новые коллекционные образцы пшеницы мягкой яровой ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (сокр. ВИР).

Возобновляли спорообразцы, выделяли и размножали патотипы гриба на универсально восприимчивом сорте Катюша. Вирулентность спорообразцов возбудителя бурой ржавчины пшеницы определяли на наборе изогенных линий сорта Thatcher и сортах с другими идентифицированными генами устойчивости: Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ка, 9, 10, 11, 14, 15, 16,17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 36, 38, 45, 47, 50, 51, 52, 57, 64 и Lr Sp по методике отсечённых листьев в светокультуре на растворе бензимидазола [8].

Устойчивость образцов коллекции ВИР к популяциям бурой и стеблевой ржавчины и мучнистой росы диагностировали в ювенильной стадии с использованием камеры искусственного климата Биотрон - 8, при температуре 19-20°C и 16 часовом освещении, с интенсивностью 10 тыс. люкс.

Тип реакции растения - хозяина на внедрение патогена определяли по международной шкале, в модификации Ghonston С.О., Browder В.Е., где 0, 1, 2 - устойчивость (R), 3, 4 - восприимчивость (S), X – гетерогенность [9].

По методике ВНИИФ по частоте встречаемости патотипов гриба в популяции определяли степень эффективности генов устойчивости растения-хозяина и их условно разделяли на 4 группы:

- эффективные – 0%;
- средне эффективные – до 20%;
- низко эффективные – от 21 до 50%;
- неэффективные – свыше 50% [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Мониторинг вирулентности спорообразцов бурой ржавчины южной лесостепи Омской области показал, что из 33 изогенных линий, включённых в исследования, около 60% показало полную совместимость с растением - хозяином, линии Lr9, Lr19, Lr28 и LrSp не поразились, а к сортообразцу с геном Lr47 около 30% клонов проявило вирулентность. Линии Lr 2а, Lr 2в и Lr 45 поразились от 52,9 до 64,7%, а Lr15, Lr 24, Lr29, а Lr51, Lr52 и Lr57 более 80%. Линия с геном Lr26 восприимчиво к 47,1% клонов популяции, таблица 1.

Таблица 1. Характеристика вирулентности популяции бурой ржавчины в южной лесостепи Омской области, 2023г.

Гены %	2а	2в	15	24	26	29	45	47	51	52	57
устойчивости	47,1	41,2	5,9	17,7	52,9	5,9	35,3	70,6	5,9	11,8	17,7
вирулентности	52,9	58,8	94,1	82,3	47,1	94,1	64,7	29,4	94,1	88,2	82,3

Определение степени эффективности генов устойчивости к природной популяции Омской области показало, что только Lr9, Lr19, Lr28 и LrSp эффективны, Lr26 и Lr47 характеризуются низкой эффективностью, остальные неэффективны.

Оценка 50 новых коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы, представленная образцами из России – 30 шт., Германии – 12, Великобритании и Чехии по 2 и один из Швейцарии к спорообразцам популяции бурой ржавчины Омской области выявила сорта с расоспецифической устойчивостью, таблица 2.

Таблица 2. Устойчивость образцов коллекции яровой мягкой пшеницы ВИР к листостеблевым фитопатогенам в фазе проростков, 2024г.

№ каталога ВИР	Название	Происхождение	Поражение, балл		
			бурой ржавчиной	стеблевой ржавчиной	мучнистой росой
67425	Тулайковская 117	РФ (Самара)	0-1	4	3
67438	Сенсей	РФ (Пенза)	0	4	4

67442	Новосибирская 75	РФ (Новосибирск)	0-1	4	4
67445	Фурор	РФ (Волгоград)	0-1	3	4
67459	Кинельская 2020	РФ (Самара)	0	4	3
67462	Челябинка	РФ (Челябинск)	0	4	3
67552	Лин 454-47	РФ (Новосибирск)	0	3	3
67560	Jasmund	Германия	0	4	3
St S*	Катюша	РФ (Омск)	4	4	4

*St S стандарт восприимчивости

Устойчивость этих образцов может быть обусловлена одним из четырёх эффективных генов или их комплексом (Lr9, Lr19, Lr28 и LrSp), возможно и другими, отсутствующими в нашем наборе изогенных линий.

Параллельная оценка этих образцов к местным популяциям стеблевой ржавчины и мучнистой росы показала, что в изучаемом наборе отсутствуют сорта с комплексной устойчивостью к мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, таблица 2.

Таким образом, оценка ювенильной устойчивости образцов коллекции ВИР к популяции бурой ржавчины Омской области выявила ряд резистентных образцов к этому патогену, которые рекомендованы для включения в селекционный процесс при создании устойчивых сортов.

Список источников

1. Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В., Гультяева Е.И., Митрофанова О.П., Лапочкина И.Ф. Тенденция преодоления устойчивости к бурой ржавчине интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops speltoides* Tausch. // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2018; 22(5): С. 560-567. DOI 10.18699/VJ18.395

2. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2023 год – Омск, 2023. – 60 с.

3. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Шмакова О.А., Белан И.А. Влияние сортов мягкой яровой пшеницы с геном Lr26 на вирулентность возбудителя бурой ржавчины в Омской области // Успехи современного естествознания», 2021, № 10, 20-

4. Гультяева Е.И., Шайдаюк Е.Л. Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у новых российских сортов мягкой пшеницы // *Биотехнология и селекция растений*. 2021, 4 (2):15-27. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-02.

5. Мухордова М.Е., Белан И.А., Россеева Л.П. Использование молекулярных маркеров в селекции пшеницы мягкой яровой в Омском аграрном научном центре // *Достижения науки и техники АПК*. 2022.Т.36.№6,с.5-9. DOI: [10.53859/02352451_2022_36_6_5](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_5)

6. Гультяева Е.И. Генетическое разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к возбудителю бурой ржавчины // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*, 2012. №2, С.29-32.

7. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Коренюк Е.А., Белан И.А. Динамика распространения патотипа возбудителя бурой ржавчины пшеницы вирулентного к сортам с геном Lr9 в Омской области / *Микология и фитопатология*, 2012, Т.46, Вып. 6, С. 397-400.

8. Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы – СПб – 2006. – 80 с.

9. Ghonston C.O., Browder B.E. Seventh revision of physiologic races of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* // *Plant Dis. Repr.* - 1966. Val.50 - P.756-760.

10. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине / Е.Д. Коваленко, Т.М. Коломиец, М.И. Киселева и др. // *Методические рекомендации ВНИИФ*, М. 2012, С.67.

© Мешкова Л.В., Россеева Л.П., 2024

Научная статья

УДК 633.171:631.527

В.А. Мозлов^{1,2}, В.И. Жужукин¹

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

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, г. Саратов

КРУПНОЗЁРНЫЕ ФОРМЫ ПРОСА ПОСЕВНОГО В КОЛЛЕКЦИИ ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»

Аннотация. Проведен анализ эксклюзивной коллекции крупнозерных и полиплоидных форм проса посевного, хранящейся в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении "ФАНЦ Юго-Востока". В коллекции представлены более 80 оригинальных образцов, принадлежащих к 18 различным разновидностям, а также 9 полиплоидов, входящих в пять различных категорий. Выявлены их особенности, включая форму метелки, цвет зерна и период до созревания. Особый акцент сделан на значимости коллекций в процессе создания новых сортов и обогащении генофонда проса посевного.

Ключевые слова: просо посевное, коллекции, образец, разновидность, форма метёлки, крупность зерна, окраска зерна, период «всходы-вымётывание».

V.A. Mozlov^{1,2}, V.I. Zhuzhukin¹

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

²Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Agrarian Scientific Center of the South-East, Saratov

LARGE-SEEDED FORMS OF PROSO MILLET IN THE COLLECTION OF FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION «FANC SOUTHEAST»

Annotation. The collection of large-seeded and polyploid forms of proso millet at the

Federal State Budgetary Scientific Institution "FANC Southeast" has been analyzed. The collection comprises over 80 original samples, belonging to 18 varieties, and 9 polyploids from five different varieties. Their differences in panicle shape, grain color, and maturation time have been noted. Emphasis is placed on the role of collections in developing new varieties and enriching the global gene pool of proso millet.

Keywords: proso millet, collections, sample, variety, panicle shape, grain size, grain color, "emergence-maturation" period

В селекционной работе с различными культурами ключевыми методами являются гибридизация и отбор. Гибридизация, особенно важная часть процесса, требует тщательного подбора родительских пар. Эффективная гибридизация возможна благодаря наличию разнообразных исходных форм в рабочих и признаков коллекциях, которые обладают разносторонними хозяйственно ценными признаками.

Особое внимание уделяется созданию сортов, приспособленных к различным почвенно-климатическим зонам. Это включает в себя использование форм, которые не только различаются по вегетационному периоду и другим хозяйственно ценным признакам, но и обладают адаптивными свойствами, необходимыми для успешного роста и развития в различных условиях.

Таким образом, для успешной гибридизации и селекции необходима широкая и разнообразная коллекция исходных форм с множеством полезных признаков. Это обеспечивает селекционерам необходимый материал для создания новых сортов, устойчивых и адаптированных к разнообразным агроклиматическим условиям.

Одним из важных направлений в селекционной работе с просом посевным в ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока" является разработка сортов с улучшенными характеристиками, такими как крупнозерность, повышенное содержание каротиноидов, желтизна и устойчивость к болезням, характерным для данной культуры. Был создан ряд сортов с массой 1000 зерен, приближающейся к 9 г и превышающей этот показатель. К ним относятся сорта : Золотистое (в Госреестре РФ с 1998

года, допущен к использованию в 3 регионах, мтз от 7,6 до 9,6 г); Саратовское 10 (с 1999 года, допущен к использованию в 5 регионах, мтз от 7,5 до 9,5 г); Саратовское 12 (в Госреестре РФ с 2005 года, допущен к использованию в 5 регионах, мтз от 7,7 до 9,5 г); Саратовское желтое (в Госреестре РФ с 2009 года, допущен к использованию в 9 регионах, мтз от 7,6 до 8,9 г); Сарбин (в Госреестре РФ с 2020 года, допущен к использованию в 1 регионе, мтз от 7,6 до 8,9 г); Саратовское 15 (в Госреестре РФ с 2023 года, допущен к использованию в 1 регионе, мтз от 7,1 до 9,2 г); Сардар (в Госреестре РФ с 2023 года, допущен к использованию в 2 регионах, мтз от 7,8 до 11,2 г) [1]. Всего в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию - 10 сортов проса посевного, выведенных селекционерами ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока" и разрешенных к использованию в 9 регионах России. Создание сортов для различных регионов страны стало возможным при использовании разнообразного исходного материала, включая коллекцию ВИР. Коллекция проса посевного в ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока" насчитывает более 400 образцов, включая разнообразные группы, такие как сорта, крупнозерновые формы, тонкоплёчатые, ультраранние, мутантные формы, а также доноры генов расоспецифической устойчивости к головне. Самая многочисленная группа в коллекции - сорта, как селекции ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока", так и других российских научно-исследовательских учреждений. Группа крупнозерновых форм включает более 80 линий различных разновидностей. Кроме того, существует группа полиплоидных форм ($4n=72$) - 6 образцов. Коллекция высевается в соответствии с утвержденной схемой селекционного процесса, используя деланки размером 1,8 м² [2]. Изучение коллекционных образцов проводится в соответствии с методическими указаниями Всероссийского института растениеводства (ВИР) [3].

Признак крупнозерности контролируется не менее чем тремя генами с аддитивным воздействием (Gr1, Gr2, Gr3) [4]. Увеличение размера зерна у генотипов обусловлено наличием в них рецессивных аллелей этих генов. В результате рекомбинации генов в процессе скрещивания могут образовываться трансгрессии, и эти новые формы с крупными зёрнами обычно остаются стабильными.

Наши исследования подтверждают эффективность работы в этом направлении. К примеру, в 2023 году масса 1000 зерен у лучших форм с коричневыми зернами достигла 12,5-12,8 г, а у форм с красным и кремовым зерном - 10,5-11,5 г, что несколько уступает лучшим полиплоидам (13,0-14,0 г).

В настоящее время в коллекции форм с крупными зернами представлены оригинальные образцы как грубоплёчатых с массой 1000 зерен более 10 г, так и тонкоплёчатых образцов с массой более 9 г от селекционеров ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока". Эти образцы принадлежат к 18 различным разновидностям: милиацеум (8), субкокцинеум (9), кокцинеум, бадюм (по 6), субфлаум (8), суббадюм, афганикум (по 4), субафганикум (3), ауреум (15), субауреум (10), сангвинеум (10), субсангвинеум (9), атрокастанеум, альбум (по 3), субатрокастанеум, кандидум, альбофлаум, субальбофлаум (по 1). Образцы из группы полиплоидов представлены разновидностями субкокцинеум (3), кокцинеум (2), милиацеум (2), афганикум (1), альбум (1). В коллекции 70 образцов имеют развесистую метёлку, из них 28 – красное зерно, 26 – кремовое (жёлтое), 9 – коричневое, 7 – белое. Из 16 образцов со сжатой метёлкой красное зерно у 7-х, кремовое (жёлтое) – у 6-и, коричневое – у 2-х, белое – у 1-ой. Среди полиплоидов 8 имеют развесистую метёлку и 1 – сжатую, 5 – красное зерно, 2 – кремовое и 2 – белое.

