

РИСОВОДСТВО

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»
Издается с 2002 года. Периодичность – 4 выпуска в год

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, на соискание ученой степени кандидата наук. Дата включения издания в перечень – 6 июня 2017 года.

Главный редактор – **С.В. Гаркуша (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук
Заместитель главного редактора – **В.С. Ковалев (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - д-р с.-х. наук, профессор
Научный редактор – **Н.Г. Туманьян (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - д-р биол. наук, профессор

Редакционная коллегия:

4.1.1. Общее земледелие, растениеводство

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

И.Б. Аблова (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук

В.А. Ладатко (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. с.-х. наук

Е.М. Харитонов (ФГБНУ «ФНЦ риса») - академик РАН, д-р соц. наук

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

Джао Ньянли (Ляонинская Академия с.-х. наук, Китай) - Ph.D

Е.В. Дубина (ФГБНУ «ФНЦ риса») - профессор РАН, д-р биол. наук

Л.В. Есаулова (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. биол. наук

Г.Л. Зеленский (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р с.-х. наук, профессор

П.И. Костылев (ФГБНУ «АНЦ «Донской») - д-р с.-х. наук, профессор

Массимо Билони (Итальянская экспериментальная рисовая станция) - Ph.D

Ж.М. Мухина (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р биол. наук

М.А. Скаженник (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р биол. наук

А.И. Супрунов (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») - д-р с.-х. наук

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

Т.Ф. Бочко (ФГБОУ ВО «КубГУ») - канд. биол. наук

А.Х. Шеуджен (ФГБНУ «ФНЦ риса») - академик РАН, д-р биол. наук

О.А. Гуророва (ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И. Т. Трубилина») - д-р биол. наук

О.А. Подколзин (ФГБУ «ЦАС Краснодарский») - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство

(сельскохозяйственные науки, биологические науки, технические)

И.А. Ильина (ФГБНУ СКФНЦСВВ) - д-р техн. наук

С.В. Королева (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. с.-х. наук

А.В. Солдатенко (ФГБНУ «ФНЦ овощеводства») - академик РАН, д-р с.-х. наук

О.Н. Пышная (ФГБНУ «ФНЦ овощеводства») - д-р с.-х. наук

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

(сельскохозяйственные науки, биологические науки, технические)

Н.Н. Дубенок (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева») - академик РАН, д-р с.-х. наук

С.В. Кизинек (ФГБНУ «ФНЦ риса»), РПЗ «Красноармейский им. А.И. Майстренко» - д-р с.-х. наук

Ю.В. Чесноков (ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт») - член-корреспондент РАН, д-р биол. наук

Переводчик: **И.С. ПАНКОВА** (ФНЦ риса)

Корректор: **С.С. ЧИЖИКОВА** (ФНЦ риса)

Адрес редакции:

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arrr_kub@mail.ru, «В редакцию журнала»
Научный редактор: тел.: (861) 229 – 42 – 66

Свидетельство о регистрации СМИ № 019255 от 29.09.1999, выдано Государственным комитетом РФ по печати.

В журнале публикуются оригинальные статьи проблемного и научно-практического характера, представляющие собой результаты исследований по физиологии, биотехнологии, биохимии, агрохимии; методические рекомендации по использованию сортов в различных почвенно-климатических регионах; сообщения о селекционных и семеноводческих достижениях; рассмотрение производственных и экономических проблем отрасли; а также обзорные, систематизирующие, переводные статьи, рецензии.

RICE GROWING

SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION MAGAZINE

Founder: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Rice Centre»

Published since 2002. Periodicity 4 issues a year

Journal is included into List of Leading peer-reviewed journals and publications, where basic scientific results of doctoral dissertations and Ph.D. dissertations should be published. Date of issue inclusion into the list – June 6th 2017.

Chief editor – **S.V. Garkusha (FSBSI “FSC of Rice”)** - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture
Deputy Chief Editor – **V.S. Kovalev (FSBSI “FSC of Rice”)** - Dr. of agriculture, professor

Scientific editor – **N.G. Tumanyan (FSBSI “FSC of Rice”)** - Dr. of biology, professor

Editorial board:

4.1.1. General agriculture, crop production

(agricultural sciences, biological sciences)

I.B. Ablova (FSBSI “NGCenter named after P.P. Lukyanenko”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

V.A. Ladatko (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in agriculture

E.M. Kharitonov (FSBSI “FSC of Rice”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Social Sciences.

4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology of plants

(agricultural sciences, biological sciences)

Zhao Nianli (Liaoning Academy of Agricultural Sciences, China) - Ph.D.

E.V. Dubina (FSBSI “FSC of Rice”) - Professor of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

L.V. Esaulova (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in biology

G.L. Zelensky (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of agriculture, professor

P.I. Kostylev (FSBSI “ARC “Donskoy”) - Dr. of agriculture, professor

Massimo Biloni (Italian Rice Experimental Station) - Ph.D.

Zh.M. Mukhina (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of biology

M.A. Skazhennik (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of biology

A.I. Suprunov (FSBSI “NGC named after P.P. Lukyanenko”) - Dr. of agriculture

4.1.3. Agrochemistry, agrosil science, plant protection and quarantine

(agricultural sciences, biological sciences)

T.F. Bochko (FSBEI HE “KubSU”) - Ph.D. in biology

A.Kh. Sheudzhen (FSBSI “FSC of Rice”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

O.A. Gutorova (FSBEI HE “KSAU named after I. T. Trubilin”) - Dr. of biology

O.A. Podkolzin (FSBI “CAS “Krasnodarsky”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

I.A. Ilyina (FSBSI NCF for Horticulture, Viticulture, Winery) - Dr. of technical science

S.V. Koroleva (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in agriculture

A.V. Soldatenko (FSBSI “FSC of Vegetable Growing”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

O.N. Pyshnaya (FSBSI “FSC of Vegetable Growing”) - Dr. of agriculture

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

N.N. Dubenok («RSAU Moscow Timiryazev Agricultural Academy») - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

S.V. Kizinek (FSBSI “FSC of Rice”, Rice farm “Krasnoarmeisky named after A.I. Maistrenko”) - Dr. of agriculture

Yu.V. Chesnokov (FSBSI “Agrophysical Research Institute”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

Interpreter: **I. S. PANKOVA** (FSC of rice)

Proofreader: **S.S. CHIZHIKOVA** (FSC of rice)

Address:

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arrr_kub@mail.ru, «Attn. Editors of the Magazine»
Scientific Editor: tel. (861) 229 – 42 – 66

Mass Media Registration Certificate № 019255 dd. 29.09.1999, issued by National Press Committee of the Russian Federation.

The magazine features original articles addressing problem areas and applied scientific research results (namely, those related to physiology, biotechnology, biochemistry and agrochemistry); methodological recommendations on the use of rice varieties in various soil and climatic regions; reports on breeding and seed growing achievements; reviews of production and financial issues faced by the industry; overviews, systematizations, translations and reviews of articles.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

- Есаулова Л.В., Лыско И.А.** 6
Анализ состояния отрасли рисоводства Краснодарского края
- Чухирь И.Н., Чухирь Н.П., Белик Д.Д.** 11
Наследование признаков, определяющих структуру урожая риса, и их использование в селекционном процессе для создания высокопродуктивных сортов
- Юрченко С.А., Коротенко Т. Л.** 16
Комплексная оценка образцов коллекции «ФНЦ риса» на адаптивность к воздействию пониженных температур в период прорастания и появления всходов
- Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Якунина А.А., Брагина О.А., Симонова В.В.** 24
Перспективы импортозамещения длиннозерных сортов риса на отечественном рынке
- Новичихин А.П., Земцев А.А., Лемешева А.В., Федорова А.А.** 29
Анализ общей комбинационной способности новых самоопыленных линий по урожайности зерна
- Гульняшкин А.В., Новичихин А.П., Карабатова Г.П., Шкарбутко Е.В.** 35
Оценка экологической стабильности и пластичности новых гибридов кукурузы в различных агроклиматических условиях
- Кадушкина В.П., Грабовец А.И., Коваленко С.А.** 41
Роль генофонда при селекции яровой твердой пшеницы в условиях нарастания аридности климата
- Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н., Джамирзе Р.Р.** 48
Разнокачественность семян и первичное семеноводство

СОДЕРЖАНИЕ

Гергель В.В. Урожайность и продуктивность парозанимающих культур в рисовом севообороте	56
Белоусов И.Е. Влияние последствия фосфогипса на содержание натрия в рисовой солонцовой почве	61
Савенко Е.Г., Глазырина В.А., Шундрин Л.А., Подриз Е.В. Морфогенез в культуре пыльников <i>in vitro</i> перца сладкого <i> Capsicum annuum L.</i>	67
Зеленская О. В., Зеленский Г. Л. Экологическая оценка агроэкосистемы рисового севооборота учхоза «Кубань»	75
Козлова И. В. Новый среднеспелый сорт томата Виктор	82
Лазько В.Э., Якимова О.В., Ковалева Е.В. Использование препаратов группы эпибрассинолида для защиты всходов бахчевых культур от низких температур	88
Скаженник М.А., Гаркуша С.В., Ковалев В.С., Петрушин А.Ф., Киселев Е.Н., Чижиков В.Н., Митрофанов Е.П., Пшеницына Т.С. Мониторинг агрофитоценозов риса на основе геоинформационных систем	95

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Esaulova L. V., Lysko I. A. Analysis of the state of rice growing industry in Krasnodar region	6
Chukhir I. N., Chukhir N. P., Belik D. D. Inheritance of traits determining rice yield structure and their use in breeding process for developing highly productive varieties	11
Yurchenko S. A., Korotenko T. L. Comprehensive assessment of rice collection samples for adaptability to low temperatures during germination and seedling development	16
Kharitonov E. M., Goncharova J. K., Iakunina A. A., Simonova V. V. Prospects of import substitution of long-grain rice varieties in the domestic market	24
Novichikhin A. P., Zemtsev A. A., Fedorova A. A., Lemesheva A. V. Analysis of the general combination ability of new self-pollinated lines in grain yield	29
Gulnyashkin A. V., Novichikhin A. P., Shkarbutko E. V. Evaluation of the environmental stability and plasticity new hybrids of corn under various agroclimatic conditions	35
Kadushkina V. P., Grabovets A. I., Kovalenko S. A. The role of the gene pool in the selection of spring durum wheat in conditions of increasing aridity of the climate	41
Ostapenko N. V., Chinchenko N. N., Dzhamirze R. R. Seeds heterogeneity and primary seed production	48

TABLE OF CONTENTS

Gergel V. V. Yield and productivity of fallow crops of rice crop rotation	56
Belousov I. E. Influence of phosphogypsum effect on sodium content in rice soil soil	61
Savenko E. G., Glazyrina V. A., Shundrina L. A., Podrez E. V. Morphogenesis in anther culture in vitro of sweet pepper Capsicum annum L.	67
Zelenskaya O. V., Zelensky G. L. Environmental assessment of agroecosystem of the rice crop rotation of educational farm «Kuban»	75
Kozlova I. V. A new medium-ripened variety of tomato Victor	82
Lazko V. E., Yakimova O. V., Kovaleva E. V. The use of preparations of the epibrassinolide group for the protection of gurns shedouts from low temperatures	88
Skazhennik M. A., Garkusha S. V., Kovalyov V. S., Petrushin A. F., Kiselev E. N., Mitrofanov E. P., Pshenitsyna T. S., Monitoring of rice agrophytocenoses on the basis of geoinformation systems	95

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-6-10
УДК 633.18(470.620)

Есаулова Л.В., канд. биол. наук,
Лыско И.А., канд. биол. наук
г. Краснодар, Россия

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТРАСЛИ РИСОВОДСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Краснодарский край занимает ведущее место в рисоводстве России. В последнее десятилетие на Кубани производится более 80 % от общего объема производства риса в стране. В Российской Федерации рис также выращивается в Южном федеральном округе – Республика Адыгея, Калмыкия, Астраханская и Ростовская области; Северо-Кавказском федеральном округе – Республики Дагестан и Чеченская; Дальневосточном федеральном округе – Приморский край и Еврейская автономная область. Валовой сбор в Российской Федерации в 2021 году составил 1076,4 тыс. т. В основном рисопроизводящем регионе страны – Краснодарском крае – валовой сбор составил 858,9 тыс. т при урожайности 64,3 ц/га. Благодаря внедрению новых сортов риса в производство с 1997 года урожайность культуры в России увеличилась в 2,5 раза (с 21,7 ц/га в 1997 г. до 57,8 ц/га в 2021 г.), валовое производство – в 3,3 раза (с 328 тыс. т в 1997 г. до 1076,4 тыс. т в 2021 г.). Однако в Краснодарском крае отмечается устойчивое уменьшение посевных площадей (148,0 тыс. га в 1990 г. до 118,1 тыс. га в 2021 г.). Научное сопровождение отрасли рисоводства в Российской Федерации осуществляет Федеральный научный центр риса. К использованию в производстве допущено 37 сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса», которые занимают более 70 % посевных площадей и обеспечивают более 80 % валовых сборов риса в стране. За счет сортосмены и оптимизации сортовой структуры посевов дополнительная прибыль от внедрения новых сортов селекции Федерального научного центра риса, в производство за 2019-2021 гг. составила 579,1 млн руб.

Ключевые слова: рис, производство, сорт, урожайность, население, продовольственная безопасность, импорт, экспорт.

ANALYSIS OF THE STATE OF RICE GROWING INDUSTRY IN KRASNODAR REGION

Krasnodar region occupies a leading position in rice growing in Russia. In the last decade, more than 80% of the total rice production in the country has been produced in the Kuban. In the Russian Federation, rice is also grown in the Southern Federal District - the Republic of Adygea, Kalmykia, Astrakhan and Rostov regions; the North Caucasian Federal District - the Republic of Dagestan and Chechnya; Far Eastern Federal District - Primorsky Territory and the Jewish Autonomous Region. The gross harvest in the Russian Federation in 2021 amounted to 1,076.4 thousand tons. In the main rice-producing region of the country – Krasnodar region, the gross harvest amounted to 858.9 thousand tons with a yield of 64.3 c/ha. Thanks to the introduction of new rice varieties into production since 1997, crop yields in Russia have increased by 2.5 times (from 21.7 c/ha in 1997 to 57.8 c/ha in 2021), gross production - by 3.3 times (from 328 thousand tons in 1997 to 1076.4 thousand tons in 2021). However, in Krasnodar region, there is a steady decrease in sown areas (148.0 thousand hectares in 1990 to 118.1 thousand hectares in 2021). Scientific support for the rice industry in the Russian Federation is provided by Federal Scientific Rice Centre. 37 varieties bred by FSBSI “Federal Scientific Rice Centre” are approved for use in production, they occupy more than 70% of the sown area and provide more than 80% of the gross rice harvest in the country. Due to the variety change and optimization of the varietal structure of crops, additional profit from the introduction of new varieties bred by Federal Scientific Rice Centre into production in 2019-2021 amounted to 579.1 million rubles.

Key words: rice, production, variety, yield, population, food security, import, export.

Введение

Рис является одной из важнейших продовольственных культур и имеет жизненно важное значение для продовольственной безопасности более половины населения мира [12].

Сегодня отрасль рисоводства – неотъемлемая часть зернового агропромышленного комплекса и занимает ведущее место в социально-экономической сфере мира.

По данным ФАО, мировое потребление риса составляет 450 млн. т крупы. К 2030 году этот пока-

затель составит 790,0 млн. т, превысив на 2-3 % пшеницу. В целом на рис приходится почти 30 % калорий, потребляемых человечеством [5, 14].

В соответствии с приказом Минздрава России от 19.08.2016 № 614 рекомендуемая норма потребления рисовой крупы на душу населения составляет – 7 кг/чел. в год [9].

Основным поставщиком риса в мировом масштабе являются страны Азии, на которые приходится 90,3 % мирового производства риса. Основными производителями риса в мире являются Китай (бо-

лее 214,0 млн. т), Индия (более 172,0 млн. т), Индонезия (83,0 млн. т), Бангладеш (56,0 млн. т), Вьетнам (44,0 млн. т), Таиланд (25,0 млн. т) [11, 13].

В Российской Федерации рис возделывают в трех федеральных округах – Южном (Республики Адыгея и Калмыкия, Краснодарский край, Астраханская и Ростовская области), Северо-Кавказском (Республика Дагестан и Чеченская республика), Дальневосточном (Приморский край и Еврейская АО) [1].

Цель исследований

Изучить научное обеспечение отрасли рисоводства Краснодарского края для решения проблемы

продовольственной безопасности.

Материалы и методы

В работе использованы сравнительный и статистический методы исследований. В результате проведенного ретроспективного анализа систематизирован материал по производству риса в Краснодарском крае за 10 лет.

Результаты и обсуждение

Краснодарский край является основным рисосеющим регионом в Российской Федерации, на долю которого приходится более 80 % валового производства риса в стране (табл. 1) [10].

Таблица 1. Динамика производства риса в Российской Федерации

Регион	Годы						
	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Валовый сбор, тыс. т							
Российская Федерация	1060,7	1081,0	987,0	1038,0	1099,0	1142,0	1076,4
Краснодарский края	908,9	1024,8	893,0	870,7	945,9	900,0	858,9
Другие регионы	151,8	56,2	94,0	167,3	153,0	242,0	217,5

Краснодарский край является самой северной базой рисосеяния в мире, и одним из основных поставщиков риса как на внутренний рынок РФ, так и на мировой рынок.

Научное обеспечение рисосеяния на Кубани осуществляется Федеральным научным центром риса. Научные исследования проводятся в рамках Государственного задания, в котором предусмотрен комплекс фундаментальных и приоритетных прикладных исследований, направленных на создание сортов риса с высокой продуктивностью и качеством крупы, устойчивых к воздействию биотических и абиотических стрессоров, разработку технологий возделывания риса и культур рисового севооборота.

К использованию в производстве допущено 37 сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса», которые занимают более 70 % посевных площадей и обеспечивают более 80 % валовых сборов риса в стране.

За последние 5 лет селекционерами центра создан 21 сорт риса: с традиционным короткозёрным типом зерна – Каурис, Наутилус, Патриот, Аполлон, Юбилейный-85, Азовский – данные сорта характеризуются высокой урожайностью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, обеспечивают высокий выход полноценной крупы (целого ядра) хорошего качества, при этом Патриот и Аполлон наиболее универсальные сорта, формирующие высокие урожаи в различных условиях выращивания, а Каурис, Юбилейный-85, Наутилус и Азовский – лучше проявляют себя на высоких агрофонах; средне- и крупнозёрные – Яхонт, Велес, Ленарис, Престиж – новое поколение сортов менее высокорослые и формируют меньшую надземную биомассу, чем ранее созданные сорта риса (Фаворит, Казачок-4, Крепыш, Анаит, Водо-

пад) за счёт этого более устойчивы к полеганию и технологичны в уборке, а по урожайности и качеству зерна и крупы не уступают им. Сорта риса, допущенные к использованию в производстве, имеют более высокую урожайность в сравнении с зарубежными аналогами, более адаптированы к почвенно-климатическим условиям отечественных регионов возделывания и технологиям выращивания и переработки.

Рисоводство Краснодарского края полностью обеспечено высококачественными семенами. ФГБНУ «ФНЦ риса» совместно с филиалами ЭСОС «Красная» и РПЗ «Красноармейский» имени А.И. Майстренко ежегодно производят до 5,5 тысяч тонн семян риса высших репродукций и обеспечивают семенами рисоводческие хозяйства Краснодарского края и других регионов России, а также стран ближнего зарубежья (Казахстана, Узбекистана, Туркменистана). Ведется первичное и элитное семеноводство по 18 районированным и перспективным сортам риса, благодаря чему на Кубани элитными семенами засеивается 18,0-18,5 % посевных площадей риса, остальные – семенами первой репродукции. Семена высших репродукций реализуются в Республику Казахстан, где сортами ФГБНУ «ФНЦ риса» занято более 80 % площадей, а также в рисосеющие хозяйства Ростовской, Астраханской областей, Республик Адыгея, Дагестан, Калмыкия, Чеченская Республика.

Для рационального и эффективного использования сортов, допущенных к использованию, разработана система экологических и производственных испытаний (в 20-25 пунктах ежегодно), позволяющая формировать комплексы сортов для агроландшафтных микрорайонов и регионов. В период с 2019 по 2021 гг. в рисосеющих хозяйствах Крас-

нодарского края на основе разработанных сортовых комплексов для различных агроландшафтных районов внедрены новые сорта риса: Яхонт, Злата, Юбилейный – 85, Наутилус, Азовский, Рапан 2, Велес, Каурис.

Общий экономический эффект от внедрения разработок в производство с 2019 по 2021 годы составил 579,1 млн. руб.

Качественно новый уровень научного обеспечения способствовал стабильному развитию отрасли.

Несмотря на изменчивые погодные условия, с 1997 года урожайность культуры увеличилась в 2,5 раза (с 21,7 ц/га в 1997 г. до 57,8 ц/га в 2021 г.), валовое производство – в 3,3 раза (с 328 тыс. т в 1997 г. до 1076,4 тыс. т в 2021 г.). В 2021 году посевная площадь риса в России составила 189,2 тыс. га, урожайность – 57,8 ц/га и валовый сбор риса-зерна – 1076,4 тыс. т. При этом в Краснодарском крае урожайность достигла – 72,7 ц/га (в бункерном весе), а валовый сбор – 858,9 тыс. т (табл. 2) [7].

Таблица 2. Основные показатели производства риса в Краснодарском крае

Год	Посевные площади, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовый сбор, тыс. т
2010	133,1	68,3	908,9
2011	135,0	69,9	939,8
2012	133,3	71,1	947,8
2013	126,3	64,4	813,1
2014	130,8	71,4	930,0
2015	134,3	70,4	945,3
2016	136,2	75,2	1024,8
2017	122,0	73,2	893,0
2018	117,2	74,3	870,7
2019	125,2	75,6	945,9
2020	127,0	70,9	900,0
2021	118,1	72,7	858,9

Рис – самая стабильная и высокоурожайная культура в стране. Благодаря особенностям возделывания он в меньшей степени, чем другие зерновые, зависит от погодно-климатических условий конкретного года, что весьма важно для нашей страны [4].

Рис характеризуется высокой адаптивностью к условиям среды, о чем свидетельствуют обширный ареал и большое разнообразие условий его возде-

львания. Зона рисоводства Краснодарского края, охватывающая низовья реки Кубани западнее Краснодара, состоит из пяти рисовых мелиоративных агроландшафтов: стародельтовый, переходнodelтовый, младодельтовый, долинный и внедельтовый [6, 8]. Почвенный покров отличается разнообразием: на видовом и родовом уровнях представлено около 90 почвенных разновидностей. Большинство из них обладает достаточно благоприятными условиями для произрастания риса [2].

В соответствии с приведенными данными, в Краснодарском крае отмечается устойчивое уменьшение посевных площадей (148,0 тыс. га в 1990 г. до 118,1 тыс. га в 2021 г.). Однако при этом объем производства риса ежегодно составляет более 800,0 тыс. т, урожайность увеличилась почти в 2 раза (41,5 ц/га в 1990 г. до 72,7 ц/га в 2021 г.), что связано с внедрением в производство новых и перспективных сортов с высокой урожайностью и качеством. Наибольший валовый сбор риса-зерна отмечен в 2016 году (1024,8 тыс. т). Исключением стал 2013 год, когда показатели производства риса были снижены в связи с уменьшением посевных площадей и неблагоприятными условиями на посевах риса, что привело к сокращению урожая зерна в объеме около 130 тыс. т [3].

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, находятся 70 отечественных сортов риса, из них 34 – селекции Федерального научного центра риса, что составляет 48,6% от общего числа сортов этой культуры. Ежегодно на Государственное испытание кубанскими селекционерами передается 5-7 сортов с улучшенными характеристиками, по результатам испытаний районированы 2-3 сорта риса [5].

Выводы

Таким образом, рисоводческая отрасль Краснодарского края динамично развивается. Для повышения конкурентоспособности отечественного риса и обеспечения роста эффективного производства необходимы меры государственной поддержки, включающие в себя: государственное регулирование импорта, инвестирование отечественных производителей, финансирование мероприятий по совершенствованию инфраструктуры и улучшению мелиоративного состояния посевных площадей. Реализация перечисленных направлений заметно улучшит социально-экономическую ситуацию в рисосеющих регионах и положительно скажется на обеспечении продовольственной безопасности страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева, Н.К. Анализ эффективности и устойчивости рисоводства на Кубани / Н.К. Васильева, Е.А. Коврякова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2014. – № 101. – С. 1676–1686.
2. Гаркуша, С.В. Адаптивные сортовые комплексы риса для различных агроландшафтных районов Краснодарского края (методические рекомендации) / С. В. Гаркуша, С.А. Шевель, Н.Н. Малышева, С.А. Тешева и др. – Краснодар, 2013. – 92 с.

3. Гаркуша, С.В. Агротехнические особенности выращивания сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу (методические рекомендации) / С.В. Гаркуша, С.А. Шевель, Н.Н. Малышева, и др. – Краснодар, 2013. – 44 с.
4. Гаркуша, С.В. Проблемы отрасли рисоводства в Российской Федерации и пути их решения / С.В. Гаркуша, Л.В. Есаулова, В.И. Госпадинова// Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 12. – С. 10-12.
5. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А.А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.
6. Коробка, А. Н. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А.Н. Коробка, С.Ю. Орленко, Е.В. Алексеенко и др. – Краснодар, 2015. – 352 с.
7. Краснодарский край в цифрах. 2018: Статистический сборник / Краснодарстат. — Краснодар, 2019. – 302 с.
8. Пищенко, Д.А. Внедрение новых сортов риса как основной фактор интенсификации производства риса // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием посвященная 90-летию ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева». Том I: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференций – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2020. – С.122-126.
9. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 года № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».
10. Сельское хозяйство в России. 2021: Статистический сборник/ Росстат – Москва, 2021. – 100 с.
11. ФАОСТАТ. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org>.
12. Nur Atikah, Mohidem Rice for Food Security: Revisiting Its Production, Diversity, Rice Milling Process and Nutrient Content/ Nur Atikah Mohidem, Norhashila Hashim, Rosnah Shamsudin, Hasfalina Che Man// Agriculture. – 2022. – № 12(6). – P. 741.
13. Pooja, K. Present and future of rice blast management/ K. Pooja, A. Katoch //Plant Sci. Today. – 2015. – №1(3). – P. 165-173.
14. Satterthwaite, D. Urbanization and its implications for food and farming. Philosophical Transactions of the Royal Society B/ D. Satterthwaite, G. McGranahan, C. Tacoli// Biological Sciences. – 2010. – №365(1554). – P. 2809-2820.

REFERENCES

1. Vasilyeva, N.K. Analysis of the effectiveness and sustainability of rice growing in the Kuban/ N.K. Vasilyeva, E.A. Kovryakova// Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – Krasnodar, 2014. – № 101. – P. 1676–1686.
2. Garkusha, S.V. Adaptive varietal complexes of rice for various agrolandscape regions of the Krasnodar Territory (guidelines)/ S.V. Garkusha, S.A. Shevel, N.N. Malysheva, S.A. Tesheva et al. — Krasnodar, 2013. - 92 p.
3. Garkusha, S.V. Agrotechnical features of growing rice varieties resistant to blast (guidelines) [Text]/ S.V. Garkusha, S.A. Shevel, N.N. Malysheva, etc. – Krasnodar, 2013. – 44 p.
4. Garkusha, S.V. Problems of the rice industry in the Russian Federation and ways to solve them / S.V. Garkusha, L.V. Esaulova, V.I. Gospadinova// Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. - 2015. – № 12. – P. 10-12.
5. Zhuchenko, A.A. Resource potential of grain production in Russia (theory and practice)/ A.A. Zhuchenko. - M.: LLC «Publishing house Agrorus», 2004. – 1109 p.
6. Korobka, A.N. The farming system of the Krasnodar Territory on an agrolandscape basis / A.N. Korobka, S.Yu. Orlenko, E.V. Alekseenko et al. – Krasnodar, 2015. – 352 p.
7. Krasnodar region in numbers. 2018: Statistical collection / Krasnodarstat. - Krasnodar, 2019. - 302 p.
8. Pishchenko D.A. Introduction of new rice varieties as the main factor in the intensification of rice production // Agrarian science in the conditions of modernization and innovative development of the agro-industrial complex of Russia. All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 90th anniversary of the Ivanovo State Agricultural Academy named after D.K. Belyaeva Volume I: collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference - Ivanovo: FSBEI HE Ivanovo State Agricultural Academy, 2020. - P.122-126.
9. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated August 19, 2016. - № 614 «On approval of recommendations on rational norms for the consumption of food products that meet modern requirements for a healthy diet».
10. Agriculture in Russia. 2021: Statistical collection / Rosstat – Moscow, 2021. – 100 p.
11. ФАОСТАТ. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org> (accessed 10/10/2018)
12. Nur Atikah Mohidem Rice for Food Security: Revisiting Its Production, Diversity, Rice Milling Process and Nutrient Content/ Nur Atikah Mohidem, Norhashila Hashim, Rosnah Shamsudin, Hasfalina Che Man // Agriculture. – 2022. – № 12(6). – P. 741.
13. Pooja, K. Present and future of rice blast management/ K. Pooja, A. Katoch //Plant Sci. Today. – 2015. – №1(3). – P. 165-173.
14. Satterthwaite, D. Urbanization and its implications for food and farming. Philosophical Transactions of the Royal Society B/ D. Satterthwaite, G. McGranahan, C. Tacoli// Biological Sciences. – 2010. – №365(1554). – P. 2809-2820.

Любовь Владимировна Есаулова

Ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии
E-mail: l.esaulova@mail.ru

Ирина Анатольевна Лыско

Ведущий научный сотрудник отдела по организационно-техническому и информационному обслуживанию НИР
E-mail: ilysko@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

Lyubov Vladimirovna Esaulova

Leading Researcher, Laboratory of Biotechnology and Molecular Biology
E-mail: l.esaulova@mail.ru

Irina Anatolyevna Lysko

Leading Researcher, Department for Organizational, Technical and Information Services of Research and Development
E-mail: ilysko@mail.ru

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-11-15
УДК 633.18: 575.1:631.559

Чухирь И.Н., канд. с.-х. наук,
Чухирь Н.П.,
Белик Д.Д.
г. Краснодар, Россия

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СТРУКТУРУ УРОЖАЯ РИСА, И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОРТОВ

Старейшая и широко распространенная продовольственная культура, которая является основным продуктом питания во многих странах мира, таких как Япония, Вьетнам, Лаос, Китай, Индия – это рис. Рисовая крупа обладает сбалансированным аминокислотным составом, отличными вкусовыми качествами, хорошо усваивается организмом, её широко используют в диетическом питании, а отвар крупы обладает целебными свойствами. Производные, полученные из этого злака, широко используются в текстильной, парфюмерной и медицинской промышленности. Солома используется для кормления скота и изготовления предметов домашнего обихода. За последние годы в отечественном и зарубежном рисоводстве произошли огромные сдвиги, выведены и возделываются сорта различного использования и назначения, но, несмотря на это, остается еще много нерешенных насущных проблем. Главной из этих проблем является создание высокоурожайных сортов. Решение этой проблемы во многом зависит от наличия генетически разнообразного исходного материала с широкой реакцией на изменения условий окружающей среды, его изучения и правильного отбора; а также выявления новых источников ценных признаков и свойств среди экологически удаленных агроэкоципов, которые обогащают генетический потенциал отечественных сортов. В современной биологической науке о наследственности все еще существует вопрос о наследовании количественных признаков. Изучение наследования количественных признаков, составляющих основные элементы структуры урожайности, является одной из важнейших задач, решение которой необходимо для ускорения селекционного процесса. Наследование и изучение таких признаков, как высота растений, длина метелки, количество колосков и выполненных зерен на ней, масса 1000 зерен, масса зерна с метелки и растения имеет большое значение в селекционной работе, так как от этих признаков зависит продуктивность риса. Поэтому при проведении селекции необходимо знать генетический механизм каждого из признаков и их взаимодействие.