Важным аспектом для сортов и линий проса является продолжительность периода "всходы-выметывание". Фенологические наблюдения, согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции проса, показывают, что большинство образцов в коллекции характеризуются поздним временем выметывания, 16 - средним. И сорт пожнивное 86 с ранним выметыванием также отличается высокой массой 1000 зерен. Все полиплоидные формы принадлежат к группе с поздним выметыванием, в сочетании с крупнозёрностью.

Таким образом, коллекция крупнозерных форм проса посевного в ФГБНУ "ФАНЦ Юго-Востока" отличается значительным разнообразием исходного материала для селекционных работ. Каждый год происходит пополнение новыми генотипами. Кроме того, помимо селекционных задач, коллекция также способ-

ствует расширению генофонда проса посевного в мировом масштабе. За последние 10 лет мировая коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) пополнилась тремя крупнозерными линиями (масса 1000 зерен от 7,6 до 11,9 г).

Список литературы

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. «Сорта растений» (Официальное издание). М., ФГБНУ «Росинформагротех» 2023, с. 27-28.

2. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Особенности адаптивной селекции проса посевного для центральных регионов России / Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве // Сб. науч. материалов Шатиловских чтений. – Орёл: ГНУ ВНИИЗБК, - 2011. – С. 179-186.

3. Методические указания. Изучение мировой коллекции проса. / Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. / Под ред. Г.Е. Шмареева. – Л.: ВИР, – 1988. – 30 с.

4. Ильин В.А. Избранные труды. – Саратов, – 1994, Т. 1. – 278 с.

5. Тихонов Н.П. (2021). СОРТ ПРОСА ПОСЕВНОГО САРБИН. Зернобобовые и крупяные культуры, (2 (38)), 99-103. doi: 10.24412/2309-348X-2021-2-99-103

© Мозлов В.А., Жужукин В.И., 2024

Научная статья

УДК 581.163

В.С. Морозова, О.В. Гуторова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

ВЫЯВЛЕНИЕ АНДРОГЕНЕЗА У ЛИНИИ КУКУРУЗЫ ЗМС-П

Аннотация. В статье представлены результаты двух экспериментов по выявлению способности к андрогенезу у гаплоиндуцирующей линии кукурузы ЗМС-П. Проанализировано потомство линии, полученное в результате свободного опыления растений, а также, потомство, полученное при опылении линии ЗМС-П пыльцой других линий. В обоих экспериментах были выявлены андрогенные гаплоиды: с частотой 0,04 % в случае свободного опыления, с частотой 0,10 % – среди гибридов.

Ключевые слова: кукуруза, андрогенез *in vivo*, андрогенный гаплоид

V.S. Morozova, O.V. Gutorova

Saratov State University, Saratov, Russia

DETECTION OF ANDROGENESIS IN THE CORN LINE ZMS-P

Annotation. The article presents the results of two experiments to identify the ability for androgenesis in the haploid inducing maize line ZMS-P. The progeny of the line obtained as a result of free pollination of plants, as well as the progeny obtained by pollination of the ZMS-P line with pollen of other lines, were analyzed. In both experiments, androgenic haploids were identified: with a frequency of 0.04% in the case of open pollination, with a frequency of 0.10% among hybrids.

Keywords: corn, androgenesis *in vivo*, androgenic haploid

Андрогенез *in vivo* – явление, когда ядро спермия замещает ядро яйцеклетки, при этом ядро яйцеклетки не функционирует и полностью элиминируется [1]. В результате, формируется андрогенный гаплоид, в клетках которого цитоплазма материнского происхождения, а ядра – отцовского. Используя андрогенез, наиболее быстрым путем за одно-два поколения можно достичь сочетания желаемых типов цитоплазмы и геномов, что значительно сокращает сроки

селекционных работ по созданию ядерно-цитоплазматических гибридов или аллоплазматических линий [2]. Частота андрогенеза у покрытосеменных растений очень низкая, в частности, у кукурузы она составляет 1 на несколько десятков и сотен тысяч [3]. Поэтому работы по изучению андрогенеза, разработке методов его индукции и повышению частоты андрогенеза являются актуальными и ведутся учеными разных стран [4-7]. Линия кукурузы ЗМС-П (Зародышевый маркер Саратовский – Пурпурный) обладает способностью индуцировать возникновение гаплоидов материнского типа с частотой до 10% у разных материнских форм при использовании ее в качестве опылителя [8]. Склонность линии к образованию андрогенных гаплоидов позволила бы использовать ее для получения гаплоидов не только материнского, но и отцовского типа (андрогенных), а также, в качестве донора генов андрогенеза для других линий.

Цель настоящей работы заключалась в оценке возможности образования андрогенных гаплоидов у гаплоиндуцирующей линии кукурузы ЗМС-П при свободном опылении и опылении пылью обычных линий.

Материалом исследования послужило потомство 15 семей линии-гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П и 12 гибридов между семьями линии ЗМС-П и обычными линиями (ГЛ 1, ГЛ 2, ГЛ 4, ГЛ 5, ГЛ 8), не склонными к наследуемой и ненаследуемой форме партеногенеза и не имеющими доминантные гены окраски.

Эксперименты по опылению проводили в 2022 году в полевых условиях. Полученное потомство анализировали в 2023 году. Свободное опыление осуществлялось естественным путем при совместном выращивании линии ЗМС-П с другими линиями коллекции. Гибриды получали путем опыления предварительно изолированных женских соцветий линии ЗМС-П пылью обычных линий, собранной в пергаментный пакет.

Анализ зерновок, полученных при свободном опылении линии ЗМС-П, и зерновок, полученных в результате опыления растений этой линии пылью других линий, проводили отдельно. Этапы отбора гаплоидов были одинаковыми в обоих экспериментах.

На первом этапе отобрали из имеющихся зерновок, используя метод генетического маркирования, предполагаемые андрогенные гаплоиды. Гаплоиндуктор ЗМС-П имеет доминантные гены-маркеры окраски эндосперма и зародыша. При опылении его пылью растений материнских форм, имеющих данные гены в рецессивном состоянии, гибридные зерновки имеют маркированный темным пятном эндосперм и окрашенный диплоидный зародыш. В случае, когда сформирован гаплоидный зародыш, эндосперм оказывается окрашенным (гибридным), а зародыш неокрашенным (как у материнской формы). Таким образом, при опылении гаплоиндуктором материнских форм с рецессивными генами-маркерами, возникают матроклинные гаплоиды. При использовании гаплоиндуктора в качестве материнского растения, которое опыляют пылью растений с рецессивными генами, возникающие гаплоиды с рецессивными признаками можно считать андрогенными (рисунок).



Рисунок – Отбор андрогенных гаплоидов с помощью генетического маркирования: слева – зерновки с диплоидным зародышем, справа – с предполагаемым андрогенным гаплоидным зародышем

Эксперимент со свободноопыленными растениями: в связи с тем, что в окружении растений гаплоиндуктора росли растения линий, имеющих маркерные гены в рецессивном состоянии, гаплоиды материнского типа должны быть окрашенными, отцовского – неокрашенными. То есть, из полученного в результате свободного опыления потомства были отобраны зерновки с маркированным эндоспермом и немаркированным зародышем.

При анализе зерновок, полученных в результате принудительного опыления

линии ЗМС-П пылью обычных линий с рецессивными маркерными генами, также отбирали зерновки с маркированным эндоспермом и немаркированным зародышем (предполагаемые андрогенные гаплоиды).

Все зерновки проросли, в том числе, полностью маркированные. Среди проростков морфометрическим методом были отобраны предполагаемые гаплоидные растения и выращены до стадии 3-5 листьев. Как правило, они имели меньшего размера корешки и побеги, короткий и широкий первый лист. Были зафиксированы корешки предполагаемых гаплоидов (матроклинных и андрогенных). Пloidность растений была подтверждена с использованием цитогенетического метода [9], давленные препараты корешков анализировали за микроскопом Zeiss «Primo Star».

Частота матроклинных и андрогенных гаплоидов рассчитывалась как отношение количества гаплоидных проростков к общему количеству анализируемых проростков, умноженное на 100 % для каждой семьи и общая для каждого экспериментанта.

В эксперименте со свободным опылением среди 5162 проростков было выявлено 15 гаплоидов, из которых 13 маркированных (матроклинных) и 2 немаркированных (андрогенных) (таблица 1). Частота гаплоидных проростков материнского типа (маркированных) среди всех проанализированных вариантов составила 0,25 %, а андрогенных (немаркированных) – 0,04 %. Гаплоиды материнского типа в потомстве девяти семей вероятнее всего возникли в результате самоопыления, или опыления пылью других семей данной линии. Андрогенные гаплоиды присутствовали в потомстве двух вариантов: 6.9.3 (с частотой 0,25 %) и 6.16.4 (с частотой 0,27 %).

В эксперименте с гибридами между ЗМС-П и обычными линиями среди 1997 зерновок 12 были с маркированным гаплоидным зародышем (матроклинными) и 2 с немаркированным (андрогенным) гаплоидным зародышем (таблица 2). Соответственно, частота матроклинных гаплоидов составила 0,60 %, андрогенных – 0,1 %. Андрогенные гаплоиды были обнаружены в семьях 5.3.3 и 5.3.4

с частотами 0,18 % и 0,17 % соответственно. Матроклинные гаплоиды были обнаружены в 5 семьях с частотой от 0,37 до 4,04 %. Происхождение матроклинных гаплоидов в данном эксперименте точно не известно. Из проведенных ранее цитозембриологических исследований женского гаметофита линии ЗМС-П следует, что она не склонна к наследуемому партеногенезу, то есть, при опылении чужеродной пылью негаплоиндуцирующих линий, в ее потомстве не должны возникать гаплоиды материнского типа [10]. Не исключаем, что могло произойти случайное опыление собственной пылью растений.

Таблица 1 – Количество гаплоидов среди проростков свободноопыленных растений семей линии ЗМС-П

Вариант (семья)	Количество гаплоидных проростков				Количество диплоидных проростков, шт	Всего, шт
	маркированные		немаркированные			
	шт	%	шт	%		
6.7.1	0	0,00	0	0,00	332	332
6.7.2	0	0,00	0	0,00	5	5
6.7.3	1	1,45	0	0,00	68	69
6.8.1	1	0,18	0	0,00	558	559
6.8.2	1	0,24	0	0,00	413	414
6.8.3	1	0,41	0	0,00	240	241
6.8.4	0	0,00	0	0,00	278	278
6.9.1	0	0,00	0	0,00	180	180
6.9.2	4	0,66	0	0,00	601	605
6.9.3	1	0,25	1	0,25	406	408
6.9.4	0	0,00	0	0,00	171	171
6.15.1	1	0,09	0	0,00	1055	1056
6.16.1	0	0,00	0	0,00	89	89
6.16.3	2	0,53	0	0,00	378	380
6.16.4	1	0,27	1	0,27	373	375
всего	13	0,25	2	0,04	5147	5162

По результатам исследования можно сделать вывод, что линия ЗМС-П обладает способностью к андрогенезу, частота которого в результате исследования потомства от свободного опыления линии составила 0,04 %; среди гибридных зерновок, полученных от скрещивания линии ЗМС-П с другими линиями – 0,10 %.

Таблица 2 – Частота гаплоидов среди проростков, полученных от скрещивания линии ЗМС-П с обычными линиями

Вариант	Количество гаплоидных проростков				Количество диплоидных растений, шт.	Всего, шт
	маркированные		немаркированные			
	шт.	%	шт.	%		
5.1.1 x ГЛ 1	0	0,00	0	0,00	19	19
5.1.2 x ГЛ 1	0	0,00	0	0,00	8	8
5.2.1 x ГЛ 1	0	0,00	0	0,00	211	211
5.3.1 x ГЛ 2	2	1,56	0	0,00	126	128
5.3.2 x ГЛ 2	0	0,00	0	0,00	149	149
5.3.3 x ГЛ 2	2	0,37	1	0,18	536	539
5.3.4 x ГЛ 2	3	0,49	1	0,17	600	604
5.3.4 x ГЛ 8	1	0,69	0	0,00	143	144
6.5.1 x ГЛ 5	0	0,00	0	0,00	23	23
6.5.2 x ГЛ 5	0	0,00	0	0,00	55	55
6.6.1 x ГЛ 4	0	0,00	0	0,00	18	18
6.6.2 x ГЛ 4	4	4,04	0	0,00	95	99
всего	12	0,60	2	0,10	1983	1997

Список литературы

1. Тырнов В.С. Андрогенез *in vivo* у растений // Биология развития и управление наследственностью. М., 1986. С. 138-164.
2. Гаплоидия и селекция / Хохлов С.С. [и др]. М. : Наука, 1976. 221 с.
3. Завалишина А.Н., Тырнов В.С. Получение форм кукурузы с замещенной цитоплазмой методом андрогенеза *in vivo* // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2003. № 2. С. 187-194.
4. Шацкая О.А., Щербак В.С. Использование модифицированной *ig*-системы для создания новых форм кукурузы с повышенным андрогенезом // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. Краснодар, 1999. С. 211-218.
5. Демихова Д.С., Смолькина Ю.В., Тырнов В.С. Получение полиэмбрионных андрогенных гаплоидов кукурузы // Известия Саратовского ун-та. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13, вып. 4. С. 46-48.
6. Seguí-Simarro J.M. Androgenesis revisited // Bot. Rev. 2010. № 76. P. 377–404.

7. Еналеева Н.Х., Отъкало О.В., Тырнов В.С. Фенотипическое проявление мутации *ig* в мегагаметофите кукурузы линии зародышевый маркер // Генетика. 1998. Т. 34, № 2. С. 259-265

8. Гуторова О.В., Юдакова О.И., Зайцев С.А. Оценка эффективности гап-лоиндуктора кукурузы ЗМС-П // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 14-18.