Ключевые слова: признаки, наследование, родительские формы, гибриды, гибридная комбинация.

INHERITANCE OF TRAITS DETERMINING RICE YIELD STRUCTURE AND THEIR USE IN BREEDING PROCESS FOR DEVELOPING HIGHLY PRODUCTIVE VARIETIES

Rice is the oldest and widespread food crop, which is a staple food in many countries such as Japan, Vietnam, Laos, China, India. Milled rice has a balanced amino acid composition, excellent taste, is highly digestible and assimilable, it is widely used, in general, and dietary nutrition, and its broth has healing properties. Derivatives produced from cereals are widely used in the textile, perfumery, and medical industries. The straw is used to feed livestock and make household goods. Huge shifts have taken place in recent years in domestic and foreign rice cultivation, varieties of various purposes and uses have been developed and are cultivated, but, despite this, there are still many unsolved urgent problems. The main of these problems is the development of high-yielding varieties, which are greatly influenced by economically important traits: plant height, total and productive tillering, the number of spikelets and grains in a panicle, grain size, mass of 1000 grains, etc. The solution to this problem largely depends on the availability of genetically diverse initial material with a broad response to changes in environmental conditions, its study and correct selection; as well as the identification of new sources of valuable traits and properties, among ecologically distant agroecotypes, which enrich the genetic potential of domestic varieties. In the modern biological science of heredity, there is still the question of the inheritance of quantitative traits. The study of the inheritance of quantitative traits that make up the main elements of the yield structure is one of the most important tasks, the solution of which is necessary to accelerate the breeding process. The inheritance of any trait is often determined by researchers by the value of the dominance coefficient. The inheritance and study of such traits in rice crop as plant height, panicle length, number of spikelets and filled grains on it, 1000 grains weight, grain weight per panicle and plant is of great importance in breeding work, since rice productivity depends on these traits. Therefore, when carrying out breeding, it is necessary to know the genetic mechanism of each of the traits and their interaction.

Key words: traits, inheritance, parental forms, hybrids, hybrid combination.

Введение

Селекция, как наука о выведении новых сортов и гибридов, неразрывно связана с семеноводством и ботаникой. Теоретической основой селекции является генетика с ее законами наследственности и изменчивости организмов. Для более эффективных методов выведения сортов и гибридов необходимо изучать генетическую и селекционную ценность различных культурных и диких видов - носителей хозяйственно ценных признаков, шире использовать возможности биотехнологии, совершенствовать методы внутривидовой, комплексной и ступенчатой гибридизации. Для этого необходимо выявить гены и группы генов, контролирующие хозяйственно ценные признаки, изучать закономерности их наследования, взаимодействия генотипа с окружающей средой, генетические и физиолого-биохимические основы явления эффекта гетерозиса.

К важнейшим задачам селекции следует также отнести изучение генетических и физиолого-биохимических основ влияния биотических и абиотических факторов на растения с целью разработки методов, позволяющих сочетать эти важные биологические свойства с высокой продуктивностью в будущих сортах. Из многих литературных источников известно, что доля гомозигот увеличивается, а доля гетерозигот уменьшается от поколения к поколению, независимо от наследуемых признаков, которые подвергаются отбору [2, 3]. Следовательно, во втором поколении доля гомозигот составит ровно 50 %, в третьем поколении - 75 %, а в четвертом - 87 %, а доля гетерозигот в F4 составит 12,5 % от общего числа растений. Зная эти закономерности, можно проводить индивидуальный отбор, начиная со второго поколения.

В течение многих лет гибридизация была основным или базовым методом получения исходного и селекционного материала [10, 11, 12, 13]. Родительские формы, включенные в гибридизацию, должны обладать комплексом признаков, которые будут характеризовать сорт. Каждый признак контролируется необходимыми генами или комплексом генетических факторов, составляющих генотип выведенного сорта [4, 5, 6, 7].

При выведении новых сортов риса в последние годы приоритет отдается включению в скрещивания генотипов, обладающих ценными генами устойчивости к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды. Используя для этих целей образцы или сорта с альтернативными признаками и рассматривая это как результат сложного взаимодействия в гибридном организме генетических, цитоплазматических, биохимических и физиологических факторов в гибридных комбинациях, можно получить высокие значения таких характеристик [1, 7, 8, 14].

При ведении селекции на продуктивность необ-

ходимо проводить всестороннее изучение изменчивости признаков у вновь выведенных сортов риса и выяснять причины, лимитирующие их фотосинтетическую и зерновую продуктивность в посевах [4, 5, 10].

Цель исследований

Изучить подобранные селекционерами родительские пары, отличающиеся по признакам: высота растений, длина метелки, масса 1000 зерен, количество колосков на метелке, масса зерна с метелки. Получить гибриды F₁ и F₂ и изучить наследование количественных признаков.

Материалы и методы

Для изучения было подобрано 10 родительских пар, между которыми была проведена гибридизация, получены и выращены гибриды первого и второго поколения. Родительские формы выращивались по принятой в Центре методике в камерах искусственного климата, в которых поддерживалась постоянная температура 28-30 °С [9]. Гибридные комбинации первого поколения выращивались на вегетационной площадке, а второго в гибридном питомнике в полевых условиях. Зерновки гибридов F₁ предварительно проращивались в термостате, а затем высаживались в сосуды. Во время фазы полной спелости был проведен биометрический анализ.

Из каждой гибридной комбинации было отобрано 15 растений для биометрического анализа. Гибриды второго поколения изучали в сравнении с родительскими формами и гибридами первого поколения. Биометрический анализ показал, что все изученные гибриды по многим показателям, таким как: высота растения, длина основной метелки, количество зерен в метелке, масса зерна с основной метелки и с растения, превосходили не только лучшие родительские формы, но и гибриды первого поколения. Изучение наследования таких признаков, как высота растений, длина метелки, количество налитых колосков и зерен на ней, масса 1000 зерен и т.д., имеет большое значение в селекционной работе.

Результаты и обсуждение

Не являющийся непосредственным элементом продуктивности, но оказывающий значительное влияние на устойчивость растений к полеганию – показатель высоты растений [3, 4]. Это генетически детерминированный признак, который может варьировать в зависимости от условий выращивания [4, 6]. Высокорослые сорта склонны к полеганию, хотя их растения часто способны давать более высокие урожаи. В засеваемой массе создается микроклимат с повышенной влажностью, при полегании растений зерновки начинают прорастать, что снижает технологические и посевные качества семян, а также приводит к потерям урожая. На протяжении последних трех десятилетий селекционная работа была направлена на уменьшение

высоты растений, поэтому выведенные в этот период сорта риса, имеют короткие и крепкие стебли, высота которых не превышает 100-110 см, что способствует высокой урожайности, устойчивости к полеганию, болезням и формированию хорошего качества.

У всех 10 комбинаций гибриды первого и вто-

рого поколения имели промежуточную высоту растений по сравнению с родительскими формами (табл.). Например, у материнской формы Олимп высота растения составляет в среднем 87,0 см, у отцовской формы Фаворит 92,0 см, а у гибридной комбинации Олимп/Фаворит в первом поколении 89,0 см, во втором – 90,0 см.

Таблица. Характеристика гибридов риса F_1 и F_2 по наследованию морфологических признаков

Формы	Название родительских форм и гибрида	Высота растений, см	Кущение, шт.	Длина главной метелки, см	Количество колосков с метелки, шт	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с растения, г
♀	Олимп	87,0	2,3	17,0	158	28,0	3,3
♂	Фаворит	92,0	2,9	14,0	186	30,0	3,6
F_1	Олимп / Фаворит	89,0	2,8	16,0	188	31,0	3,7
F_2	Олимп / Фаворит	90,0	3,0	16,5	190	30,0	4,0
♀	Патриот	98,0	3,2	16,0	189	33,0	3,9
♂	Партнер	88,3	2,8	14,0	175	32,0	3,6
F_1	Патриот / Партнер	95,0	3,4	15,0	190	32,5	4,2
F_2	Патриот / Партнер	92,0	2,9	14,5	192	32,5	4,3
♀	Соната	93,0	3,1	15,0	178	29,0	3,5
♂	Северный 8242	106,0	2,4	18,0	153	28,0	2,9
F_1	Соната / Северный 8242	100,0	2,5	17,0	175	28,5	3,6
F_2	Соната / Северный 8242	99,5	2,6	17,5	178	29,5	3,5
♀	Северный 8242	102,0	2,5	17,0	179	29,0	3,4
♂	Соната	95,0	2,8	17,0	169	29,0	3,1
F_1	Северный 8242 / Соната	98,5	2,9	17,0	177	30,0	3,3
F_2	Северный 8242 / Соната	99,5	3,2	17,0	179	30,0	3,4
♀	Самтео	79,7	2,1	16,3	122	28,0	2,4
♂	Новатор	77,7	2,2	16,0	123	27,0	2,5
F_1	Самтео/Новатор	87,2	2,2	16,7	125	27,0	2,9
F_2	Самтео/Новатор	99,7	2,3	15,4	128	27,5	2,9
♀	Атлант	95,0	2,6	19,0	178	28,0	2,8
♂	Титан	85,0	2,8	15,0	169	31,0	3,2
F_1	Атлант / Титан	90,0	2,6	18,0	180	32,0	3,5
F_2	Атлант / Титан	90,0	2,6	18,0	181	32,0	3,8
♀	Атлант	98,0	2,9	19,0	176	29,0	2,9
♂	Лидер	90,0	2,5	14,0	178	30,0	3,2
F_1	Атлант / Лидер	95,0	2,6	17,0	179	29,5	3,3
F_2	Атлант / Лидер	96,5	2,6	18,5	180	29,5	3,3
♀	Партнер	88,0	3,1	16,0	181	32,0	3,5
♂	Соната	95,0	2,9	16,0	183	30,0	3,3
F_1	Партнер /Соната	91,5	3,0	16,0	195	31,0	3,8
F_2	Партнер /Соната	93,0	3,2	16,0	196	31,0	3,8
♀	ВНИИР 6192	60,9	2,4	14,4	165	28,5	2,7
♂	КП 26-16	65,6	3,2	17,2	179	27,8	3,1
F_1	ВНИИР 6192/КП 26-16	84,9	3,6	17,1	183	27,9	3,2

Продолжение таблицы

Формы	Название родительских форм и гибрида	Высота растений, см	Кущение, шт.	Длина главной метелки, см	Количество колосков с метелки, шт	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с растения, г
F ₂	ВНИИР 6192/КП 26-16	100,4	3,7	19,7	185	27,5	3,3
♀	Cammeo	64,3	2,3	16,2	153	28,0	2,6
♂	КП 26-16	80,4	2,7	14,1	166	27,8	2,8
F ₁	Cammeo/КП 26-16	80,5	3,0	15,5	175	27,9	3,2
F ₂	Cammeo/КП 26-16	86,7	3,7	15,5	178	28,1	3,3

Рис среди многих зерновых культур обладает более высокой способностью образовывать продуктивные стебли. Поэтому другим важным признаком, который вносит непосредственный вклад в формирование урожайности риса является продуктивная кустистость растения. Между продуктивной кустистостью и урожаем всегда имеет место положительная корреляция. Во многих странах умеренного климата, а так же и в России, рис выращивается только по технологии прямого высева семян в почву. Используемые в производстве сорта имеют очень низкую кустистость (1-3 побега), поэтому необходимую густоту посева приходится создавать повышенной нормой высева (200-300 кг/га семян). При этой технологии растения дружно созревают, и уборка проводится с наименьшими потерями, но при нарушениях планировки почвы посева значительно изреживаются и урожайность теряется. Поэтому создание сортов риса, обладающих высокой кустистостью, дружным созреванием боковых побегов позволяет не только повысить урожайность, но и снизить норму высева семян. По признаку продуктивная кустистость как в первом, так и во втором поколении изучаемые гибридные комбинации имели превосходство над родительскими формами (табл.).

Длина главной метелки является средне изменчивым признаком у риса. Было замечено, что она подвержена больше гибридологической изменчивости [3, 5, 6]. У родительских форм она варьировала от 14,0 до 19,7, гибридные растения, как в первом, так и во втором поколении не имели особого отличия по этому признаку от родительских форм (табл.).

Зерновая продуктивность риса так же зависит от количества колосков в метелке, количества наполненных зерен и их веса. Поэтому необходимо знать генетический механизм каждого из этих признаков и их взаимодействие.

Количество колосков с главной метелки и масса зерна с растения у изучаемых гибридов, превышали значения родительских форм (табл. 1).

Большое значение при оценке любого селекционного материала на продуктивность имеет сортовой признак - масса 1000 зерен [5, 6]. В F₁ и в F₂ наследование этого признака было на уровне или больше материнской и отцовской форм и варьировала от 27,0 до 32,5 граммов (табл.).

Выводы

1. У всех изучаемых гибридных комбинаций высота растений имела промежуточную форму наследования.

2. Длина метелки у гибридных комбинаций обоих поколений не имела сильного отличия от родительских форм, и так же имела промежуточное наследование.

3. Для ускорения селекционного процесса со второго поколения возможен отбор растений с необходимой массой 1000 зерен на основе эффекта трансгрессии.

4. Все изученные гибридные комбинации по признакам: количество зерен в главной метелки, масса зерна с главной метелки и массе зерна с растения - как в первом, так и во втором поколениях превосходили родительские формы.

5. Целесообразно использовать эти гибридные комбинации в дальнейшей селекционной работе для выведения высокоурожайных сортов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюбейкер, Д.Ж. Сельскохозяйственная генетика / Д.Ж. Брюбейкер. - М: Колос, 1966. - С. 237- 241.
2. Зеленский, Г.Л. Эффективность отдаленной и сложной гибридизации в селекции растений / Г.Л. Зеленский, Н.Н. Малышева, И.Н. Чухирь, А.Г. Зеленский, А.Р. Третьяков // Труды Кубанского Государственного аграрного Университета. - 2010. - № 2. - С. 89 – 95
3. Гриффин, Г. Б. Обобщенная трактовка использования диаллельных скрещиваний в количественном наследовании / Г. Б. Гриффин // Наследственность. -М: Колос, 1956. - № 10. - С. 31-50.
4. Дзюба, В.А. Генетика риса / В.А. Дзюба -Краснодар: Изд-во КГАУ, 2004.-С. 280-285.
5. Дзюба, В.А. К методике проведения гибридологического анализа гибридов зерновых культур / В.А. Дзюба, Л.В. Есаулова, И.Н. Чухирь // Зерновое хозяйство России. - 2012. -№3(21) - С.8 – 13.

6. Дзюба, В.А. Генетика признаков соцветия риса / В.А. Дзюба, Л.В. Есаулова, И.Н. Чухирь, Т.Л. Коротенко, А.Г. Зеленский // *Зерновое хозяйство России*. - 2019. - № 1 (61). - С. 44-48.
7. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений / А.А. Жученко. - Москва, 2001. - С. 802-808.
8. Кёльрейтер, И. Г. Предварительное сообщение некоторых полученных экспериментов, связанных с растениями / И. Г. Кёльрейтер. - Лейпциг, 1766.- Т. III.- С. 469.
9. Лось, Г.Д. Перспективный способ гибридизации риса / Г.Д. Лось // *Сельскохозяйственная биология*. - 1987. - № 12. - С. 107 -109.
10. Сметанин, А.П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А.П. Сметанин, В.А. Дзюба, А.И. Апрод. - Краснодар, 1972. - 156 с.
11. Чухирь, И.Н. Корреляционная взаимосвязь между признаками растений риса / И.Н. Чухирь // *Материалы XV международного симпозиума Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье*. - 2006. - С. 284-285.
12. Чухирь, И.Н. Количественные признаки риса, контролирующие урожайность и их наследование / И.Н. Чухирь, Л.В. Есаулова, Н.П. Чухирь // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. - 2019. - № 151. - С. 15-23.
13. Чухирь, И.Н. Признаки продуктивности и их наследование в гибридах риса / И.Н. Чухирь, Л.В. Есаулова, Н.П. Чухирь // *Рисоводство*. - 2019. - №2. - С.12-15
14. Элиот, Ф. Селекция растений и цитогенетика / Элиот Ф. - Нью Йорк, 1961. - С. 389-447.

REFERENCES

1. Brewbaker, D. J. Agricultural genetics / D. J. Brewbaker. - M:Kolos, 1966. - P. 237- 241.
2. Zelensky, G.L. Efficiency of distant and complex hybridization in plant breeding / G.L. Zelensky, N.N. Malysheva, I.N. Chukhir, A.G. Zelensky, A.R. Tretyakov // *Proceedings of Kuban State Agrarian University*. - 2010. - № 2. - P.89 – 95.
3. Griffing, G. B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance / G. B. Griffin // *Heredity*. - M:Kolos, 1956. - № 10. - P. 31-50.
4. Dzyuba, V.A. Rice genetics / V.A. Dzyuba.-Krasnodar: Publishing House of KGAU, 2004. - P. 280-285.
5. Dzyuba, V.A., On the methodology of hybridological analysis of hybrids of grain crops / V.A. Dzyuba, L.V. Esaulova, I.N. Chukhir // *Grain farming of Russia*. - 2012. - № 3(21). - P.8-13.
6. Dzyuba, V.A. Genetics of rice inflorescence signs / V.A. Dzyuba, L.V. Esaulova, I.N. Chukhir, T.L. Korotenko, A.G. Zelensky // *Grain farming of Russia*. - 2019. - № 1 (61). - P. 44-48.
7. Zhuchenko, A.A. Adaptive system of plant breeding / A.A. Zhuchenko. -Moscow, 2001. - P. 802-808. .
8. Kehlreyter, I.G. Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen / I.G. Kehlreyter. -Leipzig. - 1766. - Т. III. - P. 469.
9. Los, G.D., A promising method of rice hybridization / G.D. Los // *Agricultural Biology*. - 1987. - № 12. - P.107 -109.
10. Smetanin, A.P. Methods of experimental work on breeding, seed production and quality control of rice seeds / A.P. Smetanin, V.A. Dzyuba, A.I. Aprod. - Krasnodar, 1972. - 156 p.
11. Chukhir, I.N. Correlation between traits of rice plants / Chukhir I.N.- Materials of XV International symposium Unconventional plant breeding. Eniology. Ecology and Health- Simferopol, 2006. - P. 284-285.
12. Chukhir, I.N. Rice quantitative traits controlling yield and their inheritance / Chukhir I.N., Esaulova L.V., Chukhir N.P.- Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. - № 151. - P. 15-23.
13. Chukhir, I.N. Productivity traits and their inheritance in rice hybrids / Chukhir I.N., Esaulova L.V., Chukhir N.P. - *Rice growing*. 2019. -№2. - P.12-15
14. Eliot, F. Plant breeding and cytogenetics- New York, 1961,- P. 389-447.

Ирина Николаевна Чухирь

Ведущий научный сотрудник, руководитель группы исходного материала отдела селекции
E-mail:irina-chukhir@mail.ru

Irina Nicolaevna Chukhir

Leading researcher, group of the source material of the breeding department
E-mail:irina-chukhir@mail.ru

Николай Петрович Чухирь

Младший научный сотрудник группы исходного материала отдела селекции

Nicolay Petrovich Chukhir

Junior researcher, group of the source material of the breeding department

Диана Дмитриевна Белик

Агроном группы исходного материала отдела селекции

Diana Dmitrievna Belik

Agronomist, groups of the source material of the breeding department

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-16-23
УДК 633.18:631.524.85:631.524.82

Юрченко С.А.,
Коротенко Т. Л., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ РИСА НА АДАПТИВНОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОД ПРОРАСТАНИЯ И ПОЯВЛЕНИЯ ВСХОДОВ

Проблема холодостойкости занимает важное место в системе оценки сортов на устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Практический интерес представляет создание сортов, способных быстро прорасти при пониженной температуре. Так как в период посева семян риса в Краснодарском крае могут наблюдаться пониженные температуры воздуха (менее 12–14 °С), что приводит к снижению полевой всхожести и изреженности посевов. Для селекции важно подобрать исходный материал, устойчивый к данному фактору внешней среды. Оценка коллекционного материала на холодостойкость в естественных условиях среды играет важную роль для решения данной проблемы. Цель исследования – оценить на холодостойкость образцы отечественной и зарубежной селекции в условиях лабораторного опыта. Выделить генотипы устойчивые к воздействию пониженных температур на ранней стадии развития растений в условиях вегетационной площадки. В статье проведена сравнительная оценка продуктивности коллекционных образцов риса при выращивании в оптимальных и стрессовых условиях на вегетационной площадке, приведены их показатели холодостойкости в лабораторных условиях. Комплексное изучение генотипов коллекции «ФНЦ риса» позволит выделить образцы, пригодные для дальнейшей селекционной работы. Подготовлена выборка наиболее перспективных генотипов по устойчивости к пониженным температурам для создания холодостойких образцов и улучшения отечественных сортов в условиях юга России.

Ключевые слова: рис, холодостойкость, интенсивность роста, период вегетации, продуктивность.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF RICE COLLECTION SAMPLES FOR ADAPTABILITY TO LOW TEMPERATURES DURING GERMINATION AND SEEDLING DEVELOPMENT

The problem of cold tolerance occupies an important place in the system of varieties assessment for resistance to unfavorable environmental factors. It is of practical interest to develop varieties that can quickly germinate at low temperatures. Since low air temperatures (less than 12–14 °C) can be observed during sowing of rice seeds in Krasnodar region, which leads to decreased field germination and thinning of crops. For breeding, it is important to select the initial material that is resistant to this environmental factor. Evaluation of collection material for cold tolerance under natural environmental conditions plays an important role in solving this problem. The aim of the study is to evaluate the cold resistance of domestic and foreign samples under laboratory conditions. To select genotypes resistant to low temperatures at the early stage of plant development under the growing site conditions. The article presents the comparative assessment of productivity of rice collection samples when grown under optimal and stress conditions on the vegetation site, the indices of their cold resistance in laboratory conditions are presented. The complex study of the genotypes of the collection of the "Federal Scientific Rice Centre" will allow to single out the samples suitable for further breeding work. The selection of the most promising genotypes by resistance to low temperatures for development of cold-resistant samples and improvement of domestic varieties in the conditions of southern Russia has been prepared.

Key words: rice, cold tolerance, growth intensity, vegetation period, productivity.

Введение

Рис (*Oryza sativa* L.) – важная зерновая культура, являющаяся основным продуктом питания для более чем половины населения Земли и обеспечивающая 21 % глобальной энергии человека на душу населения [13]. Примерно десятая часть пахотных земель в мире засеяны рисом, который является основным источником продовольствия. Спрос на эту основную культуру заставляет рисоводов и ученых интенсифицировать системы выращивания

риса для повышения урожайности в условиях резких изменений глобальных климатических вариаций. Исходя из прогноза роста населения планеты, для обеспечения глобальной продовольственной безопасности производство риса в ближайшие десятилетия должно увеличить ежегодную урожайность на 1,2–1,5 % [15]. Несмотря на то, что рис произрастает в болотистых районах тропиков, он восприимчив к широкому спектру абиотических стрессов [14].

Актуальной задачей современных селекционных программ по рису является не только необходимость повышения урожайности, но и экологической устойчивости к нерегулируемым факторам внешней среды, оптимизация которых технически невозможна [3, 10]. Низкие температуры являются одним из основных абиотических стрессов, который значительно снижает урожайность зерна риса и которому подвержены 10 % из 130 млн га [12]. Особенно остро они влияют на фазу прорастания и появления всходов, что приводит к замедлению роста, снижению жизнеспособности проростков, а также к задержке и снижению процента прорастания [1, 9]. Россия находится в северной зоне возделывания риса, что влечет за собой высокую долю воздействия данного фактора в начале вегетации культуры. Таким образом, необходимо иметь ряд сортов толерантных к данному воздействию. Которые будут обладать стабильной полевой всхожестью и высокой силой роста семян на ряду с потенциальной урожайностью сорта. Для этого необходимо иметь исходный материал устойчивый к данному фактору, который будет обладать всеми перечисленными признаками [2].

Цель исследований

Оценить на холодостойкость образцы отечественной и зарубежной селекции в условиях лабораторного опыта. Выделить образцы устойчивые к воздействию пониженных температур на ранней стадии развития растений в условиях вегетационной площадки, путем сравнительной оценки генотипа по стабильности показателей продуктивности растений на двух сроках посева.

Материалы и методы

Работу проводили на вегетационной площадке ФГБНУ «ФНЦ риса». Образцы высевали в 10-литровые сосуды, заполненных почвой, заделка сухих семян на глубину 1 см, в количестве 15 растений на 1 сосуд. Посев в сосуды проводили в два срока, где оптимальный посев 20 мая и ранний 30 апреля, для изучения прохождения фаз вегетации при разных температурных условиях в фазу прорастания семян. В качестве стандарта холодостойкости был взят сорт отечественной селекции Кубань 3. На ранних стадиях развития растений, на 15 суток от посева, оценивали интенсивность роста проростков в сравнении со стандартом холодостойкости, где 1 - низкая, а 9 - высокая интенсивность роста. В лабораторном опыте были определены скорость наклевывания семян, интенсивность роста проростков при температуре +14 °C [8].

Материалом для исследования были взяты образцы из коллекции «ФНЦ риса» в количестве 18 шт. отечественной селекции и из зарубежных питомников холодоустойчивых.

Закладка вегетационного опыта, подкормка минеральными удобрениями, наблюдения за ростом и развитием растений, описание генотипов по

морфологическим признакам, фенологические наблюдения, визуальные оценки проводились по методикам «ВНИИ риса» и согласно «Методическим указаниям по изучению мировой коллекции риса и классификатору рода *O. sativa* L. (1982) [5, 7].

В мае, в период прорастания и появления всходов среднесуточная температура воздуха варьировала от 4,7 °C до 32,3 °C, а среднемесячная температура составила 17,7 °C, что на 0,9 °C выше среднемноголетней. Среднесуточные температуры воздуха от 30 апреля за первые 15 суток, до оценки интенсивности роста, варьировались от 10,2 °C до 22,3 °C в среднем за период она составила 16,1 °C, что близко к минимально допустимой, для риса рекомендовано допустимая среднесуточная температура выше 15°C [6]. При посеве 20 мая за тоже количество дней среднесуточная температура была в диапазоне от 10,2 °C до 22,5 °C в среднем за период температур была 19,4 °C, что близко к оптимальным 20-25 °C [4]. Таким образом, можно считать, что температура при посеве 30 апреля была близка к стрессовой, а при посеве 20 мая к оптимальной, что дает возможность сравнения генотипов при полном раскрытии их продуктивных потенциалов.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты фенологического наблюдения 18 образцов при двух сроках посева. В шапке графика (слева) по порядку указаны: № образца в каталоге ФНЦ риса, дата посева образца и длина вегетационного периода. В самом графике указано, по количеству дней, прохождение фенологических фаз, от посева до кущения, от кущения до цветения. Период вегетации при раннем сроке посева варьировал от 113 дней (St. 01310, Кубань 3, Россия) до 141 дня (04-63, 32, Филиппины) в среднем по группе он составил 128,3 дня. У всех образцов, посеянных 20 мая вегетационный период сократился в среднем на 7,5 дней, и составил 120,8 дней с диапазоном от 104 дней (также St. 01310, Кубань 3, Россия и 04125, Контакт, Россия) до 135 дней (также 04-63, 32, Филиппины). Наименьшая разница между посевами 30.04 и 20.05 по данному признаку была отмечена у образца 246-06 (Куов 817, Китай), продолжительность его вегетационного периода составила 125 и 122 дня соответственно. Наибольшая разница была отмечена у образца 8-07 (IR-72, Филиппины) период вегетации которого был 136 дней (посев 30 апреля) и 122 дня (посев 20 мая). Исследования P. Malton, указывают на то, что воздействие пониженных температур непосредственно влияет на продолжительность периода вегетации, которая увеличивается при низких температурах [11]. Можно предположить, что образцы с наименьшей разницей между сроками посева по этому признаку будут более толерантны к воздействию неблагоприятного фактора. Образцы под номерами по

каталогу: № 246-06 (Куов 817, Китай), № 231-09 (Dunnaebueo, Корея), №241-09 (Istigboe, Узбекистан), №175-09 (AA 41816/07 NsicRc 148, Филиппины), № 240-09 (Avangard, Узбекистан), №04-63 (32, Филиппины), № 182-06 (IR-72, Филиппины), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины), № 16-11 (IR 83222-F11-85, Филиппины), №77-06 (IR-72, Филиппины), №93-112 (Tongxi-103, Китай) № 189-06 (IR-72, Филиппины) отличаются меньшей разницей между посевами, чем у стандарта, по длине вегетационного периода.

Продолжительность периода от посева до кущения варьировала в диапазон от 33 до 37 дней в среднем 34,6 дней при посеве 30 апреля, что на 7,5 дней больше, чем при посеве 20 мая. Образцы этой группы характеризовались периодом от посева до всходов от 23 дней до 31 дня, в среднем по группе набора образцов этот период продлился на 26,1 день. Наименьшая разница в 3 дня по длине этого периода была отмечена для образца № 8-07 (IR-72, Филиппины), а наибольшая в 12 дней у образца № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины). В этот период, на 15 сутки, была проведена бальная оценка интенсивности прорастания, которая дает визуальное представление о состоянии посева (табл. 1).

Показатели длины периода от кущения до цветения интересны тем, что в среднем по всем образцам данный период сократился на 1 день при посеве 30 апреля. У 12 образцов в опыте продолжительность данного периода сократилась, а у двух образцов № 93-112 (Tongxi – 103, Китай) и № 93-137 (Pegaso, Италия) осталась без изменений. Максимально данный период снизился у 3-х образцов и составил 5 дней № 246-06 (Куов 817, Китай), № 241-09 (Istigboe, Узбекистан), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины). А на образце № 8-07 (IR-72, Филиппины) увеличился на 11 дней, хоть и в период от посева до кущения разница была минимальной. Можно предположить, что растения разных сроков посева росли при различных температурных условиях, что привело к хаотичному увеличению и снижению периода между двумя сроками. Резюмируя полученные данные, можно сказать, что увеличение вегетационного периода при раннем посеве произошло за счет удлинения периода от посева до кущения, в фенологические фазы прорастание зерновки и появление всходов, группа

образцов посеянных 30 апреля попала в более низкие температурные условия. Следует отметить, что массовые всходы группы образцов раннего посева были зафиксированы на 8 сутки от посева, что на 3 дня больше, чем при посеве 20 мая, массовая всхожесть которых была зафиксирована на 5 сутки от посева. В таблице 1 представлены показатели лабораторного опыта на холодостойкость в сравнении с интенсивность роста проростков, оценка которых была проведена на вегетационной площадке. Также приведены показатели набора биомассы растений (высота растений и площадь листа). Одним из важнейших признаков холодостойкости растения является возможность прорасти как можно быстрее при стрессовых условиях. Лабораторный опыт дает нам это представление, так показатель «скорость прорастания в сутках» показывает сколько потребовалось дней для прорастания зерновок. В качестве стандарта использовали сорт Кубань – 3, которому в среднем потребовалось 4,24 суток для прорастания одной зерновки. Диапазон варьирования был в пределах от 4,18 до 5,74 суток. Меньшее число дней для прорастания зерновок потребовалось образцам № 189-06 (IR-72, Филиппины) и № 93-137 (Pegaso, Италия), их показатель составил 4,18 суток. Показатели образцов № 241-09 (Istigboe, Узбекистан), и № 93-112 (Tongxi – 103, Китай) отстают от стандарта Кубань-3 на 20 %, их балл устойчивости 3, остальные образцы показали балл устойчивости 4 [8].