9. Пухальский В.А., Соловьев А.А., Бадаева Е.Д., Юрцев В.Н. Практикум по цитологии и цитогенетике растений. М. : КолоС, 2007. 198 с.

10. Гуторова, О.В. Исследование женского гаметофита линии-гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2006. № 5. С. 304-307.

© Морозова В.С., Гуторова О.В., 2024

Научная статья

УДК 581.132.2:633.111

В.А. Павлова, А.А. Беляева

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

ФОРМИРОВАНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. В статье рассматривается влияние препаратов с физиологическим действием фунгицида Амистар Экстра и росторегулятора Моддус на продуктивность работы фотосинтетического аппарата озимой мягкой пшеницы. Результаты исследований показали, что максимальная площадь листьев сформировалась на варианте с совместным применением данных препаратов и составила 42,92 тыс. м²/га, чистая продуктивность фотосинтеза - 3,5 г/м²*сутки. Примене-

ние препаратов с физиологическим действием в посевах озимой мягкой пшеницы дали прибавку урожая на 34,3-39,6%.

Ключевые слова: продуктивность, фотосинтетический аппарат, препарат с физиологическим действием, озимая мягкая пшеница, Амистар Экстра, Моддус

V.A. Pavlova, A.A. Belyaeva

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

FORMATION AND PRODUCTIVITY OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF WINTER SOFT WHEAT

Annotation. The article consider the effect of drugs with the physiological effect of the fungicide Amistar Extra and the growth regulator Moddus on the productivity of the photosynthetic apparatus of winter soft wheat. The research results showed that the maximum leaf area was formed on the variant with the combined use of these drugs and amounted to 42.92 thousand m²/ha, the net productivity of photosynthesis was 3.5 g/m²* day. The use of drugs with a physiological effect in winter wheat crops gave an increase in yield by 34.3-39.6%.

Keywords: productivity, photosynthetic apparatus, preparation with physiological action, winter soft wheat, Amistar Extra, Moddus

В настоящее время важнейшей задачей является повышение продуктивности возделываемых культур, в том числе озимой пшеницы, которая является основной зерновой культурой в нашей стране. Увеличить объем растениеводческой продукции можно за счет расширения посевных площадей или увеличения продуктивности фотосинтеза.

Посев представляет собой оптическую систему, в которой листья поглощают фотосинтетическую активную радиацию (ФАР). С повышением площади листьев до оптимальных величин увеличивается и поглощение ими энергии

солнца. При дальнейшем увеличении площади листьев поглощение ФАР не повышается [4,5].

При рассмотрении посева как фотосинтезирующей системы урожай сухой массы, создаваемый за вегетационный период, или его прирост за определенный период зависит от величины средней площади листьев, продолжительности периода и чистой продуктивности фотосинтеза за этот период. Фотосинтез протекает не только в листьях, но и в других зеленых частях растений – стеблях, осях, зеленых плодах, однако содержание хлорофилла далеко не одинаково в различных частях растения [4,5].

Препараты с физиологическим действием замедляют образование гормона старения – этилена, оптимизируют потребление воды, не снижая темпы фотосинтеза, воздействуют на сохранение хлорофилла в хлоропластах, что позволяет долго сохранять в активном состоянии ассимилирующую поверхность [3].

В связи с этим возникла необходимость изучения влияния препаратов с физиологическим действием на формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата у озимой мягкой пшеницы.

Полевые исследования проводили в СХА «Новые Выселки» Калининского района Саратовской области. Почва опытного участка - чернозем обыкновенный. Площадь делянки составляла 1350 м² (13,5 м x 100 м). Опыт закладывался в трехкратной повторности. Норма высева 3,5 млн. шт./га.

Объектами исследований были сорт озимой мягкой пшеницы Анастасия и препараты с физиологическим действием (Амистар Экстра и Моддус). Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (без обработки); 2) Амистар Экстра в норме 0,75 л/га; 3) Амистар Экстра в норме 0,75 л/га + Моддус в норме 0,3 л/га. Препараты Амистар Экстра и Моддус применяли на посевах озимой пшеницы в период конец кущения – начало выхода в трубку (Т1, ВВСН 29-31).

Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [2]. Полученные данные анализировали методом дисперсионного анализа со сравнением частных средних по тесту Дункана с использованием пакета программ AGROS 2.10.

По данным наших исследований изучаемые препараты с физиологическим действием оказали существенное влияние на динамику формирования ассимиляционного аппарата. На вариантах с применением препаратов с физиологическим действием интенсивное накопление ассимиляционной поверхности наблюдалось до фазы колошения, в дальнейшем темпы снижаются. В данных вариантах максимальная площадь листьев сформировалась в фазу молочной спелости (рисунок 1).

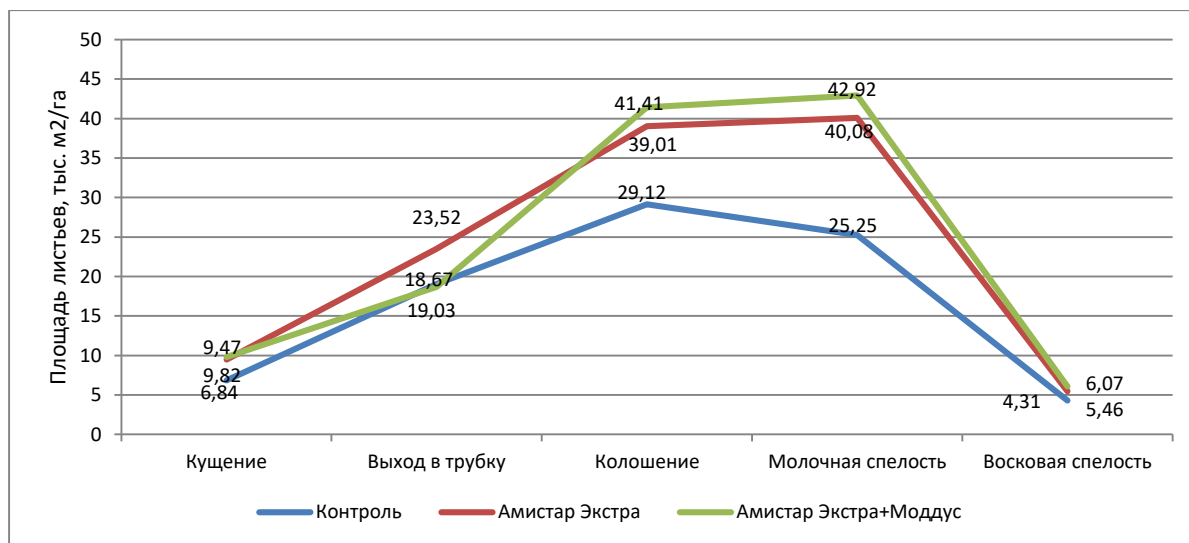


Рисунок 1. Динамика площади листьев озимой мягкой пшеницы

На контроле максимальная площадь листьев наблюдалась в фазу колошения, затем снижалась (рисунок 1). По данным дисперсионного анализа существенные различия наблюдались по всем изучаемым вариантам. Площадь листьев на вариантах с применением препаратов с физиологическим действием была существенно выше контроля.

Максимальная площадь листьев сформировалась на варианте при совместном применении Амистар Экстра и Моддус и составила 42,92 тыс. м²/га (рисунок 1, таблица 1).

На варианте с совместным применением Амистар Экстра и Моддус показатели фотосинтетического потенциала (1615,3 м²/га * сутки) и чистой продуктивности фотосинтеза (3,5 г/м² *сутки), также значительно отличались в сравнении с другими вариантами (таблица 1).

Таблица 1. - Площадь листьев и продуктивность работы фотосинтеза

Варианты	Площадь листьев, тыс. м ² на 1 гектар	ФП тыс. м ² /га* сутки	ЧПФ г/м ² *сутки
Контроль	25,25а	1116,20а	2,8а
Амистар Экстра	40,08b	1453,45b	3,2b
Амистар Экстра+Моддус	42,92с	1615,30с	3,5с
F _{факт}	656.09*	17,65*	3,88*
НСР ₀₅	0.59	160,72	0,25

Данные результаты подтверждаются урожайностью зерна озимой мягкой пшеницы, которая варьировала по вариантам 4,11-4,47 т/га. Математическая обработка данных доказывает достоверность проведенного опыта.

Данные препараты, примененные в период конец кущения – начало выхода в трубку, повлияли благоприятно на формирование и продуктивную работу фотосинтетического аппарата озимой мягкой пшеницы, увеличили их стрессоустойчивость, что привело к получению максимального урожая, что согласуется с данными научных исследований Богомазова С.В. и др. [1] и Лысенко Н.Н., Прудниковой Е.Г. [3].

Таким образом, формирование продуктивности озимой мягкой пшеницы напрямую зависело от формирования и продуктивности работы фотосинтетического аппарата. Применение препаратов с физиологическим действием в посевах озимой мягкой пшеницы (фунгицид Амистар Экстра в норме 0,75 л/га и росторегулятор Моддус в норме 0,3 л/га) дали прибавку урожая в среднем 34,3-39,6%. От совместного их применения была получена максимальная урожайность и составила 4,47 т/га.

Список литературы

1. Богомазов С.В., Кочмин А.Г., Тихонов Н.Н., Кудин С.М., Эффективность применения регуляторов роста ретардантного действия в технологии возделывания семенных посевов озимой пшеницы // Нива Поволжья. 2017. № 1 (42). С.15-19.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической

обработки результатов исследований). Изд. 4-е, доп. и перераб. М. Колос. 1979. 416 с.

3. Лысенко Н.Н., Прудникова Е.Г. Влияние фунгицида Амистар Экстра и регулятора роста Бинорам на болезни листового аппарата и физиолого-биохимические показатели яровой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2018. 1(70). С. 8-13.

4. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, А.Е. Строганова, С.Н. Чмора, М.П. Власова. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 211 с.

5. Семькин В.А., Пигорев И.Я. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы в условиях Черноземья России // Фундаментальные исследования. – 2007.–№2.– С. 42-47; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=2371> (дата обращения: 28.03.2024).

© Павлова В.А., Беляева А.А., 2024

Научная статья

УДК 633.112.9:631.524.8

Н.В. Степанова, А.Г. Субботин, В.И. Жужукин, Ж.Н. Мухатова, М.Г. Султанов

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

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНКУРСНОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ НОВОГО СОРТА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ ВОЛЖАНКА

Аннотация. В статье дана характеристика нового сорта озимой тритикале Волжанка по основным морфо-биологическим и хозяйственным показателям. Сорт

высокоадаптивен, зимостоек, устойчив к поражению болезнями, имеет положительные технологические характеристики. За время конкурсного изучения урожайность зерна составила 39,9 ц/га, количество зерен с колоса варьировало от 38,9 до 43,3 шт., масса 1000 зерен в среднем составила 42,5 г. Натура зерна на уровне лучших сортов – 724,1 г/л. Содержание сырого протеина в среднем 13,9%. Отличительной характеристикой нового сорта Волжанка является выровненность растений в посевах по высоте.

Ключевые слова: сорт, конкурсное сортоиспытание, адаптивность, урожайность зерна, полегаемость, осыпаемость, устойчивость.

N.V. Stepanova, A.G. Subbotin, V.I. Zhuzhukin, Zh.N. Mukhatova, M.G. Sultanov
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia

THE RESULTS OF THE COMPETITIVE VARIETY TESTING OF A NEW VARIETY OF WINTER TRITICALE VOLZHANKA

Annotation. The article describes a new variety of winter triticale Volzhanka according to the main morphological, biological and economic indicators. The variety is highly adaptive, hardy, resistant to disease, and has positive technological characteristics. During the competitive study, the grain yield was 39,9 c/ha, the number of grains per ear ranged from 38,9 to 43,3 pcs., the weight of 1000 grains averaged 42,5 g. The grain nature at the level of the best varieties was 724,1 g/l. The average crude protein content is 13,9%. A distinctive characteristic of the new variety Volzhanka is the alignment of plants in sowing in height.

Keywords: variety, competitive variety testing, adaptability, grain yield, lodging, shedding, stability.

Введение. Озимые культуры являются важным резервом увеличения про-

изводства зерна. В основных районах возделывания они дают более высокие урожаи зерна, чем яровые. В силу своих биологических особенностей озимые культуры обладают высоким потенциалом продуктивности, вследствие полного использования осенне-зимних и весенних запасов влаги и питательных веществ, они способны к быстрому формированию вегетативной массы весной и тем самым в меньшей степени подвергаются негативному воздействию весенних засух. Что в свою очередь дает возможность повысить качество зерна [5, 6].

В современных условиях среди сельхозтоваропроизводителей всё большую популярность набирает новая озимая зерновая культура - тритикале. При возделывании её в усиливающейся аридизацией климата, вариации температурного режима и осадков в период вегетации культуры, она способна давать высокие урожаи зерна и зеленой массы. Несомненная заслуга в этом - высокая пластичность современных сортов, которые способны противостоять широкому спектру абиотических факторов.

В связи с этим особое значение отводится селекционной работе, которая позволяет создавать конкурентноспособные сорта полевых культур адаптированных к конкретным условиям [3, 4].