Показатели длины колеоптеля были в диапазоне от 0,74 до 1,21 см, в среднем по группе растений показатель был 0,93 см. Данный признак дает представление о силе роста семян, в диапазон выше среднего вошли 8 образцов, и у 6 из них колеоптель пророс длиннее чем у стандарта. По данному признаку выделились образцы № 231-09 (Dunnaebueo, Корея), № 175-09 (AA 41816/07 Nsic Rc148, Филиппины), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины), № 93-137 (Pegaso, Италия), по длине колеоптеля они превышали стандарт на 10%, что соответствует баллу 5. У образцов № 04125 (Контакт, Россия), № 182-06 (IR-72, Филиппины), № 93-112 (Tongxi-103, Китай) показатель длины колеоптеля снизился на 20% относительно стандарта, что соответствует баллу 3. Остальные образцы были с баллом устойчивости 4 [8].

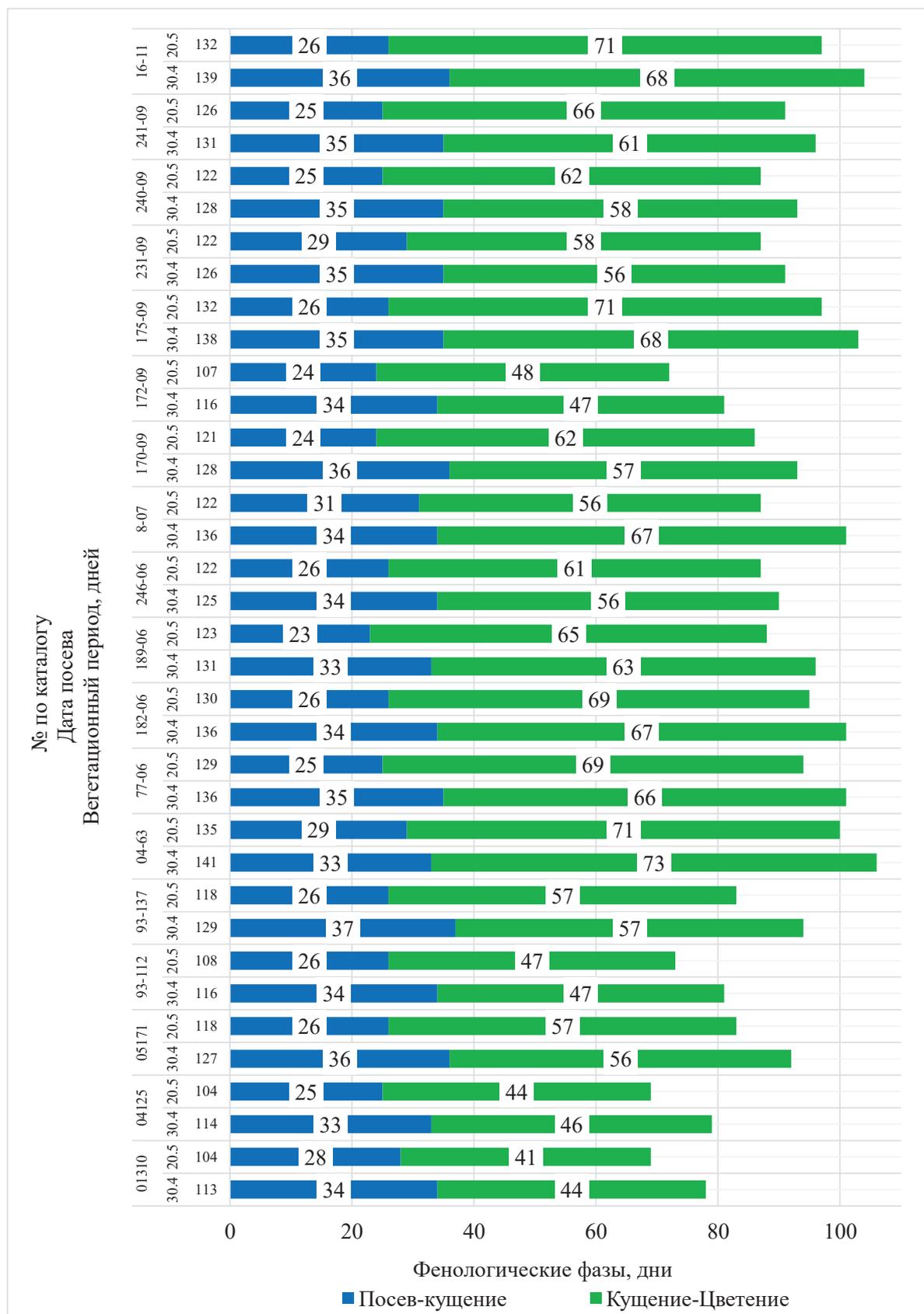


Рисунок 1. Изменчивость вегетационного периода и фенологических фаз у разных генотипов при различных сроках посева

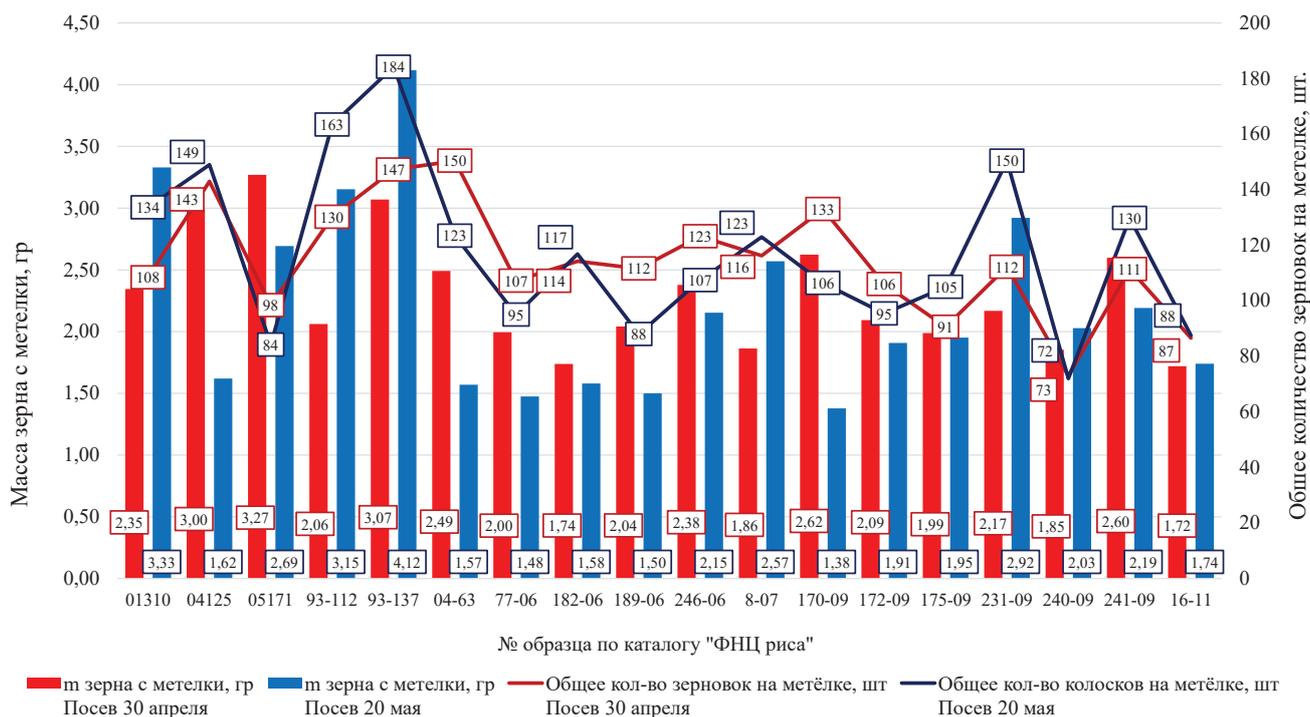


Рисунок 2. Влияние сроков посева на элементы продуктивности различных генотипов

Таблица 1. Результаты влияния пониженных температур на скорость роста и вегетативные органы растений

№ по каталогу	Название образца	Длина колеоптиля, см	Скорость прорастания в сутках	Интенсивность прорастания		Высота растения, см			Площадь флага-листа, см ²		
				30.4	20.5	30.4	20.5	ср. ФВ*	30.4	20.5	ср. ФВ*
01310	Кубань – 3 St.	0,95	4,24	9	9	114	113	113,5	30,4	35,4	32,9
04125	Контакт	0,74	4,54	7	7	94	96	95,0	41,0	36,2	38,6
05171	Neve	0,99	4,73	7	5	85	88	86,5	38,4	33,5	36,0
93-112	Tongxi - 103	0,75	5,74	7	7	85	91	88,0	26,5	29,5	28,0
93-137	Pegaso	1,21	4,18	7	3	86	87	86,5	23,6	31,0	27,3
04-63	032	0,98	4,78	7	5	93	93	93,0	38,0	37,6	37,8
77-06	IR-72	0,85	4,30	7	5	80	93	86,5	32,1	26,9	29,5
182-06	IR-72	0,75	4,96	7	7	81	91	86,0	30,8	29,3	30,1
189-06	IR-72	0,90	4,18	5	7	80	78	79,0	33,8	28,3	31,1
246-06	Kyov 817	0,89	4,36	5	5	80	75	77,5	25,3	33,5	29,4
8-07	IR-72	0,92	4,69	5	3	70	85	77,5	27,6	34,8	31,2

Продолжение таблицы 1

№ по каталогу	Название образца	Длина колеоптиля, см	Скорость прорастания в сутках	Интенсивность прорастания		Высота растения, см			Площадь флага-листа, см ²		
				30.4	20.5	30.4	20.5	ср. ФВ*	30.4	20.5	ср. ФВ*
170-09	IRCTN SKAU-23	1,19	4,72	9	9	116	112	114,0	24,0	32,5	28,3
172-09	IRCTN SKAU-389 (339)	0,94	4,80	9	7	115	112	113,5	34,1	33,0	33,6
175-09	AA 41816/07 N sic Rc 148	1,08	4,42	7	7	80	92	86,0	28,3	39,0	33,7
231-09	Dunnaebueo	1,05	4,72	5	3	84	78	81,0	28,8	34,4	31,6
240-09	Avangard	0,88	5,00	7	9	107	115	111,0	25,6	34,4	30,0
241-09	Istigboe	0,84	5,14	7	9	110	120	115,0	35,1	50,2	42,7
16-11	IR 83222-F11-85	0,77	4,31	7	3	78	93	85,5	30,8	32,8	31,8
	$HCP_{05}=0,8$		$HCP_{05}=0,17$	В среднем по фактору А**		91,0	95,1		30,8	34,0	
Фактор А** – Срок посева								$HCP_{05}=4,88;$	$HCP_{05}=2,44;$		
Фактор В* – Генотип								$HCP_{05}^A=1,15;$	$HCP_{05}^A=0,58;$		
								$HCP_{05}^B=3,45$	$HCP_{05}^B=1,73$		

Показатель интенсивности роста дает представление о скорости роста растений, помимо этого данный признак позволяет судить о густоте всходов, что в совокупности с ранним посевом дает возможность оценить способность растений прорастать в стрессовых условиях. Она определяется на 15 сутки с помощью бальной оценки относительно стандарта, где 1 - низкая, а 9 - высокая интенсивность роста. Наиболее интересные образцы с балом 7 и 9, таковых было 14 из 18 генотипов. Однако у интенсивности роста высокая корреляция с признаком «высота растения» 0,76 при посеве 30 апреля и 0,92 при посеве 20 мая. То есть, корреляция снижается при стрессе, так как лучше растут холодостойкие образцы, которые не всегда характеризуются высоким генотипом. В данном опыте использовались образцы, которые заведомо устойчивы к пониженным температурам, поэтому в таблице отсутствуют образцы с показателями ниже 5 баллов.

Ранний срок посева неблагоприятно сказался на высоте растений. Так, образцы, посеянные 30 апреля, были в диапазоне от 70 до 116 см, в среднем по группе этот показатель составил 91 см, что на 4,1 см ниже, чем высота образцов посеянных 20 мая, в среднем по группе высота растений была 95,1 см в диапазоне от 75 до 120 см. Пониженные температуры при раннем посеве повлияли на площадь листа. Так, 7 генотипов показали и прибавку к площади листовой пластинки от 0,4 см² до 5,5 см², у остальных 11 она снизилась в диапазоне

от 2,0 до 15,1 см², в среднем по группе площадь листа снизилась на 3,2 см². У стандарта этот показатель снизился на 5,0 см².

На графике 2 представлены показатели массы зерна с метелки и общего количества зерновок за два срока посева. При раннем сроке посева (30 апреля) масса зерна с метелки была в диапазоне от 1,72 г (№ 16-11, IR 83222-F11-85, Филиппины) до 3,27 г (№ 05171, Neve, Италия), в среднем по группе образцов этот показатель составил 2,29 г. Масса зерна с метелки у группы образцов, посеянных 20 мая, была ниже на 0,8 г и составляла 2,22 г, варьировала в пределах от 1,38 г (№ 170-09, IRCTN SKAU-23, Филиппины) до 4,12 г (№ 93-137, Pegaso, Италия). При сравнении двух образцов на различных сроках сева наибольший интерес представляют те, которые показывают стабильный или превышавший результат при стрессовых условиях выращивания. По признаку масса зерна с метелки наибольший интерес представляют образцы: № 182-06 (IR-72, Филиппины), № 172-09 (IRCTN SKAU-389 (339), Филиппины), № 246-06 (Куоу 817, Китай), № 241-09 (Istigboe, Узбекистан) № 77-06 (IR-72, Филиппины) № 189-06 (IR-72, Филиппины), № 05171 (Neve, Италия) № 04-63 (32, Филиппины), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины) № 04125 (Контакт, Россия).

Одним из признаков продуктивности считается показатель общего количества зерновок на метелке. На образцах, посеянных 30 апреля, этот показатель варьировал от 73 шт. до 150 шт. а в среднем

по группе он составил 114,50 шт., что на 2,89 шт. меньше, чем при посеве образцов 20 мая, диапазон которых был в пределах от 72 до 184 шт. образцы с положительной разницей при посеве 30 апреля были следующие: № 240-09 (Avangard, Узбекистан), № 172-09 (IRCTN SKAU-389 (339), Филиппины), № 77-06 (IR-72, Филиппины), № 05171 (Neve, Италия) № 246-06 (Kyov 817, Китай) № 189-06 (IR-72, Филиппины) № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины) № 04-63 (32, Филиппины).

Выводы

Таким образом, можно предположить, что ранний посев увеличивает продолжительность вегетационного периода. Однако различные генотипы реагируют на стрессовые условия по-разному, продолжительность жизненного цикла растения может увеличиться на незначительные 3 дня или на 2 недели. Увеличения жизненного цикла образцов, при посеве 30 апреля произошло в период посев – кущение, так как именно в этот период образцы подверглись воздействию пониженных температур. На образцах № 246-06 (Kyov 817, Китай), № 231-09 (Dunnaebueo, Корея), №241-09 (Istigboe, Узбекистан), №175-09 (AA 41816/07 NsicRc 148, Филиппины), № 240-09 (Avangard, Узбекистан), №04-63 (32, Филиппины), № 182-06 (IR-72, Филиппины), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины), № 16-11 (IR 83222-F11-85, Филиппины), №77-06 (IR-72, Филиппины), №93-112 (Tongxi-103, Китай) № 189-06 (IR-72, Филиппины) прибавка по периоду вегетации при раннем сроке посева была ниже стандарта.

В условиях лабораторного опыта образцы срав-

нивали по их способности прорасти при экстремальных условиях, эта способность позволяет получать полноценные всходы с высокой силой роста. Наиболее перспективны образцами по данному признаку является: № 240-09 (Avangard, Узбекистан), № 246-06 (Kyov 817, Китай), №189-06 (IR-72, Филиппины), №8-07 (IR-72, Филиппины), № 172-09 (IRCTN SKAU-389 (339), Филиппины), № 04-63 (32, Филиппины), № 05171 (Neve, Италия), № 231-09 (Dunnaebueo, Корея), № 175-09 (AA41816/07 Nsic Rc 148, Филиппины), № 170-09 (IRCTNSKAU-23, Филиппины), № 93-137 (Pegaso, Италия) они соответствовали стандарту Кубань – 3 по длине coleoptеля и количеству дней для прорастания зерновки.