Создание сортов с повышенным уровнем устойчивости к абиотическим факторам среды считается приоритетным направлением адаптивного растениеводства на Юго-Востоке Европейской части Российской Федерации. В государственном Реестре селекционных достижений РФ на начало 2024 года находится 107 сортов озимой тритикале, из них 13 сортов допущены к использованию по 8 региону, три из которых являются сортами селекции Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова [1, 2]. У истоков начала селекции озимой тритикале ВУЗа стояли Я.А. Шнайдерман, Н.С. Орлова и ряд других учёных. В настоящее время продолжается работа по созданию новых высокопродуктивных сортов адаптированных к засушливым условиям Нижневолжского региона.

Целью исследований являлось создание нового сорта озимой тритикале,

обладающего комплексом устойчивости к абиотическим факторам Нижнего Поволжья и высокими показателями продуктивности и качества.

Материал и методика исследований. Исследования проводили на опытном поле, расположенном на территории землепользования УНПО «Поволжье» Энгельсского района Саратовской области. Почвы опытного участка темно-каштановые с содержанием гумуса 2,3 %. Гранулометрический состав среднесуглинистый.

Объектом исследований служили новая линия (27/Г2020) и сорт озимой тритикале Юбилейная. Линия передана на государственное сортоиспытание под названием - сорт Волжанка (заявка на выдачу патента и на допуск селекционных достижений к использованию № 7955006 на сорт озимой тритикале Волжанка (селекционный № 27/Г2020) от 29.12.2020 г.).

Новый сорт изучали в конкурсном сортоиспытании в 2021–2023 гг., согласно методике государственного сортоиспытания [7]. В качестве стандарта использовали сорт озимой тритикале Юбилейная. Норма высева 4,5 млн шт. семян/га, повторность опыта – 4-кратная, расположение делянок – рендомизированное.

Результаты исследований. Сравнительная оценка различных сортов выявила следующие отличия по хозяйственно-ценным признакам у изучаемых сортов озимой тритикале. Так, растения нового сорта Волжанка имели следующие признаки. Тип развития растения – озимый. Растение имеет полуразвалистый тип куста, стебель с прочной невыполненной соломиной, листовая пластина со слабым опушением. Высота растений варьировала в пределах 97,8-108,8 см (таблица 1). Форма колоса призматическая, желтой окраски длиной 13,5-14,0 см. Плотность колоса 1,9-2,1. Ости длинные, параллельные, средне-грубые, шершавые, светло-желтой окраски. Зерновка средне-крупная, удлинённая красной окраски. Сорт Волжанка отличился выровненностью по высоте растений. Вегетационный период в среднем составил 284 дня. Продуктивная кустистость на уровне лучших сортов, среднее значение этого показателя 3,2 продуктивных стебля на растение. Число зерен в колосе варьировало от 38,9 до 43,3 шт. По

массе 1000 зерен сорт Волжанка находился на уровне стандарта, средние показатели у них составили 42,5 и 41,8 г соответственно. Натурная масса зерна у нового сорта так же на уровне стандарта, в среднем она составила 724,1 г/л в сравнении с сортом Юбилейная 716,0 г/л. Содержание сырого протеина в зерне варьировало в пределах 13,6-14,2 % у сорта Волжанка и 13,2-13,6 % у стандарта.

За период исследований урожайность зерна нового сорта Волжанка варьировала в пределах 29,7- 47,8 ц/га, в среднем за три года она составила 39,9 ц/га, тогда как у сорта Юбилейная этот показатель в среднем составил 37,2 ц/га.

Сорт устойчив к полеганию и осыпавости зерна, что является важной технологической характеристикой, так как это значительно снижает потери урожая при уборочных работах.

Новый сорт имеет высокий процент зимостойкости, устойчив к поражению бурой ржавчиной и мучнистой росой.

Таблица 1 - Хозяйственные и биологические свойства сорта Волжанка (2018-2019 гг.)

Показатели	Новый сорт Волжанка			Среднее	Стандарт Юбилейная			Среднее
	2021	2022	2023		2021	2022	2023	
Урожайность зерна, ц/га	47,8	42,3	29,7	39,9	45,4	39,8	26,4	37,2
Натура зерна, г/л	720,4	729,3	722,6	724,1	709,6	730,4	707,9	716,0
Масса 1000 зерен, г	45,2	43,7	38,5	42,5	44,3	42,9	38,3	41,8
Содержание сырого протеина, %	13,6	13,9	14,2	13,9	13,2	13,6	13,3	13,4
Вегетационный период (от всходов до хоз. спелости), дней	290	283	279	284	292	284	279	285
Высота растения, см	108,8	104,5	97,8	103,7	107,6	102,3	92,4	100,8
Продуктивная кустистость	4,2	3,3	2,1	3,2	4,3	3,2	2,0	3,0
Устойчивость против полегания по пятибалльной шкале, балл	5	5	5	5	5	5	5	5
Число зерен в колосе, шт.	43,3	40,3	38,9	40,8	41,9	40,2	38,1	40,1
Осыпавость (устойчивость), балл	5	5	5	5	5	5	5	5
Зимостойкость, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Заключение. Из результатов конкурсного изучения следует, что новый

сорт озимой тритикале Волжанка отличился высокой адаптивностью к стрессовым условиям Нижневолжского региона, стабильностью по годам по изучаемым признакам, обладал рядом технологических особенностей:

- Вегетационный период составил 284 дня;
- Сорт выровненный по высоте растений, высота растений в среднем 103,7 см;
- Устойчив к полеганию и осыпаемости зерна;
- Среднее количество зерен в колосе 40,8 шт.
- По массе 1000 зерен сорт Волжанка находился на уровне стандарта, средние показатели у них составили 42,5 и 41,8 г соответственно.
- Натурная масса зерна составила 724,1 г/л в сравнении с сортом Юбилейная 716,0 г/л.
- Содержание сырого протеина в зерне варьировало в пределах 13,6-14,2 %.

Список литературы

1. Акинина, В. Н. Характеристика сортов и перспективных линий тритикале в условиях Нижнего Поволжья / В. Н. Акинина, Т. И. Дьячук, О. В. Хомякова [и др.] // Тритикале: Материалы международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 07–08 июня 2022 года. Том Выпуск 10. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство "Юг"», 2022. – С. 42-52.

2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 631 с.

3. Ворончихина, И.Н. Оценка сортов яровой пшеницы канадской селекции по показателям продуктивности и качества зерна в условиях московской области / И.Н. Ворончихина, В.С. Рубец, В.В. Пыльнев, М.Д. Метт // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. №92. С. 64-70.

4. Дьячук, Т. И. Новый сорт озимой тритикале Зубр / Т. И. Дьячук, В. Н.

Акинина, С. В. Жилин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 23-27.

5. Дьячук, Т.И. Хозяйственная и биологическая характеристика нового сорта озимой тритикале Георг / Т. И. Дьячук, В. Н. Акинина, О. В. Хомякова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 12. – С. 19-22.

6. Крохмаль, А.В. Результаты селекции озимого тритикале на продуктивность и адаптивность на Дону / А.В. Крохмаль, А.И. Грабовец, Е.А. Гординская, А.А. Фомичёва // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2019. – № 2 (76). – С. 67–69.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М. : Колос. 1985. – вып.1. – 267с.

© Степанова Н.В., Субботин А.Г., Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., Султанов М.Г.

Научная статья

УДК 633.11«324»: 664.6/7

В.М. Тринутин, Ю.Н. Кашуба, А.Н. Ковтуненко, И.В. Пахотина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

АДАПТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «СБОР БЕЛКА С ЕДИНИЦЫ ПЛОЩАДИ»

Аннотация. В статье представлены данные сбора белка с единицы площади у образцов озимой мягкой пшеницы из конкурсного сортоиспытания (КСИ) лаборатории селекции озимых культур Омского аграрного научного центра (АНЦ). За счёт более высокой урожайности зерна образцы КСИ превосходят стандартный сорт Омская 4 по сбору белка. Лучшими по адаптивности сбора белка оказались линии 48/19, 45/19 и 46/19.

Ключевые слова: озимая пшеница, сбор белка, адаптивность

V.M. Triputin, Yu.N. Kashuba, A.N. Kovtunenکو, I.V. Pakhotina

Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT SAMPLES ACCORDING TO THE INDICATOR «PROTEIN COLLECTION PER UNIT AREA»

Annotation: The article presents data on protein collecting per unit area from samples of winter soft wheat from the competitive variety testing (CVT) of the laboratory of winter crop breeding of the Omsk Agrarian Scientific Center (ASC). Due to the higher grain yield, CVI samples surpass the standard Omskaja 4 variety in protein collecting. The lines 48/19, 45/19 and 46/19 were the best in terms of adaptability of protein collecting.

Keywords: winter wheat, protein harvesting, adaptability.

Для озимой мягкой пшеницы одним из важных показателей качества является содержание белка в зерне. Селекция на увеличение значения этого признака в нашем регионе затруднена из-за отрицательной корреляции белка с урожайностью [1-3]. Решение этого вопроса может идти через отбор по урожаю (валовому сбору) белка с единицы площади [4].

В 2017-2023 гг. проведено сравнение образцов озимой мягкой пшеницы из конкурсного сортоиспытания (КСИ) лаборатории селекции озимых культур Омского аграрного научного центра (АНЦ). Стандартом являлся сорт Омская 4. Содержание белка в зерне определено в лаборатории качества зерна Омского АНЦ (по методике Къельдаля в модификации М.И. Базавлука и на инфракрасном анализаторе ИнфраЛюм ФТ-12). Сбор белка с единицы площади рассчитывался по значениям урожайности зерна и содержания белка в зерне.

Для оценки адаптивности сбора белка с единицы площади были рассчитаны индекс экологической пластичности (Isp) по S.A. Eberhart, W.A. Russell [5],

коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову [6], генетическая гибкость ($Y_{\min} + Y_{\max} / 2$) – по А.А. Гончаренко [7], фактор стабильности (SF) – по D. Lewis [8], гомеостатичность (Hom) и селекционная ценность (Sc) – по В.В. Хангильдину, Н.А. Литвиненко [9]. В зависимости значений показателей адаптивности каждому образцу КСИ присваивалось место (ранг). Чем выше место (ранг), тем предпочтительнее выглядел образец по данному показателю. Последующее суммирование рангов позволяло определить наиболее адаптивные селекционные номера в данном наборе. К таковым относились номера с наименьшими суммами рангов.

По урожайности зерна новые сорта лаборатории селекции озимых культур Омского АНЦ (Прииртышская 2, Прииртышская 3) и линии из КСИ достоверно превосходят стандартный сорт (табл. 1). Наиболее урожайной является линия 45/19 (5,21 т/га).

Самое высокое содержание белка в зерне отмечено у сорта Прииртышская (14,99 %). Остальные номера КСИ уступают стандартному сорту Омская 4. Создание новых сортов и линий озимой пшеницы, характеризующихся более высокой урожайностью, сопровождается у них снижением содержания белка в зерне.

Таблица 1. Хозяйственно-ценные признаки образцов КСИ, 2017-2023 гг.

Сорт, линия	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га
Омская 4, стандарт	4,01	14,39	567
Прииртышская	4,40	14,99	652
Прииртышская 2	4,92	14,28	698
Прииртышская 3	5,15	14,30	730
Линия 45/19	5,21	14,20	737
Линия 46/19	5,17	14,09	723
Линия 47/19	5,16	13,71	697
Линия 48/19	5,14	14,03	718
НСР ₀₅	0,51	0,36	94

В наших опытах благодаря повышенной продуктивности все образцы превосходят стандарт по валовому сбору белка. Самое высокое значение данного показателя – у линии 45/19 (737 кг/га).

При расчёте показателей адаптивности уставлено, что по индексу экологической пластичности выделяются линия 45/19 ($I_{sp} = 1,07$), сорт Прииртышская 3 ($I_{sp} = 1,06$), линии 46/19 ($I_{sp} = 1,05$) и 48/19 ($I_{sp} = 1,04$) (табл. 2).

Наименьшее значение коэффициента вариации сбора белка отмечено у линий 48/19 (15,2 %), 46/19 (15,4 %) и 47/19 (15,5 %). В целом у линий КСИ изменчивость была ниже (15,2-17,7 %), чем у сортов (19,4-27,7 %).

По генетической гибкости выделяется линия 45/19 ($Y_{min} + Y_{max} / 2 = 740$). Лучший фактор стабильности – у линии 48/19 ($SF = 1,44$), которая также характеризуется и самыми высокими значениями гомеостатичности ($Hom = 17,86$) и селекционной ценности ($Sc = 499$).

Наименьшая сумма рангов оказалась присуща линии 48/19 (10), которая соответственно определена как наиболее адаптивная по сбору белка в данном наборе образцов КСИ. Ближе всего к ней располагались линии 45/19 и 46/19 (у обеих сумма рангов равна 15). Линия 48/19 находилась в группе лучших по адаптивности сбора белка и в предыдущих исследованиях [10].

Таблица 2. Параметры адаптивности по сбору белка и их ранжирование, 2017-2023 гг.

Сорт, линия	I_{sp}	V, %	$(Y_{min} + Y_{max}) / 2$	SF	Hom	Sc	Сумма рангов
	ранг	ранг	ранг	ранг	ранг	ранг	
Омская 4	0,82	27,7	580	2,14	4,86	265	45
	7	8	7	8	8	7	
Прииртышская	0,94	24,9	660	1,95	6,18	335	39
	6	7	6	7	7	6	
Прииртышская 2	1,01	23,5	730	1,85	6,83	378	32
	5	6	4	6	6	5	
Прииртышская 3	1,06	19,4	700	1,74	9,88	418	26
	2	5	5	5	5	4	
Линия 45/19	1,07	17,7	740	1,53	13,35	481	15
	1	4	1	3	4	2	
Линия 46/19	1,05	15,4	730	1,50	16,00	481	15
	3	2	4	2	2	2	
Линия 47/19	1,01	15,5	732	1,58	13,63	441	21
	5	3	3	4	3	3	
Линия 48/19	1,04	15,2	733	1,44	17,86	499	10
	4	1	2	1	1	1	

По данным опытов линии в целом набрали меньшую сумму рангов, чем сорта (10-21 против 26-45). При очевидной тенденции по снижению содержания белка в зерне у линий озимой пшеницы они получают преимущество перед ранее созданными сортами по сбору белка с единицы площади.