По показателям продуктивности (массе зерна с метелки и общего количества зерновок на метелке) можно выделить отличавшихся прибавкой по данным признакам № 172-09 (IRCTN SKAU-389 (339), Филиппины), № 77-06 (IR-72, Филиппины), № 05171 (Neve, Италия), № 246-06 (Kyov 817, Китай), № 189-06 (IR-72, Филиппины), № 170-09 (IRCTN SKAU-23, Филиппины) № 04-63 (32, Филиппины).

Анализируя результаты по всем вышеприведенным признакам, выделили 3 образца № 04-63 (32, Филиппины), № 05171 (Neve, Италия), №170-09 (IRCTN SKAU-23 Филиппины). Они характеризуются стабильной продуктивностью: показатели массы зерна с метелки и общего количества зерновок были выше при посеве 30 апреля; вегетационный период был выше на 6–9 дней, что ниже, чем у стандарта; показатели длины coleoptеля и скорости прорастания были на уровне стандарта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, Н. В. Физиологические основы прорастания семян риса и пути повышения их всхожести / Н. В. Воробьев. – Краснодар, 2003. – 116 с.
2. Воробьев, Н. В. Физиологические основы формирования урожая риса / Н. В. Воробьев. – Краснодар, 2013. – 405 с.
3. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. — 2005. — № 6. — С. 49-53.
4. Гуцин, Г.Г. Рис / Г.Г. Гуцин. – М: Сельхозиздат, 1938. – 832 с.
5. Дзюба, В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных/ В.А. Дзюба // Методические рекомендации.- Краснодар, 2007. – 76 с.
6. Зеленский, Г.Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г.Л. Зеленский. - Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.
7. Методические указания по изучению мировой коллекции риса и классификатор рода *Oryza* L. – Ленинград: ВИР, 1982. – 34 с.
8. Скаженник, М. А. Методы физиологических исследований в рисоводстве / М. А. Скаженник, Н. В. Воробьев, О. А. Досеева. – Краснодар, 2009. – 24 с.
9. da Cruz R.P. Breeding for cold tolerance in irrigated rice / R.P. da Cruz, S.C.K. Milach// Ciência Rural. – 2000. – № 30. – P. 909–917.
10. Howden, S. M. Adapting agriculture to climate change/ S. M. Howden, J. F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri et al. // Proceedings of the national academy of sciences. – 2007. – №. 50. – P. 19691-19696.
11. Matlon, P. Impact of rice research in West Africa. / P. Matlon, T. Randolph, R. Guei//In: Impact of rice research. International Rice Research Institute. – 1998. – P. 383–404.
12. Mohanty, S. Rice and climate change: significance for food security and vulnerability/ S. Mohanty, R. Wassmann, A. Nelson et al. // IRRRI discussion paper series № 49. International Rice Research Institute – 2012. – 14 p.
13. Nalley, L. The production, consumption, and environmental impacts of rice hybridization in the United States/ L. Nalley, J. Tack, A. Durand et al. // Agron J. – 2017. – № 109. – P. 193–203.
14. Ranawake, A.L. Cold tolerance of an inbred line population of rice (*Oryza sativa* L) at different growth stages/ A.L.

Ranawake, C. Nakamura // Trop Agric Res Ext – 2011. – № 14. – P. 25–33.

15. Seck, P.A. Crops that feed the world 7: rice / P.A. Seck, A. Diagne, S. Mohanty, M.C.S. Wopereis // Food Secur – 2012. – № 4. – P. 7–24.

REFERENCES

1. Vorobyov, N.V. Physiological bases of rice seed germination and ways to increase their viability / N.V. Vorobyov. - Krasnodar, 2003. - 116 p.
2. Vorobyov, N. V. Physiological bases of rice yield formation / N. V. Vorobyov. - Krasnodar, 2013. - 405 p.
3. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties / A. A. Goncharenko // Herald of RAAS. - 2005. - № 6. - P. 49-53.
4. Gushchin G.G. Rice. - M. - Selkhozizdat, 1938. – 832 p.
5. Dzyuba, V.A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data // Methodical recommendations. Krasnodar, 2007. – 76 p.
6. Zelensky, G.L. Rice: biological foundations of breeding and agricultural technology: monograph / G.L. Zelensky. - Krasnodar: KubSAU, 2016. – 236 p.
7. Guidelines for the study of rice world collection and the classifier of the genus *Oryza* L. Leningrad: VIR, 1982. – 34 p.
8. Skazhennik, M. A. Methods of physiological research in rice growing / M. A. Skazhennik, N. V. Vorobyov, O. A. Doseeva. – Krasnodar, 2009. – 24 p.
9. da Cruz R.P. Breeding for cold tolerance in irrigated rice / R.P. da Cruz, S.C.K. Milach // Ciência Rural – 2000. – № 30. – P. 909–917.
10. Howden, S. M. Adapting agriculture to climate change/ S. M. Howden, J. F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri et al. // Proceedings of the national academy of sciences. – 2007. – №. 50. – P. 19691-19696.
11. Matlon, P. Impact of rice research in West Africa. / P. Matlon, T. Randolph, R. Guei//In: Impact of rice research. International Rice Research Institute. – 1998. – P. 383–404.
12. Mohanty, S. Rice and climate change: significance for food security and vulnerability/ S. Mohanty, R. Wassmann, A. Nelson et al. // IRRI discussion paper series № 49. International Rice Research Institute – 2012. – 14 p.
13. Nalley, L. The production, consumption, and environmental impacts of rice hybridization in the United States/ L. Nalley, J. Tack, A. Durand et al. // Agron J. – 2017. – № 109. – P. 193–203.
14. Ranawake, A.L. Cold tolerance of an inbred line population of rice (*Oryza sativa* L) at different growth stages/ A.L. Ranawake, C. Nakamura // Trop Agric Res Ext. – 2011. – №. 14. – P. 25–33.
15. Seck, P.A. Crops that feed the world 7: rice / P.A. Seck, A. Diagne, S. Mohanty, M.C.S. Wopereis // Food Secur – 2012. – № 4. – P. 7–24.

Семен Александрович Юрченко

Аспирант, научный сотрудник группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур»,

E-mail: mr.senya.yurchenko@mail.ru

Коротенко Татьяна Леонидовна

Руководитель группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур», ведущий научный сотрудник отдела селекции

E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3

E-mail: arri_kub@mail.ru

Semyon A. Yurchenko

Post-graduate student of the USU group «Collection of genetic resources of rice, vegetables and melons»

E-mail: mr.senya.yurchenko@mail.ru

Tatiana L. Korotenko

Head of the USU group «Collection of genetic resources of rice, vegetables and melons» of the breeding department

E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-24-28
УДК 633.18:581

Харитонов Е.М., академик РАН, профессор,
Гончарова Ю.К., д-р биол. наук,
Якунина А.А.,
Симонова В.В., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ДЛИННОЗЕРНЫХ СОРТОВ РИСА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ

В Россию ежегодно импортируется 200 тыс. тонн риса, на это уходит более 6,5 миллиардов рублей. Основная масса импортируемого в Россию риса это длиннозерные сорта различного качества, в том числе средне и высокоамилозные, не разваривающиеся при приготовлении. Максимальна цена на международном рынке высокоамилозного длиннозерного ароматического риса типа Басмати и Жасмин (до 1500 за тонну), что в 2-3 раза выше, чем на производимый в России короткозерный рис. В последние годы российскими селекционерами создан ряд длиннозерных сортов риса (Ивушка, Светлана, Наташа, Злата, Австрал), которые по качеству не уступают зарубежным аналогам, и превосходят ранее созданные отечественные. Себестоимость производства и потенциал продуктивности созданных длиннозерных сортов риса такой же, как у короткозерных (8-10 т/га), выращиваемых в большей части российских хозяйств. Однако для многих отечественных сортов существует проблема их меньшей адаптивности к стрессам и соответственно меньшая урожайность в производственных условиях, что замедляет процесс импортозамещения. Вторая проблема: нет детализированных технологий выращивания сортов этого направления; выращивание их по общепринятым, часто приводит к снижению урожайности.

Ключевые слова: рис, длиннозерный, высокоамилозный, импортозамещение, экспорт, качество риса.

PROSPECTS OF IMPORT SUBSTITUTION OF LONG-GRAIN RICE VARIETIES IN THE DOMESTIC MARKET

200 thousand tons of rice are imported to Russia annually, it costs more than 6.5 billion rubles. The main mass of imported rice in Russia is long-grain varieties of different quality, including medium and high amylose varieties that do not boil during cooking. The maximum price on the international market of high-amylose long-grain aromatic rice such as Basmati and Jasmine (up to 1500 USD/ton), which is 2-3 times higher than that of short-grain rice produced in Russia. In recent years Russian breeders have created a number of long-grain rice varieties (Ivushka, Svetlana, Natasha, Zlata, Austral) which are as good as foreign analogues and are superior to previously created domestic ones. . The production cost and productivity potential of the created long-grain rice varieties is the same as that of the short-grain varieties (8-10 t/ha) grown in most Russian farms. However, for many domestic varieties, there is a problem of their lower adaptability to stresses and correspondingly lower yields under production conditions, which slows down the process of import substitution. The second problem is the lack of detailed technologies for growing varieties of this direction, growing them according to generally accepted, often leads to lower yields.

Key words: Rice, long grain, high amylose, import substitution, export

Введение

Рис является продуктом, как импортируемым в Россию, так и экспортируемым за рубеж, в сопоставимых масштабах. Возможность длительного хранения выводит его из списка продуктов местного потребления и гарантирует значительные объемы международной торговли (9-13 % от показателей мирового производства). В России в 2021 г. показатели внешней торговли рисом в натуральном выражении составили 224,4 тыс. тонн импорта и 211,0 тыс. тонн экспорта [1, 4]. Основными поставщиками риса в Россию являлись Индия (44 %), Пакистан (23 %), Таиланд (16 %) и Вьетнам (12 %). Импорт в Российскую Федерацию, по видам обработки риса, представлен, преимущественно,

шлифованным целым рисом (крупа) – 98,5 %. В структуре импорта риса по типам зерна, преобладают (92,6 %) длиннозерные сорта с отношением длины к ширине (l/b) более 3,0. В Россию завозят длиннозерный рис: пропаренный, низко и высокоамилозный, ароматный типа Басмати и Жасмин. Важно отметить, что цена низкоамилозного (разваривающегося при варке) длиннозерного риса с l/b более 3,0 (421 USD/т) существенно ниже стоимости высокоамилозного длиннозерного риса с l/b >2,0 < 3,0 (790 USD/т) [5]. Вывозят рис из России в основном в Турцию (48 %), Туркмению (11 %), Азербайджан (7 %), Бельгию (6 %). В структуре экспортируемого из РФ риса 52,2 % от общего объема экспорта представлено нешелушенным

рисом (зерном). Зерно риса, преимущественно, вывозилось в следующие страны: Турция – 82,8 %, Ливия – 5,4 %, Испания – 5,1 %, Китай – 4,4 %, Азербайджан – 1,8 %. По видам обработки риса экспорт представлен: нешелушенным (зерном) – 52,2 %, шелушенным – 0,2 %, шлифованным целым (крупа) – 37,1 %, шлифованным дробленным (крупа) – 10,5 %. По типу рисового зерна: длиннозерный (l/b более 3,0) – 0,8 %, среднезерный ($l/b > 2,0 < 3,0$) – 78,3 %, короткозерный – 7,0 % [6].

Крупа из длиннозерных сортов на российском рынке представлена импортной продукцией. Вос требованность ее высока, так как она имеет отличный товарный вид, пригодна для приготовления блюд не только российской, но и азиатской кухни. Однако в настоящее время сортимент российский сортов риса, допущенных к использованию, не содержит достаточного количества длиннозерных сортов.

Цель исследований

Изучить продуктивность и разработать технологии выращивания перспективных длиннозерных образцов риса

Материалы и методы

В качестве материала для исследования послужили длиннозерные сорта российской селекции: Ивушка 4, Светлана 4, Кристалл, Березка, Жемчужина - селекции ООО «Аратай» (участник иннова-

ционного центра Сколково); Рапан, Ивушка, Шарм, Снежинка, Австрал, Злата, Кураж, Хазар – ФНЦ риса; Боярин – АНЦ «Донской». Для разработки технологии выращивания изучали нормы высева от 3 до 9 млн. всхожих зерен на гектар, ширину междурядья (20 и 30 см). Посев проводили в полевых условиях деланками 20 м² в четырехкратной повторности. Реакцию сортов на внесение удобрений изучали при дозах минерального питания N_{90} , N_{120} , N_{150} , N_{180} , N_{210} . Стандарт короткозерный сорт Хазар.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования показали, что потенциал продуктивности длиннозерных сортов практически такой же, как у выращиваемых в России короткозерных (табл. 1, 2).

Однако, для отечественных сортов существует проблема: их меньшая адаптивность к стрессам (биотическим и абиотическим) и соответственно меньшая урожайность в производственных условиях, что замедляет процесс импортозамещения [7-8].

Меньшая адаптивность связана, прежде всего, с их происхождением, они получены при гибридизации сортов отечественной селекции подвиги *japonica* и сортов подвиги *indica* из тропических стран, где реже бывают низко температурные стрессы и резкие перепады температур.

Таблица 1. Результаты государственного сортоиспытания, т/га

Сорт	Абинский район, чистый пар	Абинский район, интенсивная технология, чистый пар	Пролетарский район, многолетние травы	Пролетарский район, пропашные культуры
Ивушка (длиннозерный)	9,2	10,19	7,1	6,0
Боярин (ст)			6,1	5,1
Рапан (ст)	7,38	7,79		
Стандарт (короткозерный)	7,38	7,79	6,1	5,1
Прибавка к стандарту	+1,12	+0,15	+1,0	+0,9
НСР _{0,5}	0,37	0,61	0,17	0,26

Однако при соблюдении технологии выращивания урожайность их не ниже, чем у белозерных. Как при широкорядном (сошники сеялки закрыты

через один), так и узкорядном посеве, на различных фонах минерального питания.

Таблица 2. Разработка технологии выращивания длиннозерных сортов компании ООО «Аратай»

Фон минерального питания	N_{90}	N_{120}	N_{150}	N_{180}	N_{210}	Среднее значение
Широкие междурядья						
Светлана 4 (дл)	90,15	92,80	85,23	86,74	89,77	79,17
Ивушка 4 (дл)	82,58	90,15	90,53	91,29	99,62	78,46
Кристалл (дл)	106,06	116,67	121,97	125,00	124,62	101,80
Березка (дл)	113,64	112,12	119,32	113,64	109,85	102,08
Хазар (короткозерный)	94,70	99,24	85,61	82,58	82,95	85,80
Среднее значение	97,42	102,20	100,53	99,85	101,36	89,46

Продолжение таблицы 2

Узкие междурядья						
Светлана 4(дл)	89,02	99,62	96,21	91,29	89,87	84,06
Ивушка 4 (дл)	82,58	90,91	98,86	97,35	99,60	80,82
Кристалл (дл)	103,41	118,18	122,35	123,11	124,60	98,77
Березка (дл)	103,03	112,12	116,67	99,24	109,90	95,56
Хазар	87,12	88,26	92,80	85,61	83,00	77,99
Среднее значение	93,03	101,82	105,38	99,32	101,39	87,44

Технологии выращивания большинства длиннозерных сортов не разработаны, для них характерны сокращение нормы высева, более широкие междурядья, изменение доз и сроков внесения удобрений. Максимальную урожайность длиннозерные сорта

формируют при широкорядном посеве, так как при этом увеличивается продуваемость посевов и снижается инфекционный фон. Формируется мощная корневая система растений, снижается затенение нижних ярусов листьев (рис. 1).