Список литературы

1. Трипутин В.М., Ковтуненко А.Н., Кашуба Ю.Н., Пахотина И.В. Селекционная оценка озимых зерновых культур в Омской области // Актуальные направления развития аграрной науки: сборник науч. статей. - Омск, 2020. - С. 249-254.

2. Ковтуненко А.Н. Результаты селекции озимых зерновых культур в южной лесостепи Омской области: автореферат на соискание учёной степени кандидата с.-х. наук 06.01.05. - Красноярск, 2022. - 19 с.

3. Трипутин В.М., Кашуба Ю.Н., Ковтуненко А.Н., Пахотина И.В. К результатам селекции озимых культур в Омском Прииртышье // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: мат-лы Всерос. науч. конф. - Пермь, 2023. - С. 376-383.

4. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири / В.А. Драгавцев, Р.А. Цильке, Б.Г. Рейтер [и др.]. - Новосибирск: Изд-во «Наука», 1984. - 230 с.

5. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop science. - 1966. - Vol. 6 (1). - P. 36-40.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Альянс, 2014. - 351 с.

7. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. - 2005. - № 6 - С. 49-53.

8. Lewis D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. - 1954 - Vol. 8. - P. 333-356.

9. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. - 1981. - Вып. 1. - С. 8-14.

10. Трипутин В.М., Ковтуненко А.Н., Кашуба Ю.Н., Пахотина И.В. Оценка образцов озимой пшеницы по валовому сбору белка с единицы площади // Инновационные направления научных исследований для интенсификации с.-х. производства: мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф. - Белгород: Изд-во ООО Константа-принт, 2022. - С. 316-320.

© Трипутин В.М., Кашуба Ю.Н., Ковтуненко А.Н., Пахотина И.В., 2024

Научная статья

УДК 633.321:631.842.4(839)

С.Ю. Храмов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

ДЕЙСТВИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО СИБНИК-10 В ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Аннотация. Приведены результаты полевых исследований (2021–2022 гг.) и разработаны научно-обоснованные технологические приемы возделывания клевера лугового с различными дозами минеральных удобрений в подтаежной зоне Омской области, обеспечивающие получение высоких урожаев зеленой массы и абсолютно сухого вещества. Таким образом, учитывая биологические особенности сорта клевера лугового, который проявил эффект на максимальные дозы минеральных удобрений. Особенно, это было проявлялось в вариантах с применением минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{100}K_{150}$ и $N_{30}P_{150}K_{180}$. Таким образом максимальная урожайность зеленой массы, составила – 36,6–38,1 т/га и абсолютно сухого вещества – 6,5–6,9 т/га. Также данные варианты обеспечили высокие пока-

затели по сбору кормовых единиц, где составили – 4,24–4,46; переваримого протеина – 0,84–0,88 т/га и обменной энергии 60,80–66,55 ГДж/га.

Ключевые слова: клевер луговой, минеральные удобрения, продуктивность

S. Yu. Hramov

FGBNU "Omsk ANTS", Omsk, Russia

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF MEADOW CLOVER SIBNIK-10 IN THE SUBTAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Annotation. The results of field research (2021–2022) are presented and scientifically based technological methods for cultivating meadow clover with various doses of mineral fertilizers in the taiga zone of the Omsk region are developed, ensuring high yields of green mass and naturally dry matter. Thus, taking into account the biological characteristics of the meadow clover variety, which showed an effect on the maximum doses of mineral fertilizers. This was especially evident in the variants with the use of mineral fertilizers at a dose of N₂₀P₁₀₀K₁₅₀ and N₃₀P₁₅₀K₁₈₀. Thus, the maximum yield of green mass was 36.6–38.1 t/ha and absolutely dry matter – 6.5–6.9 t/ha. Also, these options provided high indicators for the collection of feed units, where they amounted to - 4.24–4.46; digestible protein – 0.84–0.88 t/ha and exchange energy of 60.80–66.55 GJ/ha.

Keywords: meadow clover, mineral fertilizers, productivity

Одним из эффективных приемов увеличения производства высококачественных кормов является создание сенокосов многоукосного использования. Но с увеличением интенсивности использования травостоев потребность их в элементах питания значительно возрастает, и переход на многоукосный режим возможен только при применении повышенных доз минеральных удобрений. Под действием удобрений за счет улучшения питания растений продуктивность

травостоев при частом отчуждении не только не снижается, но даже возрастает [1].

В этой связи представляло интерес выявить оптимальный режим использования и уровень минерального питания для широко распространенных и новых видов (сортов) многолетних трав в Западной Сибири, обеспечивающих наибольший сбор высококачественного корма с 1 га и сохранение их продуктивного долголетия. Исследования проводили в подтаежной зоне Омской области на серой лесной почве, в отделе северного земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ в 2021–2022 гг.

Цель исследований – изучение действия доз азотно-фосфорных и калийных удобрений на урожайность и продуктивность зеленой и сухой массы клевера лугового СибНИИК-10.

Предшественник – яровая пшеница на зерно. Технология возделывания трав – зональная: основная обработка почвы – отвальная вспашка на 18–22 см, ранневесеннее боронование в два следа, предпосевная культивация КПС-4,0 с последующим боронованием, до и после посева прикатывание почвы кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А. Посев проводили семенами урожая 2020 г. с лабораторной всхожестью 80–90%. Семена клевера лугового высевали 15 мая сеялкой СН-16 на глубину 1,5–2,0 см рядовым (через 15 см) беспокровным способом [2]. Сорт включенные в Госреестр селекционных достижений РФ по Западно-Сибирскому региону, был допущены для возделывания на корм и семена. В качестве минеральных удобрений применялся аммофос с содержанием питательных веществ N:P – 12:52%, и калий хлористый (KCl – 60%) [3].

В пахотном слое почва содержала: гумуса – 3,34%, общего азота – 0,162, валового фосфора – 0,12%; pH солевое – 5,2. Обеспеченность почвы нитратным азотом низкая (3,5–3,8 мг/100 г почвы) (по Кьельдалю). Содержание в почве подвижного фосфора (8,4–9,4 мг/100 г почвы) и обменного калия (8,2–9,1 мг/100 г почвы) (по Кирсанову) – среднее [4,5].

Скашивание трав проводили со второго года жизни один раз за вегетацию в фазе цветения. Учетные делянки площадью 10 м² в трехкратной повторности

размещали последовательно. Исследования проводили согласно методике с кормовыми культурами ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса и Россельхозакадемией. Статистический анализ экспериментальных данных проводили согласно методике Б.А. Доспехова [6,7].

В результате наших исследований было установлено, что благоприятные погодные условия и запасы продуктивной влаги в период посева положительно повлияли на раннее появление всходов, что в дальнейшем сказалось на формировании травостоя многолетних трав в первый и последующие годы жизни.

Исследования показали, что всходы клевера лугового появились лишь через 11–13 суток после посева. На второй год жизни весной, возобновление вегетационного отрастания растений наблюдалось 3–8 мая.

В результате фенологических наблюдений было установлено, что продолжительность вегетационного периода позднеспелого сорта СибНИИК–10 варьировала в пределах от 120 до 125 суток, в зависимости от метеорологических условий года.

Учет биометрических показателей, осенью второго года жизни свидетельствовал, о лучшем развитии растений в вариантах с применением минеральных удобрений на позднеспелом сорте СибНИИК–10. По результатам первого укоса, наиболее развитые растения отмечены в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе ($N_{20}P_{100}K_{150}$; $N_{30}P_{150}K_{180}$), так у данного сорта СибНИИК–10, к моменту скашивания высота растений варьировалась от 78,5–79,1 см, что на 2,9–3,5 см выше контрольного варианта.

В ходе исследований нами установлено, что изучаемые минеральные удобрения оказывают положительное действие на формирование облиственного аппарата клевера лугового первого года пользования. Облиственность в первом укосе у сорта СибНИИК–10, составила 46,2–48,9%. Таким образом, применение изучаемых тройных доз минеральных удобрений позволило повысить биометрические показатели клевера лугового.

Наблюдалась определённая закономерность в формировании травостоя клевера лугового. В первый год жизни отмечалось интенсивное кущение трав,

увеличение густоты травостоя и снижение в нём доли сорной растительности. Засоренность посевов трав в первый год жизни достигала 30–35% (высокая степень), а на второй год жизни она понизилась до слабой. Наименьшая засоренность наблюдалась в вариантах с применением максимальной дозы минеральных удобрений $N_{20}P_{100}K_{150}$; $N_{30}P_{150}K_{180}$ (табл. 1).

Таблица 1. Действие доз минеральных удобрений на биометрические показатели клевера лугового первого года пользования

Вариант	Высота растений, см	Облиственность, %	Содержание в травостое, %	
			Бобовых	Сорняков
Без удобрений (контроль)	75,6	46,2	85,5	14,5
K_{120}	77,2	46,4	85,6	14,4
$N_{20}P_{100}$	77,7	47,0	86,0	14,0
$N_{20}P_{100}K_{120}$	78,0	47,2	86,3	13,7
$N_{20}P_{100}K_{150}$	78,5	48,0	86,9	13,1
$N_{30}P_{150}K_{180}$	79,1	48,9	87,5	12,5

Особенности формирования травостоя бобовых трав сказались и на их урожайности. Сравнительная характеристика кормовой продуктивности клевера лугового показала, что максимальный сбор за один укос зеленой массы (36,6–38,1 т/га) и абсолютно сухого вещества (6,5–6,9 т/га), обеспечили варианты при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{100}K_{150}$ и $N_{30}P_{150}K_{180}$. Наименьшие показатели, отмечены на контрольном варианте, где в сумме за один укос урожайность зеленой массы составила 30,2 и абсолютно сухого вещества 5,4 т/га (табл. 2).

Полученные нами результаты свидетельствуют, что изучаемый сорт клевера лугового под влиянием минеральных удобрений характеризовался высокой питательной ценностью. Самую высокую продуктивность у клевера обеспечили варианты на фоне применения удобрений в дозе $N_{20}P_{100}K_{150}$; $N_{30}P_{150}K_{180}$. Сбор кормовых единиц в сумме за один укос составил – 4,24–4,46; переваримого протеина – 0,84–0,88 т/га и обменной энергии 60,80–66,55 ГДж/га.

Таблица 2. Действие доз минеральных удобрений на урожайность клевера лугового первого года пользования травостоя

Вариант	Зеленая масса, т/га	Прибавка к контролю, %	Абсолютно сухое вещество, т/га	Прибавка к контролю, %
Без удобрений (контроль)	30,2	–	5,4	–
K ₁₂₀	30,4	0,7	5,4	0,0
N ₂₀ P ₁₀₀	32,5	7,6	5,8	7,4
N ₂₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	34,7	14,9	6,2	14,8
N ₂₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	36,6	21,2	6,5	20,3
N ₃₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	38,1	26,1	6,9	25,9
НСР ₀₅	0,10	–	0,15	–

Отметим, что наименьшие показатели по питательной ценности имел контрольный вариант (табл. 3).

Таблица 3. Действие доз минеральных удобрений на питательную ценность клевера лугового первого года пользования травостоя.

Вариант	Кормовые единицы, т/га	Переваримый протеин, т/га	ОЭ, ГДж/га
Без удобрений (контроль)	3,51	0,72	49,68
K ₁₂₀	3,51	0,72	49,68
N ₂₀ P ₁₀₀	3,77	0,75	53,36
N ₂₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	4,03	0,80	57,04
N ₂₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	4,24	0,84	60,80
N ₃₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	4,46	0,88	66,55

В результате проведенных исследований разработаны научно-обоснованные технологические приемы возделывания клевера лугового с различными дозами минеральных удобрений в подтаежной зоне Омской области, обеспечивающие получение высоких урожаев зеленой массы и абсолютно сухого вещества. Таким образом, учитывая биологические особенности сорта клевера лугового, который проявил эффект на максимальные дозы минеральных удобрений. Особенно, это было проявлялось в вариантах с применением минеральных удобрений в дозе N₂₀P₁₀₀K₁₅₀ и N₃₀P₁₅₀K₁₈₀. Таким, образом максимальная урожайность зеленой массы, составила – 36,6–38,1 т/га и абсолютно сухого вещества – 6,5–6,9 т/га. Также данные варианты обеспечили высокие показатели по сбору кормовых

единиц, где составили – 4,24–4,46; переваримого протеина – 0,84–0,88 т/га и обменной энергии 60,80–66,55 ГДж/га.