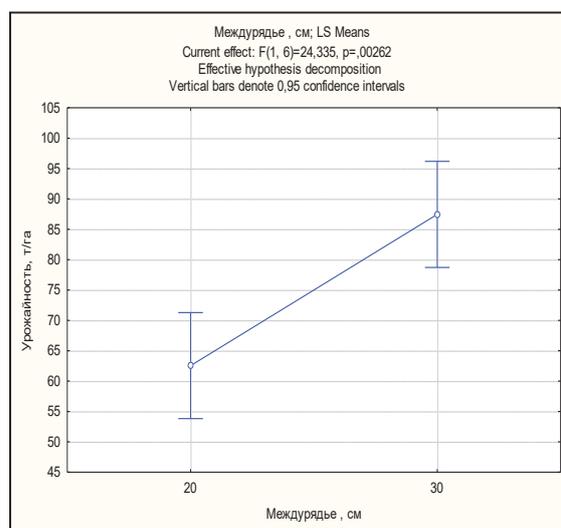
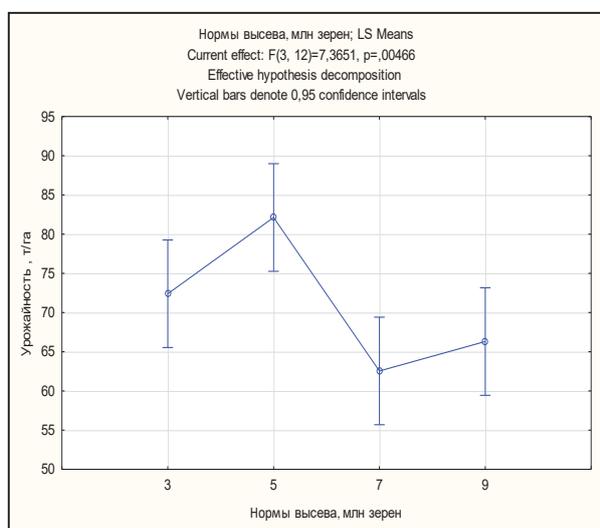


Рисунок 1. Урожайность длиннозерных сортов при различных технологиях выращивания

В последние годы созданы различные длиннозерные сорта, как раннеспелые, среднеспелые, так и позднеспелые. Устойчивые и средне устойчивые к пирикулярриозу сорта приведены в таблице 3 [7, 8].

Устойчивые и средне устойчивые к пирикулярриозу сорта приведены в таблице 3 [7, 8].

Таблица 3 . Показатели качества длиннозерных сортов

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Отношение длины зерновки к ширине	Стекловидность %	Трещинноватость %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
Снежинка	24	3,3	76	10	70,5	80
Шарм	20,5	3,3	96	12	64	85
Австрал	22,4	3,5	91	8	67,6	89,0
Злата	24,7	3,8	89	12	67,7	72,9
Ивушка 4*	25,4	3,5	98	2	70,5	93
Светлана 4*	24,2	3,6	98	5	70	86
Кристалл*	25,2	3,2	97	15	72,1	94
Березка*	25,1	3,2	97	12	70	87
Жемчужина*	26	3,2	98	3	72	92
Кураж стандарт	24,6	2,9-3	97	15	69	90

* - выделены сорта ООО «Аратай»

Выводы

1. Себестоимость производства и потенциал продуктивности созданных длиннозерных сортов риса такой же, как у короткозерных.

2. Для многих отечественных длиннозерных сортов существует проблема их меньшая адаптивность к стрессам, что надо учитывать при планировании технологии их выращивания для получения максимальной урожайности в производственных условиях.

3. Необходимы более детализированные технологии выращивания сортов этого направления; выращивание их по общепринятым часто приводит к

снижению урожайности.

4. В России необходимо предусмотреть регулирование цены на длиннозерный рис для повышения его привлекательности для производителей.

5. Без таможенных барьеров зарубежный длиннозерный рис создает серьезную конкуренцию производителям отечественного длиннозерного риса.

6. Для решения проблемы импортозамещения длиннозерного риса необходима государственная комплексная программа. Такие сорта риса есть. Необходимо их размножение и материальная заинтересованность производителей и переработчиков товарного зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю.К. Особенности сортов риса (*Oryza sativa* L.) для органического земледелия в связи с развитием методов маркерной селекции (обзор) / Ю.К. Гончарова, Е.М. Харитонов, Н.А. Очкас, Н.И. Гапишко, Н.Н. Нещадим // Сельскохозяйственная биология. - 2020. -Т. 55. - № 5. - С. 847-860.

2. Гончарова, Ю.К. Повышение экспортного потенциала России и импортозамещение длиннозерных и крупнозерных сортов риса на российском рынке / Ю.К. Гончарова, Е.М.Харитонов, Н.И. Гапишко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2019. - № 80. - С. 98-103.

3. Гончарова, Ю.К. Теоретические и методологические основы создания внутреннего и внешнего рынков сортов риса государственного аграрного университета. / Ю.К. Гончарова, Е.М.Харитонов, Н.И. Гапишко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 84. - С. 135-140.

4. Гончарова, Ю.К. Технологические основы защиты сельскохозяйственных растений от болезней на примере риса/ Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Н.А. Очкас //Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 84. - С. 141-146.

5. Госпадинова, В.И. Обзор Российского рынка, 2016 г. / В.И. Госпадинова // Рисоводство. – Краснодар, 2017. – Вып. 2 (35). – С. 78–83.

6. Зеленский, Г.Л. К проблеме создания и внедрения высококачественных длиннозерных сортов риса // Г.Л. Зеленский, Н.Г. Туманьян, О.В. Зеленская, Н.В. Остапенко, А.А. Кочубей Агроснабфорум. – Краснодар, 2015. - № 11 (139). – С. 62 – 66.

7. Зеленский, Г.Л. Новый длиннозерный сорт риса Злата / Г.Л. Зеленский, А.Г. Зеленский, Н.Г. Туманьян, Т.А. Ромащенко, Ю.В. Ткаченко // Рисоводство. – Краснодар, 2018. – № 2 (39). – С. 38-42.

8. Зеленский, Г.Л. Проблема выращивания длиннозерных сортов риса в Краснодарском крае/ Г.Л. Зеленский, А.Г. Зеленский // Каталог сортов риса. Сорта и гибридов овощных и бахчевых культур, 2012.– Вып. 1 (20). – С. 23-27.

9. Очкас, Н.А. Разработка агротехники сортов риса при возделывании в условиях краснодарского края / Н.А. Очкас, О.А. Брагина, Ю.К. Гончарова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 85. - С. 172-177.

10. Харитонов, Е.М. Перспективные направления селекции риса для увеличения экспортного потенциала России/ Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова // В сборнике: Состояние и перспективы развития аграрной науки в условиях изменяющегося климата. Материалы международной научно-практической конференции. министерство науки и высшего образования Российской Федерации. - 2019. - С. 158-165.

11. Харитонов, Е.М. Роль высоко маржинальных продуктов в повышении экспортного потенциала России/ Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, Е.А. Малюченко // В сборнике: Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Материалы Международной научно-практической конференции с элементами школы молодых ученых, 2019. - С. 10-13.

REFERENCES

1. Goncharova, Yu.K. Features of rice varieties (*Oryza sativa* L.) for organic farming in connection with the development of marker selection methods (review) / Yu.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, N.A. Ochkas, N.I. Gapishko, N.N. Neschadim // Agricultural Biology. - 2020. -Vol. 55. - № 5. - P. 847-860.

2. Goncharova, Yu.K. Increasing the export potential of Russia and import substitution of long-grain and large-grain rice varieties on the Russian market / Yu.K. Goncharova, E.M.Kharitonov, N.I. Gapishko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2019. - № 80. - P. 98-103.

3. Goncharova, Yu.K. Theoretical and methodological foundations for the creation of internal and external markets of rice varieties of the State Agrarian University. / Yu.K. Goncharova, E.M.Kharitonov, N.I. Gapishko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2020. - № 84. - P. 135-140.

4. Goncharova, Yu.K. Technological fundamentals of protection of agricultural plants from diseases on the example of rice / Yu.K. Goncharova, O.A. Bragina, N.A. Ochkas // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2020. - №

84. - P. 141-146.

5. Gospadinova, V.I. Overview of the Russian market, 2016 / V.I. Gospadinova // Rice growing. – Krasnodar, 2017. – Issue 2 (35). – P. 78-83.

6. Zelensky, G.L. On the problem of creating and introducing high-quality long-grain rice varieties // G.L. Zelensky, N.G. Tumanyan, O.V. Zelenskaya, N.V. Ostapenko, A.A. Kochubey Agrosnabforum. – Krasnodar, 2015. - № 11 (139). – P. 62-66.

7. Zelensky, G.L. A new long-grain variety of rice Zlata / G.L. Zelensky, A.G. Zelensky, N.G. Tumanyan, T.A. Romashchenko, Yu.V. Tkachenko // Rice growing. – Krasnodar, 2018. – № 2 (39). – P. 38-42.

8. Zelensky, G.L. The problem of growing long-grain rice varieties in the Krasnodar Territory/ G.L. Zelensky, A.G. Zelensky // Catalog of rice varieties. Varieties and hybrids of vegetable and melon crops, 2012. – Issue 1 (20). – P. 23-27.

9. Ochkas, N.A. Development of agrotechnics of rice varieties under cultivation in the conditions of the Krasnodar Territory / N.A. Ochkas, O.A. Bragina, Yu.K. Goncharova // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2020. - № 85. - P. 172-177.

10. Kharitonov, E.M. Promising directions of rice breeding to increase the export potential of Russia/ E.M. Kharitonov, Y.K. Goncharova // In the collection: The state and prospects of agricultural science development in a changing climate. Materials of the international scientific and practical conference. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 2019. - P. 158-165.

11. Kharitonov, E.M. The role of high-margin products in increasing the export potential of Russia/ E.M. Kharitonov, Y.K. Goncharova, E.A. Malyuchenko //In the collection: Scientific priorities of adaptive intensification of agricultural production. Materials of the International Scientific and Practical Conference with elements of the school of Young Scientists, 2019. - P. 10-13.

Евгений Михайлович Харитонов

Академик РАН, профессор
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет им.И.Т.Трубилина»,
350044, Россия, Краснодар, ул. Калинина, 13
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Evgeny Mikhailovich Kharitonov

Academician of the Russian Academy
of Sciences, professor
FSBEI of Higher Education “Kuban State
Agrarian University named after I. T. Trubilin”,
13, Kalinina st., Krasnodar, Russia, 350044
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Юлия Константиновна Гончарова

Заведующая лабораторией генетики и
гетерозисной селекции
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru
(ООО «Аратай»)

Julia Konstantinovna Goncharova

Head of the laboratory of genetics
and heterosis selection
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru
(Aratay LLC)

Анжела Анатольевна Якунина

Научный сотрудник лаборатории генетики
и гетерозисной селекции
svetlana.vereshagina2013@yandex.ru

Anjela Anatolievna Iakunina

Researcher at the Laboratory of Genetics
and Heterotic Breeding
svetlana.vereshagina2013@yandex.ru

Виктория Васильевна Симонова

Старший научный сотрудник
лаборатории генетики
гетерозисной селекции
E-mail: viktoriasimonovaa@mail.ru

Victoria Vasilievna Simonova

Senior Researcher of laboratory genetic
and heterosis selection
E-mail: viktoriasimonovaa@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre
3, Belozerny, Krasnodar, Russia, 350921
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-29-34
УДК 631. 527: 633. 15

Новичихин А.П.,
Земцев А.А.,
Федорова А.А.,
Лемешева А.В.
г. Краснодар, Россия

АНАЛИЗ ОБЩЕЙ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ ПО УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА.

В статье приводятся данные анализа общей комбинационной способности 48 новых ранне-спелых инбредных линий, по признаку урожайности зерна методом топкроссных скрещиваний. Тестерами служили 9 простых гибридов, отличавшихся по периоду вегетации, а также относящихся к различным гетерозисным группам. В результате проведенных скрещиваний было получено 178 тесткроссных гибридов, разделенных на 3 топкроссные группы. Климатические условия в годы проведения опытов имели значительные отличия, что повлияло на результаты опытов. В результате проведенного анализа были выделены линии, обладающие наиболее высокими и стабильными показателями эффекта ОКС, во все года исследований: в первой группе линия Лн0713, во второй группе линия Лн0685, и в третьей – линия Лн0626. Выделившиеся новые инбредные линии также имели высокий показатель урожайности зерна, что позволяет рекомендовать их для широкого применения не только как исходный материал для создания новых высокогетерозисных двойных и трехлинейных гибридов, но и для улучшения тех или иных признаков у уже имеющихся распространенных гибридов. Остальные же линии, представленные в опыте, имели менее стабильные показатели эффекта ОКС при высоких значениях урожайности зерна в отдельные годы исследований, что позволяет использовать их только при соблюдении высокого уровня агротехники.

Ключевые слова: эффекты (окс), кукуруза, линия, гибрид, тестер, тесткроссы, комбинационная способность.

ANALYSIS OF THE GENERAL COMBINATION ABILITY OF NEW SELF-POLLINATED LINES IN GRAIN YIELD.

The article presents data on the analysis of the total combination ability of 48 new early-ripening inbred lines, based on grain yield, by the method of top-cross crossings. The testers were 9 simple hybrids, which differed in the growing season, as well as belonging to different heterotic groups. As a result of the crosses, 178 test-cross hybrids were obtained, divided into 3 top-cross groups. The climatic conditions during the years of the experiments had significant differences, which affected the results of the experiments. As a result of the analysis, the lines with the highest and most stable indicators of the GSA effect were identified in all years of research: in the first group, line Лн0713, in the second group, line Лн0685, and in the third group, line Лн0626. The emerging new inbred lines also had a high grain yield, which makes it possible to recommend them for widespread use not only as a starting material for creating new highly heterotic double and three-line hybrids, but also for improving certain traits in existing, common hybrids. The rest of the lines presented in the experiment had less stable indicators of the GSA effect, with high grain yields in certain years of research, which allows them to be used only if a high level of agricultural technology is observed.

Keywords: effect (gca), corn, line, hybrid, tester, testcross, combining ability.

Введение

При выведении гетерозисных урожайных гибридов кукурузы основную роль играет правильный подбор родительских пар – самоопыленных (инбредных) линий. В связи с тем, что инбредные линии обладают высокими показателями комбинационной способности, есть возможность их широкого применения не только как исходный материал для создания новых высокогетерозисных гибридов, но и для улучшения тех или иных признаков у уже имеющихся, распространенных гибридов [11].

Как известно, одним из основных критериев

оценки той или иной самоопыляющейся линии является ее способность давать в скрещиваниях высокогетерозисное гибридное потомство. Принято различать два типа комбинационной способности: общую и специфическую. Общая комбинационная способность (ОКС) линий — это способность давать гетерозисные гибриды при скрещивании с различными генотипами в независимости от их наследственных достоинств. Специфическая же комбинационная способность (СКС) определяется только по отношению к конкретной родительской форме или к определенному генотипу, который ха-

рактически характеризуется какими-то конкретными свойствами [2, 3, 4, 8].

ОКС линии ныне определяется эмпирически по урожаю гибридов, полученных от скрещивания этой линии с тестерами, далее, по урожайности гибридов от парных скрещиваний с другими линиями определяется СКС. По результатам скрещивания подбираются лучшие гетерозиготные гибридные комбинации [7, 9, 10].

Впоследствии простые и двойные гибриды с высокой продуктивностью стали использоваться для создания новых самоопыленных линий с высокими ОКС и СКС [1, 5, 6].

Цели исследований

Определить общую комбинационную способность новых раннеспелых инбредных линий по признаку урожайности зерна.

Материалы и методы

В качестве исходного материала, в наших исследованиях использовали 48 новых самоопыленных линий кукурузы, созданных в отделе селекции и семеноводства кукурузы в «НЦЗ им П. П. Лукьяненко».

При создании гибридов применялся метод тест-кроссов, в качестве тестеров использовались простые гибриды. Все тестеры различались по периоду вегетации, а также относились к различным гетерозисным группам.

При скрещивании весь материал был поделен на 3 блока по 3 тестера в каждом. Скрещивание проводили в 2015 году в селекционном питомнике отдела.