Список литературы

1. Степанов А.Ф. Создание и использование многолетних травостоев: монография / А.Ф. Степанов. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 312 с.
2. Степанов А.Ф., Храмов С.Ю. Изменение биометрических показателей и урожайности клевера лугового под действием биопрепаратов // В сборнике материалов Международной научно-практической конференции. 2017. С. 407–411.
3. Степанов А.Ф., Храмов С.Ю. Эффективность предпосевной обработки семян клевера лугового биологическими препаратами // Вестник Омского ГАУ. 2020. №2 (38). С. 111–119.
4. Степанов А.Ф., Александрова С.Н., Храмов С.Ю. Азотфиксирующая способность и урожайность многолетних бобовых трав в подтаежной зоне Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2019. № 1 (33). С. 46–53.
5. Степанов А.Ф., Храмов С.Ю. Формирование высокопродуктивных агроценозов многолетних бобовых трав в условиях нечерноземной зоны Западно-Сибирского региона // Вестник Омского ГАУ. 2023. №2 (50). С. 76–83.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перер. М.: Агропромиздат, 1985. 347 с.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.

© Храмов С.Ю., 2024

Научная статья

УДК: 633.11:631.52:581.5

В.С. Юсов, М.Г. Евдокимов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Аннотация. Представлены основные векторы селекционного развития твердой яровой пшеницы в Западно-Сибирском регионе. Резервы дальнейшего повышения урожайности заключаются в оптимальном сочетании ее компонентов: продуктивности колоса (за счет озерненности и крупности зерна) и количества продуктивных стеблей; снижения воздействия стрессовых факторов и в первую очередь засухи; формировании механизмов вертикальной и горизонтальной устойчивости к болезням; морфологических и анатомических элементов устойчивости к полеганию. Приоритетными направлениями улучшения качества зерна и макарон являются стекловидность, индекс глютена, качество макаронных изделий.

Ключевые слова: твердая пшеница, селекция, качество, продуктивность, засухоустойчивость

V. S. Yusov, M. G. Evdokimov

Federal State Budgetary Institution “Omsk Agrarian Scientific Center”, Omsk, Russian Federation

MAIN DIRECTIONS OF SPRING DURUM WHEAT BREEDING IN WESTERN SIBERIA

Annotation. The main vectors of breeding development of durum spring wheat in the West Siberian region are presented. The reserves for further increase in yield lie in the

optimal combination of its components: the productivity of the ear (due to the grain content and grain size) and the number of productive stems; reducing the impact of stressors, especially drought; formation of mechanisms of vertical and horizontal resistance to diseases; morphological and anatomical elements of lodging resistance. The priority areas for improving the quality of grain and pasta are vitreousness, gluten index, and pasta quality.

Keywords: durum wheat, breeding, quality, productivity, drought resistance

Селекция любой с.-х. культуры направлена, прежде всего, на устранение у лучших, хорошо адаптированных сортов и перспективных линий признаков, лимитирующих урожай зерна и его качество. Однако, чем выше достижения селекции, тем труднее повышать ее эффективность. Основными факторами, дестабилизирующими производство твердой пшеницы, являются засуха, высокие температуры, корневые гнили, болезни листьев, колоса, повреждение вредителями.

Продуктивность. Ряд исследований, проведенных на твердой пшенице в условиях Омской области, показали влияние на урожайность количества продуктивных стеблей, количества зерен и массы зерна главного колоса, массы 1000 зерен, продуктивного кущения. По данным М.В. Семеновой [1], наибольшее влияние на урожайность твердой пшеницы имеют количество и масса зерна главного колоса, масса 1000 зерен, отмечено слабое влияние продуктивного кущения. В.А. Савицкая [2,3] отмечает, что продуктивность колоса зависит в основном от числа зерен в колосе и в меньшей мере от массы 1000 зерен. Продуктивная кустистость твердой пшеницы находится в большой зависимости от условий увлажнения в период вегетации (от кущения до колошения). В сухие годы она приближается к единице, а в благоприятные к общей кустистости. Коэффициент корреляции с урожайностью составлял 0,87 [4].

М.Г. Евдокимов [5] отмечает, что по своей значимости основные компоненты урожайности располагаются следующим образом: число продуктивных стеблей ($r=0,73$), масса 1000 зерен ($r=0,56$) и число зерен в колосе ($r=0,53$). М.А.

Розовой с соавторами отмечено, что урожайность в экологическом плане существенно связана с параметрами густоты посева, за исключением экстремальных лет [6]. Признаки продуктивности по-разному реагируют на экологические условия. Наиболее сильно подвержены влиянию продуктивная кустистость, число зерен и масса зерна главного колоса [4,7].

Весьма реальным резервом повышения урожайности является увеличение числа зерен в колосе, так как формирование элементов колоса происходит позднее и обычно в лучших по водному режиму условиях. Результаты по изучению корреляции урожайности и признаков, ее определяющих за 25 лет, показали, что по своей значимости основные компоненты урожайности располагаются следующим образом: масса зерна главного колоса, количество зерен в колосе, продуктивный стеблестой, масса 1000 зерен, длина колоса (табл. 1).

Таблица 1. – Взаимосвязи урожайности с элементами ее составляющими (по данным лаборатории селекции яровой твердой пшеницы за 1991-2022 гг.)

Показатель	За весь период	Засушливые годы	Влажные годы
Количество зерен в колосе	0,523	0,531	0,555
Масса зерна главного колоса	0,681	0,673	0,690
Количество колосков	0,198	0,195	0,429
Длина колоса	0,308	0,178	0,360
Масса 1000 зерен	0,387	0,384	0,416
Общий стеблестой	0,390	0,190	0,790
Продуктивный стеблестой	0,441	0,586	0,756
Общая кустистость	0,228	0,261	0,138
Продуктивная кустистость	0,272	0,248	0,291

$St_{05}=0,12$

Наши результаты подтверждают отсутствие взаимосвязи кустистости и урожайности (табл. 1). Таким образом, в селекции яровой твердой пшеницы на повышение урожайности для Западной Сибири первостепенное значение имеют: масса зерна главного колоса и количество зерен в колосе.

Засухоустойчивость. Засуха – самый сложный и разрушительный абиотический стрессор, сопровождающий всю историю земледелия. Стратегия селекции на ближайшие десятилетия должна учитывать возможное негативное влияние глобального изменения климата [8].

Анализ комбинационной способности сортов яровой твердой пшеницы по прорастанию семян на растворах с повышенным осмотическим давлением, выявил сложную аддитивно-доминантную систему действия генов [9]. Исследования, проведенные в условиях жесткой засухи 2021 и 2022 гг. в Омской области на твердой пшенице, показали, что в засушливых условиях продуктивность растений определялась: числом колосков главного колоса, эффективностью завязывания семян, развитием корневой системы, водоудерживающей способностью и обводненностью тканей [10], а наиболее значимые – развитие корневой системы и физиологическая способность переносить обезвоживание и перегрев.

Устойчивость к полеганию. Устойчивость к полеганию твердой пшеницы обусловлена анатомо-морфологической структурой стебля. Только сочетание комплекса признаков (оптимальная длина стебля, меньшая длина междоузлий, большая их толщина, высокая сопротивляемость излому) гарантирует устойчивость растения к полеганию. Дискуссионным остаётся вопрос по длине стебля. В острозасушливые годы формируется короткая соломина, что крайне затрудняет механизированную уборку, а во влажные годы соломина до полутора-метровых длины, что ведет к полеганию пшеницы. Многолетние исследования по этому признаку показали, что в условиях лесостепи Западной Сибири изменчивость высоты растений, обусловленная генотипом, составляет 43%, а условиями вегетации (годы) – 46% от общей фенотипической изменчивости признака. По данным П.Н. Мальчикова с коллегами [11] применять высокоэкспрессивные гены короткостебельности для селекции твердой пшеницы в условиях засушливого климата можно только в условиях интенсивного ведения растениеводства.

Многолетнее изучение (за период 2000-2020 гг.) генотипов яровой твердой пшеницы с укороченным стеблем селекции Франции, Италии, СИММУТ и длинностебельных сортов сибирского экотипа, созданных в Омском АНЦ, показало,

что в засушливые годы сорта омской селекции обладают большим размахом варьирования по признакам продуктивности, чем короткостебельные сорта СИММУТ, Европы. Четко прослеживается зависимость урожайности и ее компонентов от длины стебля. В благоприятные годы с хорошей влагообеспеченностью преимущество короткостебельных форм увеличивается. Корреляция урожайности с длиной стебля у короткостебельных форм в засушливых условиях составила от 0,402 до 0,705, а длинностебельных – 0,190-0,320. В условиях хорошего увлажнения 0,142-0,320 – у короткостебельных и 0,201-0,300 – у длинностебельных генотипов [12]. Устойчивая положительная связь высоты растений у яровой твердой пшеницы с рядом показателей свидетельствует о том, что к ее снижению при создании сортов в Западной Сибири нужно подходить очень осторожно, значительное сокращение высоты может привести к понижению продуктивности.

Устойчивость к болезням. Грибковые возбудители являются одними из основных стрессоров, вызывающих высокие потери урожая. При этом поражаются: корневая система, листья, стебель, колос, зерновки. Возбудители бурой, стеблевой и желтой ржавчины (*Puccinia triticina*, *P. graminis* и *P. striiformis*), желтовато-коричневая пятнистость (*Pyrenophora tritici-repentis*), *Stagonospora nodorum* пятнистость (SNB), пятнистость (*Cochliobolus sativus* = *Bipolaris sorokiniana*) и мучнистая роса (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) являются одним из препятствий для производства твердой пшеницы в мире [13,14]. Так же большой вред листьям пшеницы в регионах с умеренным климатом наносит возбудитель пятнистости (*Septoria tritici*) и пиренофороз или желтая пятнистость (*Pyrenophora tritici-repentis*) ([15]).

Существенным фактором, ведущим к снижению урожайности твердой пшеницы, является восприимчивость к болезням, передающимся семенами. Одним из проявлений поражения грибами рода: *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium* является заболевание «черный зародыш», проявляющееся потемнением зерна в области зародыша, что существенно влияет на качество макарон, так как пораженное им зерно при размоле имеет в крупке значительную долю

тёмных вкраплений – спексов [16].

Исследования, проведенные в Алтайском НИИСХ (ФАНЦА), показали, что сорта Алтайского НИИСХ и Омского АНЦ характеризуются невысоким уровнем поражения (5,0 – 7,0%). Более сильное поражение у сортов Самарской селекции и селекции ФАНЦ Юго – Востока (10,0-22,0%) [17]. В 2021 и 2022 годах в Омской области сложились идеальные условия для поражения твердой пшеницы черным зародышем. В результате микробиологического анализа выявлено, что доминирующими представителями микробиоты зерна твердой пшеницы были грибы рода *Alternaria spp.*, на втором месте по частоте встречаемости оказались грибы из рода *Bipolaris sorokiniana*. Поражение черным зародышем составило от 1 до 49% (табл. 2). Как и в исследованиях, проведенных на Алтае, сорта сибирской селекции имели меньшее поражение, чем сорта самарской селекции, ФАНЦ Юго-Востока и иностранные сорта.

Таблица 2 - Поражение твердой пшеницы черным зародышем, % (2021 и 2022 гг.)

Сорт	Оригинатор	%
Алмаз	Омский АНЦ	1
Ангел		12
Омский корунд		8
Жемчужина Сибири		14
Омский изумруд		15
Омский коралл		15
Памяти Янченко	ФАНЦА	15
Безенчукская золотистая	Самарский НИИСХ филиал СамНЦ РАН	43
Безенчукская 205		49
Таганрог	Агролига	30
Саратовская золотистая	ФАНЦ Юго – Востока	33
Одиссео	Италия	31
SI NYLO	Швейцария, Сингента	36

Из болезней колоса особую роль в Западной Сибири занимает пыльная и твердая головня. Многолетняя оценка наших линий в КСИ, ПСИ, ЭСИ к природным популяциям головнёвых патогенов показала, что несмотря на достигнутый успех, в селекции головнеустойчивых форм необходимо проводить дальнейшую целенаправленную работу [18].

Качество зерна и макаронные свойства. Весь спектр признаков качества зерна твердой пшеницы распределяется на несколько групп. Первая включает признаки, которые определяются при анализе зерна: стекловидность, натура, масса 1000 зерен, содержание клейковины и белка, зольность, цвет зерна, число падения. Вторая – признаки, оценивающие качество крупки: содержание протеолитических и амилолитических ферментов, содержание каратиноидов, способность к потемнению, цвет крупки и наличие спексов. Третья – признаки, характеризующие реологические свойства теста и качество макаронных изделий [19,20].

Условия Западной Сибири позволяют получать высококачественное экологически чистое зерно твердой пшеницы и сделан определенный прогресс в этом направлении. Наибольшую проблему вызывает формирование стекловидности, зависящее напрямую от погодных условий в период налива[21,22].

Внедрение европейскими макаронными фабриками высокотемпературной и сверхвысокотемпературной сушки предъявляют дополнительные требования к качеству клейковины – переработчикам потребовалась более сильная и эластичная клейковина. Соответственно, понадобились сорта твердой пшеницы с определенными физическими качествами клейковины, которые можно определить на приборах: Глютоматик 2200 (определение индекса глютена) и Глютограф Е для измерения растяжимости и эластичности набухшей клейковины. Нужно отметить, что подходы к повышению показателя индекса глютена требуют детальной проработки, поскольку изменение соотношения глиадина и глютенина у твердой пшеницы, режима сушки в какой-то мере влияет на пищевые достоинства макаронных изделий. [22].

Таким образом, стратегия селекции в Западно – Сибирском регионе должна предусматривать создание сортов различных типов спелости, засухоустойчивых, с низким поражением или устойчивых к болезням и вредителям, способных в отдельные годы противостоять полеганию и прорастанию, отвечать требованиям ГОСТ по качеству зерна и макарон.

Список литературы

1. Семенова М. В. Особенности селекции твердой пшеницы на продуктивность и качество зерна в Западной Сибири: Автореф. дис... канд. с.- х. наук: 06.01.05/ Семенова Маргарита Вениаминовна. Харьков. 1983. 23с.
2. Савицкая В.А., Синицин С.С., Широков А.И. Твердая пшеница в Сибири. 1987. М.: Агропромиздат. 112с.
3. Савицкая В. А. Корреляция между продуктивностью и важнейшими количественными признаками яровой твердой пшеницы. / Науч. труды СибНИИСХ. 1971. Т1(16). С. 31-36.
4. Юсов В. С. Формирование анатомо-морфологических и хозяйственно-ценных признаков и их стабильность у сортов твердой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири/ дис. к. с-х. н: 06.01.05// Юсов Вадим Станиславович. Омск. 2001. 174с.
5. Евдокимов М. Г. Селекция яровой твердой пшеницы в условиях юга Западной Сибири / диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.05 / Евдокимов Михаил Григорьевич. Омск. 2006. 483 с.
6. Розова М. А., Зиборов А.И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2(136). С. 44-49.
7. Зыкин В. А., Сапега В.А. Изменчивость и связь количественных признаков яровой пшеницы в условиях севера Казахстана. / Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. 1983. Новосибирск. С .9-20.
8. Morgounov A., Abugalieva A., Martynov S. Effect of climate change and variety on long-term variation of grain yield and quality in winter wheat in Kazakhstan. // Cereal Research Communications. 2014. Vol. 42. No. 1. P. 163-172.
9. Юсов В. С., Евдокимов М.Г. Комбинационная способность сортов яро-

вой твердой пшеницы по прорастанию семян на растворах с повышенным осмотическим давлением. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 11 (191). – С. 18-21.

10. Плотникова Л. Я., Глушаков Д.А., Юсов В.С. Результаты изучения засухоустойчивости твердой пшеницы и ее компонентов в Западной Сибири. // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 4 (48). С. 56-70.

11. Мальчиков П. Н. Сидоренко В.С., Мясникова М.Г. и др. Результаты селекции сортов яровой твердой пшеницы с укороченной соломиной. // Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». 2017. №4(24). С. 97-106.

12. Юсов В. С. Евдокимов М.Г., Кирьякова М.Н., Глушаков Д.А. Сравнительная оценка коротко- и длинностебельных генотипов яровой твердой пшеницы в Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021.- № 4 (198). С. 5-10.

13. Bolton M. D., Kolmer J. A., Garvin D. F. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. // Mol Plant Pathol. 2008. Vol. 9(5) P.563–575.

14. Gulyaeva E., Yusov V., Rosova M. et al. Evaluation of resistance of spring durum wheat germplasm from Russia and Kazakhstan to fungal foliar pathogens. // Cereal Research Communications. 2020. Vol. 48(1). P. 71-79.

15. Мальчиков П. Н., Чахеева Т.В., Мясникова М.Г. Исходный материал яровой твёрдой пшеницы для селекции сортов устойчивых к патогенам, вызывающим почернение зародыша зерна. // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 5. С. 13-18.

16. Гагкаева Т. Ю., Ганнибал Ф.Б., Гаврилова О.П. / Зараженность зерна пшеницы грибами *Fusarium* и *Alternaria* на юге России в 2010 г. // Защита и карантин растений. 2012. № 1. С. 37–41.

17. Барышева Н. В., Розова М.А., Зиборов А.И., Хлебова Л.П., Крайнов А.П. Устойчивость генотипов твердой пшеницы к черному зародышу. // Acta Biologica Sibirica. 2016. №2 (4). С. 45–51.

18. Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Шмакова О.А. Комплексная оценка источников устойчивости к ржавчинным и головневым болезням твердой пшеницы селекции Омского АНЦ. // Современная интегрированная защита растений. Новосибирск. 2022. С. 108-112.

19. Sissons M. Role of Durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bread. Carrolton, USA: Global Science Books. . 2008. P.75-87.

20. Мальчиков П. Н. Мясникова М.Г., Шаболкина Е.Н. и др. Перспективы улучшения качества твердой пшеницы в процессе селекции в среднем Поволжье. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5-3. С. 1143-1152.

21. Евдокимов М. Г., Юсов В.С., Пахотина И.В., Кирьякова М.Н. Стекловидность зерна твердой яровой пшеницы в условиях Западной Сибири. // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5 (65). С. 24-28.

22. Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Пахотина И.В., Кирьякова М.Н. Улучшение качества клейковины сортов яровой твердой пшеницы в Омском АНЦ. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 9. С. 55-59.

© Юсов В. С., Евдокимов М. Г., 2024

Научная статья

УДК 631.582.9

Д.Н. Ющенко, С.П. Кашинская

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ НУЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ

Аннотация. Нулевая технология возделывания зерновых в Центральном Казахстане на склонах способствует уменьшению водной эрозии при таянии снега. При длительном применении нулевой технологии улучшаются водно-физические свойства верхнего слоя почвы, повышается полевая всхожесть и начальная интенсивность роста растений. Снижение засоренности дает основание для prolongation ротации севооборота, уменьшение доли парового поля и даже замены его на посевы кормовых культур. Нулевые технологии в зерносеющих регионах Казахстана вследствие повышения производительности труда, сокращают сроки посевных работ, что на больших площадях косвенно сказывается на увеличении урожайности. Отказ от механических обработок сократит необходимость в почвообрабатывающих орудиях.

Ключевые слова: нулевая технология; водная эрозия; водно-физические свойства

D.N. Yushchenko, S.P. Kashinskaya

Federal State Budgetary Institution "Omsk ANC", Omsk, Russia

PROSPECTS FOR ZERO TECHNOLOGY IN ADRID REGIONS

Annotation. On the slopes in the Central Kazakhstan zero technologies of cereals growing promotes the decrease of water erosion during snow melting. The water-physical properties of topsoil improved, the field germination rate and primary activity growth of plants increased during long time using of zero technologies. Weeds reduction gives rise to prolong the crop-rotation, decrease the part of fallow field and even change it into sowing feed crops. In the crop seeding regions of Kazakhstan zero technologies reduce the time of sowing works because of labor productivity rising, that influence upon increasing of the crop capacity. Refusal of mechanical cultivations will reduce the necessity in tillers.

Keywords: Zero technology; water erosion; water-physical properties

Введение. Открытой в 1932 году Карагандинской опытной станции главной

теоретической основой разрабатываемой системы засушливого земледелия для данного региона было – создание культурного пахотного горизонта, строение которого должно быть обратным естественному профилю, то есть нижний ярус плодородней верхнего благодаря глубокой отвальной вспашке.

Подвергались критике приемы и системы безотвальной обработки почв И.Е. Овсинского, Жана Фокнера, Т.С. Мальцева, которые пропагандировались М.С. Барановым (1955), А.И. Бараевым (1958), С.С. Сдобниковым (1958) и др. [1].

Путем перестройки пахотного слоя предполагалось увеличить урожайность в зоне каштановых, осуществить возможность продвижения земледелия в более засушливые районы – в подзону светло-каштановых почв (С.П. Матусевич, 1956, У.У. Успанов, 1958).

Ошибочность данного мнения выявилась, когда в Казахстане на миллионах гектаров развилась ветровая эрозия. Разработанная в ВНИИЗХ в 50-60 годах и срочным образом внедренная безотвальная система обработки почвы позволила приостановить данный процесс. Однако она не решила все имеющиеся проблемы. Большое количество механических обработок почвы, направленных на борьбу с сорняками, не обеспечили очищение полей от сорной растительности, но привели к распылению почвы, возникновению водной эрозии на склонах при таянии снега [2].

Что обуславливает необходимость перехода на новые технологии, обеспечивающие, наряду с ростом урожайности, сохранение почвенного плодородия [3].

В этой связи в 2001 году по инициативе СИММИТ впервые в Казахстане были заложены опыты по изучению возможности возделывания яровой пшеницы по нулевой обработке, в настоящее время это самые длительные по времени фоны традиционной и нулевой технологии. Подобные стационарные исследования имеют большое теоретическое и практическое значение, поскольку позволяют заранее установить возможные непредвиденные ситуации и дающие возможность найти их решение, прежде чем они проявятся в производстве на громадных площадях.

Условия и методика проведения исследований. Среднегодовое количество осадков 250-300 мм, с колебаниями от 143 мм до 430 мм. Заметно выражен летний максимум выпадения осадков в июле месяце.

В обеспечении яровой пшеницы почвенной влагой особо важную роль играют зимние осадки, составляющие в среднем около 100 мм. В то же время количество зимних осадков не является гарантом формирования урожая, поскольку сильные ветры значительную часть снега сносят с полей в пониженные места, из-за особенностей рельефа, представленного Казахским мелкосопочником.

Кроме того, значительная масса влаги при таянии снега, при быстром наборе положительных температур, не успевает впитываться почвой и стекает с ее поверхности, особенно на склонах южного направления. По данным Столярова В.И. (1974), снег на южных склонах может сходить на 7-15 дней раньше.

Часто повторяющаяся водная эрозия разрушает верхний плодородный почвенный слой.

Почва опытных участков темно-каштановая, тяжелосуглинистая, вскипание от 10% соляной кислоты наблюдается с поверхности и по всему профилю. В пахотном горизонте содержится гумуса от 2,80 до 3,22%, нитратного азота -50-100 мг, обменного калия – 400-450 мг, подвижного фосфора -20-30 мг на кг почвы. Объемная масса 1,1 г/см. куб., общая скважность 58%.

Сложности возделывания в таких условиях сильных сортов яровой пшеницы оправдываются получением высококачественного зерна [4].

Стационарные опыты по единой схеме заложены в трех агроландшафтах: на южном склоне с низким плодородием, вследствие смыва плодородного слоя тальми водами, слабое накопление влаги в почве, высокая солнечная инсоляция, вызывает сокращение вегетационного периода растений. На северном склоне прогреваемость слабее, солнечная инсоляция, что зачастую вызывает задержку развития растений, налив зерна часто совпадает с ранними осенними заморозками, вызывающими снижение качества зерна. При таянии снега часть влаги также теряется, однако меньше, чем на южном слое [5].

Плато водораздела отличается наиболее благоприятными условиями, сток

влаги при снеготаянии отсутствует.

Агротехника в опыте при возделывании пшеницы по традиционной технологии 1,2 варианты подготовки пара:

1. Ранневесеннее выравнивание поверхности игольчатыми боронами (конец апреля - начало мая)
2. Предпосевная культивация в день посева.
3. Посев стерневыми сеялками СЗС-2,1 в оптимальные сроки 15-25.05
4. Химическая прополка посевов пшеницы в фазе кущения, середина июня.
5. Уборка с разбрасыванием соломы, конец августа - начало сентября.
6. Глубокое рыхление зяби на 22-25 см, в конце сентября.

При возделывании пшеницы по нулевой технологии:

1. Химическое опрыскивание за 5-10 дней до посева (раундап 3 л/га)
2. Прямой посев анкерными сошниками с внесением фосфорных удобрений (фосфорных 20 кг д.в./га под каждую культуру севооборота)
3. Химическая прополка посевов пшеницы в фазе кущения (в зависимости от основного состава сорняков).
4. Уборка с разбрасыванием соломы

Полученные результаты. Наиболее существенные различия в урожайности пшеницы отмечались на северном склоне, к контрольному варианту они составили при посеве по химическому пару 125,2 %. На южном склоне и на плато они были менее существенны, в пределах 8-9 %.

Наиболее полно эффективность изучаемых вариантов пара и технологий возделывания яровой пшеницы проявляется на продуктивности севооборота, определяемой сбором зерна за ротацию. Значительная прибавка зерна, как в абсолютных, так и в относительных величинах, получена на варианте с химическим паром и возделыванием пшеницы по нулевой технологии, составившая на южном склоне – 2,2 ц/га, на плато – 1,8 ц/га или 102,6 %, на северном склоне -5,9 ц/га или 111,4 %.

При внесении азотных удобрений прибавка зерна за ротацию на южном

склоне составила- 1,1 ц/га или 103,4 %, на плато водораздела- 3,5 ц/га или 104,8 %, на северном склоне соответственно -6,4 ц/га или 111,4 %.

При нулевой технологии существенно снижаются затраты за счет сокращения технологических операций, составляющих основу традиционной технологии таких как: ранневесеннее боронование, предпосевная обработка, глубокое рыхление зяби.

По затратам рабочего времени при традиционной технологии на 100 га пашни требуется 624,4 часа, при нулевой технологии – 364,0 часа или 58,3 %.

На южном склоне количество получаемого зерна на вариантах с механическими обработками не оправдало затрат на его производство. На вариантах с нулевыми обработками получена незначительная прибыль при очень невысоком уровне рентабельности. Наибольшая прибыль при высоком уровне рентабельности получена на плато водораздела. На северном склоне величина прибыли составила 60% от прибыли, полученной на плато водораздела.

В зависимости от вариантов обработки пара и технологии возделывания яровой пшеницы наибольшая величина прибыли 104,3 тыс. тенге/га при самом высоком уровне рентабельности получена на варианте с химической обработкой парового поля и возделывания по нулевым технологиям. Внесение азотных удобрений перед посевом, несмотря на некоторое увеличение урожайности, и общего сбора зерна с единицы площади за ротацию севооборота, снизило величину получаемой прибыли и уровень рентабельности.

Уменьшение механической нагрузки на почву усилило биогенность необрабатываемого ее слоя. Численность микроорганизмов, потребляющих минеральный азот (на КАА), при возделывании пшеницы после химического пара увеличилась на 138 %, по сравнению с традиционной технологией, где количество бактерий составляло 9,6 млн. в 1 г. почвы; численность почвенных грибов составляла 6,2 тыс. клеток в 1 г. почвы, в комплексе грибной флоры преобладали группы грибов *Penicillium* и *Trichoderma*, обладающие «антифитопатогенными» свойствами.

Таблица 1. Численность микроорганизмов в верхнем слое почвы в зависимости от технологий подготовки возделывание по химическому пару, КОЕ/г.

Вариант подготовки пара	Слой почвы, см	Бактерии, усваивающие азот, млн/г почвы		Почвенные грибы	Целлюлозоразрушающие микроорганизмы
		органический	минеральный		
		тыс/г почвы			
1-культура	0-10	0,8	10,2	8,0	47,6
	10-20	1,0	13,9	5,9	40,2
	20-30	0,6	13,4	9,4	19,6
	0-30	0,8	12,5	7,8	35,8
4-культура	0-10	0,6	11,2	4,4	35,4
	10-20	0,5	11,0	8,8	34,2
	20-30	0,8	7,8	9,4	61,8
	0-30	0,6	10,0	7,5	43,8
6-культура	0-10	0,1	9,9	8,0	84,9
	10-20	1,3	10,3	7,7	16,8
	20-30	0,9	10,9	9,0	49,4
	0-30	0,8	10,4	8,2	50,4
Залежь	0-10	1,2	17,1	7,1	21,9
	10-20	1,4	26,1	8,7	22,1
	20-30	0,9	15,1	5,9	28,2
	0-30	1,2	19,4	7,2	24,1

Определение возможного накопления инфекционного фона при длительном возделывании по нулевой технологии показало, что основными возбудителями болезни корневая гниль растений пшеницы были грибы *Vipolaris sorokiniana*, *roga fusarium* и *Alternaria*. Они были выделены из пораженных отрезков пшеницы и приземного слоя воздуха, количество конидий в почве не превышало 20 шт. на 1 г. При нулевой технологии, в сравнении с традиционной, не выявлено увеличение развития болезни.

А.И. Бараев (1985) считал, что в степных районах Казахстана без введения

и освоения полевых севооборотов с чистыми парами невозможно ведение рационального земледелия.

В то же время интенсивные обработки пара, направленные на истощение многолетних корневищных сорняков, приводят к негативным последствиям. Излишняя рыхлость пахотного слоя сопряжена с крайне отрицательными явлениями: интенсивно теряется почвенная влага, за счет конвекционно-диффузного испарения; ухудшается контакт семян с почвой; усиливается минерализация органических веществ и, как следствие, утрачивается связность почвы; заделываются пожнивные остатки в почву; снижается ее ветроустойчивость; на полях, имеющих уклон, при таянии снега усиливается водная эрозия.

Положительное влияние нулевых технологий в течение первой и, особенно во время второй ротации севооборота сказывалось на таких показателях, как плотность почвы, в посевах второй и последующих культур объемный вес и скважность слоя почвы 0-30 см оказалась ближе к оптимуму. При традиционной технологии с глубоким осенним рыхлением и предпосевными обработками отмечено более рыхлое сложение от 1,10 до 1,13 г/см³. При нулевых обработках накопление соломенной мульчи противодействовало естественному ее уплотнению. Такое сложение, наряду с более равномерным увлажнением посевного слоя почвы, способствовало повышению полевой всхожести пшеницы от 7 до 23 %, в зависимости от условий года.

В условиях сухостепной зоны, где недостаточно часто проявляются эрозийные процессы, агрегатный состав почвы, ее комковатость играет важную роль в создании условий для надежной защиты почвенного покрова. Процесс оструктурирования почвы очень длительный и неустойчивый. При нулевых технологиях он протекает за счет увеличения средних почвенных фракций, и снижения мелких, пылевидных. В этой связи противоэрозийная устойчивость интенсивно обрабатываемых почв в необрабатываемые, постепенно увеличивается, за счет сокращения пылевидных фракций и образования структурных частиц, устойчивых к ветровой эрозии.

Вторым фактором, влияющим на ветроустойчивость почв в открытых регионах, незащищенных от круглосуточного интенсивного перемещения воздушных масс, является степень покрытия поверхности растениями или их пожнивными остатками. Сохраняющаяся в пределах 20-30 % от исходного наличия после обработки плоскорежущими орудиями стерня, особенно в засушливые годы с низкой урожайностью, не может обеспечивать противоэрозийную устойчивость поверхности полей, засеваемых зерновыми культурами, и в паровом поле. Отказ от механических обработок способствует накоплению на поверхности пожнивных остатков и стерни, что надежно защищает поверхность почвы от ветровой эрозии и даже от водной, при этом смыв почвы на склонах уменьшался более, чем в 10 раз.

В уничтожении сорной растительности механические обработки не дают желаемого эффекта. На химическом варианте пара гибель сорняков достигла 96-98 %, в то время как все обработки почвы, как осеннее глубокое рыхление, так и предпосевные, не дают желаемого эффекта в уничтожении корнеотпрысковых сорняков, особенно осота и выюнка полевого, и к концу ротации севооборота их численность может восстановиться до прежнего количества и даже увеличиться, если период ротации совпадает с годами хорошего увлажнения.

Для снижения затратной части, при химических обработках возникающей из-за высокой стоимости применяемых гербицидов, как показали проведенные исследования, путем подбора оптимальных сроков опрыскивания можно уменьшить их число до двух, не снижая эффективности подготовки пара. Некоторое снижение затрат, возможно за счет применения баковых смесей и оптимальных доз гербицидов в зависимости от видового состава и численности сорной растительности.

Посев на паровом поле однолетних кормовых трав на сено особенно суданской травы обеспечивает сбор сена, большое количество стерневых остатков при этом сильно развивающаяся корневая система после отмирания обеспечивают высокую водопроницаемость и обогащают почву органическими остатками. Ин-

тенсивно развивающаяся биомасса настолько угнетает развитие сорной растительности, что значение такого пара в очищении от сорняков не хуже, чем химического. При умеренной засоренности особого внимания заслуживают такие парозанимающие культуры, как викоовсяная смесь на сено и горох, особенно кормовой, который также показал высокую способность угнетать сорную растительность.

Результаты агрохимического исследования почвы показали, что в первоначальном периоде применения нулевых технологий, особенно при подготовке пара, вызывает резкое снижение нитрификационной активности почвы, и растения пшеницы, высеваемые по химическому пару, по сравнению с растениями, высеянными по традиционному механическому пару, испытывают недостаток в азотном питании, для восполнения которого необходимо внесение азотных удобрений. Обратная закономерность проявляется при длительном возделывании пшеницы по нулевой технологии, увеличивается количество нитратов, становится оптимальным соотношение азота к фосфору, наблюдается тенденция к увеличению гумуса.

Почвообразовательный процесс при нулевой обработке направлен в сторону большего сохранения органического вещества, уменьшения потерь гумуса и нитратов, особенно в насыщенном растительными остатками верхнем слое.

Таким образом, с микробиологической позиции в каштановой почве при нулевых технологиях возделывания пшеницы создаются благоприятные условия для размножения растительных остатков, в сравнении с традиционными технологиями обработки почвы, замедляются процессы, вызывающие глубокую минерализацию органических веществ почвы, приводящую к потере гумуса и биологической эрозии почвы.

Список литературы

1. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. М: Колос, 1985. С.301.
2. Столяров В.И. Противозерозионная и агропроизводственная эффективность способов основной обработки почвы склоновых земель алтайского Приобья. Дисс. на соис. степ. канд. с. – х. наук. Барнаул, 1974. С.146.

3. Ющенко Д.Н. Сохранность почвенного покрова Казахского Мелкосо-почника при прямом посеве в зернопаровых севооборотах. В сборнике: Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Рендова Николая Александровича. Омск, 2023. С. 221-225.

4. Резервы повышения продуктивности и качества зерна яровой пшеницы в Омской области Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Ющенко Д.Н., Кашинская С.П. Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 53-60.

5. Сохранность плодородия почв при применяемых агротехнологиях возделывания яровой пшеницы Ющенко Д.Н. В сборнике: Энергосберегающие технологии в растениеводстве. Сборник всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Галеева Рината Раифовича. Новосибирск, 2023. С. 85-89.

© Ющенко Д.Н., Кашинская С.П., 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Шьюрова Н.А. Анатолий Иосифович Заварзин жизнь – служение науке	3
Аленькина С.А., Купряшина М.А. Изменение эндогенного баланса низкомолекулярных антиоксидантов в проростках пшеницы под влиянием лектинов азоспирилл при абиотических стрессах	5
Апанасова Н.В., Яковлев Ф.А., Юдакова О.И. Эффект хранения семян кукурузы при низкотемпературном режиме	12
Бабушкин Д.Д., Башинская О.С., Зайцев С.А. Влияние гербицидов на урожайность чечевицы	17
Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Волкова В.А. Содержание хлорофилла в листьях яровой мягкой пшеницы в зависимости от применения стимуляторов роста и удобрений	21
Барнашова Е.К., Вертикова Е.А., Филатов Е.В., Тараскин К.А. Теоретические исследования и практическое применение пероксида водорода в растениеводстве	27
Бобров В.А., Сидорин А.С., Борисов И.В., Бурьгин Г.Л., Каргаполова К.Ю., Ткаченко О.В. Получение флюоресцентно-меченных штаммов ризосферных бактерий – симбионтов сои	39
Гиляжева Д.Н., Каневская И.Ю., Козынченко Е.А., Гиляжева А.С. Взаимодействие детей с природой посредством участия в выращивании овощей в селе	46
Гончаров С.В., Черненко С.С., Волощенко В.С. Изучение гибридов кукурузы для использования на зеленый корм в условиях степной зоны ЦЧР	55
Гудова Л.А., Лекарев А.В., Полевая О.А. Биохимическая оценка и энергетическая ценность сортов и гибридов подсолнечника	63
Гусева С.А. Изучение эффектов гетерозиса у гибридов F1 сахарной кукурузы по межфазным периодам вегетации и морфометрическим признакам	72
Гусева С.А., Каменева О.Б. Оценка эффектов гетерозиса экспериментальных гибридов сахарной кукурузы по содержанию водорастворимых сахаров	81

Ермакова А.П., Лекарев А.В., Кудряшов С.П., Ерменов К.К. Сравнительная характеристика показателей сортов и гибридов подсолнечника в условиях Правобережья Саратовской области	87
Лекарев А.В., Ерменов К.К., Ермакова А.П. Инновационные технологии России в сельском хозяйстве	92
Жиганов Д.А., Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Салманова Н.А., Нечаев В.Н. Оценка гибридного материала на перспективность использования в селекции	101
Зайцев С.А., Рожкова А.А. Изменчивость селекционных параметров масличного льна в Правобережье Саратовской области	107
Зюкова О.А., Рязанцев Н.В., Земскова Ю.К. К вопросу подбора современного сортимента пряно-вкусовых овощных культур	115
Каргаполова К.Ю., Беляева А.А., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л., Евсеева Н.В. Влияние ризобактерий на содержание фотосинтетических пигментов у ярового ячменя	119
Киселёва А.А., Шулико Н.Н. Изменение численности микромицетов в ризосфере зернофуражных культур при предпосевной инокуляции семян	125
Коптилова А.А., Гуторова О.В. Пыльцевая оценка новых дигаплоидных линий кукурузы	129
Критская Е.Е., Павлова В.А. Влияние фунгицидов на распространенность и развитие септориоза в посевах озимой пшеницы	133
Куколева С.С., Калинин Ю.А., Немкина Е.С. Оценка надземной биомассы сорго-суданковых гибридов в условиях Саратовской области	138
Лобачев Ю.В., Барнашова Е.К., Коваленко А.В., Константинова Е.А., Кудряшов С.П., Курасова Л.Г. Генетические и селекционные исследования подсолнечника в Вавиловском университете	146
Маслова Г.А. Оценка коллекции нута по хозяйственно-ценным признакам	153
Мешкова Л.В., Россеева Л.П. Источники ювенильной устойчивости к бурой ржавчине пшеницы мягкой яровой в Омской области	161

Мозлов В.А., Жужукин В.И. Крупнозёрные формы проса посевного в коллекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-востока»	167
Морозова В.С., Гуторова О.В. Выявление андрогенеза у линии кукурузы ЗМС-П	172
Павлова В.А., Беляева А.А. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата озимой мягкой пшеницы	179
Степанова Н.В., Субботин А.Г., Жужукин В.И., Мухатова Ж.Н., Султанов М.Г. Результаты конкурсного сортоиспытания нового сорта озимой тритикале Волжанка	184
Трипутин В.М., Кашуба Ю.Н., Ковтуненко А.Н., Пахотина И.В. Адаптивность образцов озимой пшеницы по показателю «сбор белка с единицы площади»	190
Храмов С.Ю. Действие минеральных удобрений на продуктивность клевера лугового СИБНИИК-10 в подтаежной зоне Западной Сибири	195
Юсов В.С., Евдокимов М.Г. Основные направления селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири	202
Ющенко Д.Н., Кашинская С.П. Перспективы нулевой технологии в засушливых регионах	211

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Сборник статей V Национальной
научно-практической конференции,
посвященной
85-летию А.И. Заварзина**

20 апреля 2024 г.

Электронное издание

Размещено 10.06.2024 г.

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2024-g>

Объем данных: 6,7 Мбайт. Аналог печ. л. 14

Формат 60×84 1/16. Заказ №854/2024

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.