Основной целью опыта стало определение общей комбинационной способности линий, для чего при скрещивании, каждая линия скрещивалась минимум с тремя тестерами различных гетерозисных групп.

Результатом данного опыта стало получение 178

трехлинейных гибридов.

Поскольку анализ комбинационной способности является неотъемлемой частью испытаний нового исходного материала, был проведен анализ ОКС всего набора новых самоопыленных линий. Таким образом, было проведено скрещивание 48 новых линий девятью гибридами-тестерами. Каждая линия была скрещена с тремя различными по гетерозисным группам тестерами.

В результате проведенных скрещиваний было получено 178 тесткроссных гибридов, разделенных на 3 топкроссные группы.

В первую топкроссную группу входило 20 новых самоопыленных линий и 3 тестера, в результате было получено 60 тесткроссных гибридов, во вторую группу входило 21 линия с тремя тестерами, и получено 63 тесткроссов, в третью входило 18 линий с тремя тестерами, получено 54 тесткросса.

Результаты и обсуждение

Дисперсионный анализ комбинационной способности родительских форм топкроссных скрещиваний показывает, что на результаты опытов оказывали влияния не только генетические взаимодействия, но и сложившиеся условия выращивания (табл. 1).

По результатам дисперсионного анализа по признаку «урожайность зерна» полученных тесткроссов видно, что отношение между показателями средних квадратов (ms) ОКС и СКС в большинстве случаев превышает единицу. Данное обстоятельство свидетельствует о преобладании вклада аддитивных эффектов над неаддитивными. В то же время, высокие показатели средних квадратов СКС свидетельствуют о высокой значимости влияния неаддитивных генетических эффектов в показателе комбинационной ценности полученных тесткроссов.

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности топкроссных групп, 2016–2018 гг.

Источник вариации	ОКС _{линий}	ОКС _{тестеров}	СКС	Остаточная	$ms_{\text{ОКС линий}}/ms_{\text{СКС}}$	$ms_{\text{ОКС тестеров}}/ms_{\text{СКС}}$	
1 топкроссная группа							
Число степеней свободы	19	2	38	118	-	-	
Средние квадраты	2016	65,1	0,6	19,8	9,3	3,3	0,2
	2017	70,5	426,9	60,9	6,4	1,2	7,0
	2018	51,7	94,1	72,5	1,1	0,7	1,3
2 топкроссная группа							
Число степеней свободы	20	2	40	124	-	-	
Средние квадраты	2016	83,0	30,4	33,9	3,7	2,4	0,9
	2017	165,6	1079,8	114,9	5,7	1,4	9,4
	2018	145,8	222,1	94,0	1,0	1,6	2,4

Продолжение таблицы 1

Источник вариации	ОКС _{линий}	ОКС _{тестеров}	СКС	Остаточная	$ms_{\text{ОКС линий}}/ms_{\text{СКС}}$	$ms_{\text{ОКС тестеров}}/ms_{\text{СКС}}$
3 топкроссная группа						
Число степеней свободы	17	2	34	106	-	-
Средние квадраты	2016	59,6	99,8	63,8	2,9	0,9
	2017	176,4	2110,4	98,7	2,1	1,8
	2018	269,3	168,5	73,8	0,6	3,7
$(F_{\text{факт.}} > F_{0,05})$						

Генотипические различия, а также разница в погодных условиях – все это имеет влияние на результаты опытов по определению ОКС новых линий в топкроссных скрещиваниях. Так, некоторые из лучших по общей комбинационной способности самоопыленные линии первой топкроссной группы, например Лн0693, Лн0602, имели некоторые различия в данном показателе в разные годы испытания (табл. 2). Так, линия Лн0602 имела показатели ОКС: 6,5 / 1,1 / 2,6, в 2016, 2017 и 2018 годах

соответственно.

Невзирая на этот факт, представленные в таблице линии имели достаточно высокий показатель ОКС, при достаточно высокой урожайности зерна. В частности, линии Лн0713 и Лн0720 имели высокие и стабильные показатели ОКС, во все года исследований. Так, значения ОКС линии Лн0713 за 3 года составили: 6,2 / 10,1 / 6,4. Высоким у данной линии был так же показатель урожайности зерна за 3 года испытаний: 54,4 ц/га; 60,7 ц/га; 27,1 ц/га.

Таблица 2. Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 1 топкроссной группы, в 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0713	6,2	10,1	6,4	54,4	60,7	27,1
Лн0720	8,5	10,2	3,8	56,7	60,8	24,5
Лн0693	4,1	5,6	1,6	52,3	56,8	22,3
Лн0667	4,5	2,4	3,3	52,7	52,9	24,1
Лн0602	6,5	1,0	2,6	54,7	51,6	23,1
Лн008	5,6	3,2	2,4	53,8	53,7	23,1
НСР	3,4	2,8	1,1			
Среднее				54,1	56,0	24,1

Примечание: тестеров -3: (Кр714627м x Лн008), (Лн0159 x Лн0614), (Лн0479 x Лн0159); Линий-20 Тесткроссов – 60.

Представленные в таблице 3 новые линии имели самые высокие показатели ОКС во второй топкроссной группе, за 3 года исследований. Из представленных результатов видно, что все линии данной группы имели высокие и стабильные по годам показатели ОКС. Высоким и стабильным у всех линий был также показатель «урожайность зерна».

Например, линия Лн0685, имела эффекты ОКС 7,4 / 18,7 / 5 в 2016, 2017 и 2018 гг. исследований соответственно. Урожайность данной линии также была высокой, и составляла: 57,3 ц/га, 68,6 ц/га, и 29,4 ц/га. Данное обстоятельство свидетельствует о высокой селекционной ценности новых линий и позволяет использовать их для нахождения новых, высокопродуктивных гибридных комбинаций.

Таблица 3. Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 2 топкроссной группы, в 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0685	7,5	18,8	5,0	57,7	68,6	29,4

Продолжение таблицы 3

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0613	7,5	9,4	8,6	57,7	59,2	33,0
Лн0720	7,9	4,9	11,5	58,2	54,7	35,9
Лн0634	6,9	9,6	6,8	57,2	59,5	31,3
Лн0605	9,3	4,1	8,1	59,6	54,0	32,5
Лн0608	4,7	5,3	9,8	54,9	55,1	34,2
НСР	2,1	2,7	1,1			
Среднее				57,6	58,5	32,7

Примечание: тестеров -3: (Кр752м x Лн0684), (Лн0711 x Лн008), (Кр742м x Лн0716); Линий-21; Тесткроссов – 63

Лучшие по ОКС новые самоопыленные линии третьей топкроссной группы представлены в таблице 4. Все приведенные линии, кроме линии Лн0724, показывают высокие и стабильные значения ОКС, на фоне высокой урожайности зерна. Показатель ОКС у линии Лн0626 имел вариабельность по годам, и составил 7,7 / 20,3 / 18,9 по годам соответственно.

Подобный разброс показателя ОКС можно связать с различиями в условиях, сложившихся в разные годы исследований. Несмотря на это, данная линия имела высокие показатели по урожайности во все годы изучения: 56,5 ц/га, 70,1 ц/га, и 43,6 ц/га. Данная линия может быть широко использована в более сложных скрещиваниях.

Таблица 4. Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 3 топкроссной группы, в 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0626	7,7	20,3	18,9	56,5	70,1	43,6
Лн0613	5,9	9,0	14,7	54,7	58,8	39,4
Лн0633	6,6	3,3	14,2	55,4	53,1	39,0
Лн0711	3,9	6,3	11,7	52,8	56,1	36,4
Лн0724	1,9	4,7	1,1	50,7	54,6	25,8
НСР	1,9	1,6	0,9			
Среднее				54,0	58,5	36,8

Примечание: тестеров -3: (Лн0823 x Лн070), (Лн0627 x Лн0728), (Кр627м x Лн0699); Линий-18, Тесткроссов – 54

Особое внимание обращает на себя линия Лн0613, которая проходила тестирование и во второй топкроссной группе. В каждом из испытаний данная линия показала высокие и стабильные по годам значения ОКС, что свидетельствует о высокой гетерозисной ценности этой линии.

Поскольку тестеры являются основными компонентами будущих гибридов, они должны обладать высокой комбинационной способностью, урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды. В таблице 5

представлены результаты анализа комбинационной способности простых гибридов по признаку «урожайность зерна», использованных в качестве тестеров-анализаторов в топкроссных скрещиваниях. Как видно из представленных данных, высокими и стабильными показателями ОКС обладали лишь некоторые тестеры: (Лн0479 x Лн0159), (Лн0711 x Лн008), (Лн0823 x Лн070). Данные гибриды имеют высокий потенциал в качестве родительских форм при их использовании в получении высокоурожайных гибридов.

Таблица 5. Значения ОКС тестеров по показателю урожайности зерна, в 2016–2018 гг.

Тестер	Эффекты ОКС			Вариансы СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
(Кр714627м х Лн008)	0,1	-5,3	-0,8	8,1	23,3	50,2
(Лн0159С х Лн0614)	-0,2	2,8	-1,7	5,5	35,9	47,5
(Лн0479 х Лн0159)	0,2	2,5	2,5	-0,1	44,7	44,9
(Кр752м х Лн0684)	-0,3	-3,3	-2,5	14,5	38,8	46,4
(Лн0711 х Лн008)	1,3	8,2	3,7	17,9	88,4	72,9
(Кр742м х Лн0716)	-1,0	-4,9	-1,2	25,0	86,3	65,8
(Лн0823 х Лн070)	2,7	12,5	3,1	39,8	60,5	60,7
(Лн0627 х Лн0728)	-1,3	-5,3	-3,0	17,5	37,3	24,9
(Кр627м х Лн0699)	-1,4	-7,2	-0,1	62,1	93,5	60,3

Остальные же тестеры имели очень низкие показатели ОКС. Из литературных источников следует, что подобные тестеры более пригодны для оценки линий по комбинационной способности. Высокоурожайные тестеры дают худшие результаты, чем менее урожайные, поскольку первые маскируют результаты за собственными высокими показателями, а вторые дают четкие различия исследуемых линий по общей комбинационной ценности.

Выводы

При проведении анализа показателей общей комбинационной способности и вариантов специфической комбинационной способности всего набора новых самоопыленных линий методом тесткроссного скрещивания, были выделены наиболее ценные для гетерозисной селекции линии. Линии Лн0713, Лн0685 и Лн0626 имели наиболее высокие и стабильные показатели эффекта ОКС во все годы исследований, а также, высокие показатели урожайности зерна. Учитывая эти факты, считаем возможным рекомендовать данные линии в двойных и трехлинейных скрещиваниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев, Ф. Х. Комбинационная способность образцов кукурузы по элементам продуктивности / Ф. Х. Абдуллаев // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 6. – С. 14-16.
2. Беседа, Н.А. Комбинационная способность сорго зернового в системе диаллельных скрещиваний / Н.А. Беседа, П.И. Костылев, С.И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – 2009. – №1. – С. 14-17.
3. Гульняшкин, А. В. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы в топкроссных скрещиваниях / А. В. Гульняшкин, И. Р. Люлюк, А. А. Земцев, Е. В. Шкарбутко // Приоритеты современной науки: актуальные исследования и направления: сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. – Москва, 2021. – С. 151-155.
4. Новичихин, А. П. Изучение комбинационной способности новых раннеспелых линий кукурузы / А. П. Новичихин, Н. А. Лемешев, А. В. Гульняшкин // Рисоводство. – 2019. – № 1(42). – С. 54-57.
5. Мадякин, Е. В. Подбор исходного материала для создания гибридов кукурузы, адаптированных к условиям Среднего Поволжья: специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Мадякин Евгений Викторович. – Безенчук, 2009. – 111 с.
6. Пакудин, В.З. Оценка комбинационной способности линии кукурузы в диаллельных и анализирующих скрещиваниях: автореф. дис. канд. с.-х. наук / В.З. Пакудин. – Краснодар, 1972. – 26 с.
7. Пакудин, В.З. Оценка комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях / В.З. Пакудин // Сб. науч. тр. КНИИСХ. – Краснодар, 1977. – Вып.4. – С. 141-146.
8. Перевязка, Д. С. Изучение общей комбинационной способности новых раннеспелых и средне-ранних автодиплоидных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Д. С. Перевязка, Н. И. Перевязка, А. И. Супрунов // Рисоводство. – 2021. – № 1(50). – С. 43-48.
9. Ramadan, A. S. A. Genetic Analysis of Combining Ability and Gene Action of Yield and Its Components in Maize (*Zea Mays* L.) Using Full Diallel Cross / A. S. A. Ramadan, F. H. Mukhlif, B. F. Najm // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – P. 1241-1256.
10. Troyer, A. F. Persistent and popular germplasm in seventy centuries of corn evolution // Corn: Origin, History, and Production. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. – 2004. – P. 133-231.
11. Troyer, A.F. Temperate Corn: background, behavior, and breeding. «Specialty Corns». Ed. A.R. Hallauer (second edition), CRC Press – USA, 2000. – P. 393-466.

REFERENCES

1. Abdullaev, F. Kh. Combining ability of maize samples by productivity elements / F. Kh. Abdullaev // Corn and sorghum. – 2003. – № 6. – P. 14-16.

2. Conversation, N.A. Combining ability of grain sorghum in the system of diallel crosses / N.A. Conversation, P.I. Kostylev, S.I. Gorpichenko // Grain economy of Russia. - 2009. - № 1. - P. 14-17.
3. Gulnyashkin, A. V. Evaluation of the combination ability of new maize lines in topcross crosses / A. V. Gulnyashkin, I. R. Lyuluk, A. A. Zemtsev, E. V. Shkarbutko // Priorities of modern science: current research and directions: collection of scientific papers based on materials of the II International Scientific and Practical Conference. - Moscow, 2021. - P. 151-155.
4. Novichikhin, A.P. Studying the combination ability of new early ripe maize lines, / A.P. Novichikhin, N.A. Lemeshev, A.V. Gulnyashkin // Rice Growing. - 2019. - № 1 (42). - P. 54-57.
5. Madyakin, E. V. Selection of source material for the creation of corn hybrids adapted to the conditions of the Middle Volga region: specialty 06.01.05 "Breeding and seed production of agricultural plants": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Evgeny Viktorovich Madyakin. - Bezenchuk, 2009. - 111 p.
6. Pakudin, V.Z. Evaluation of the combination ability of the maize line in diallelic and analyzing crosses: author. dis. cand. s.-x. Sciences / V.Z. Pakudin. - Krasnodar, 1972. - 26 p.
7. Pakudin, V.Z. Evaluation of the combination ability of self-pollinated maize lines in diallel crosses / V.Z. Pakudin // Sat. scientific tr. KNIISH. - Krasnodar, 1977. - Issue 4. - P. 141-146.
8. Ligation, D. S. Studying the general combining ability of new early-ripening and mid-early autodiploid maize lines in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory / D. S. Ligation, N. I. Ligation, A.I. Suprunov // Risovodstvo. - 2021. - № 1 (50). - P. 43-48.
9. Ramadan, A. S. A. Genetic Analysis of Combining Ability and Gene Action of Yield and Its Components in Maize (*Zea Mays* L.) Using Full Diallel Cross / A. S. A. Ramadan, F. H. Mukhlif, B. F. Najm // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. - 2021. - P. 1241-1256.
10. Troyer, A. F. Persistent and popular germplasm in seventy centuries of corn evolution // Corn: Origin, History, and Production. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. - 2004. - P. 133-231.
11. Troyer, A.F. Temperate Corn: background, behavior, and breeding. «Specialty Corns». Ed. A.R. Hallauer (second edition), CRC Press – USA, 2000. - P. 393-466.

Андрей Петрович Новичихин

Аспирант, младший научный сотрудник
E-mail: aridan76@gmail.com
8(929)835 13 03

Andrey Petrovich Novichikhin

PhD student, junior researcher
E-mail: aridan76@gmail.com
8 (929) 835 13 03

Андрей Александрович Земцев

Аспирант, младший научный сотрудник
E-mail: zemcev.1996@mail.ru

Andrey Alexandrovich Zemtsev

PhD student, junior researcher
E-mail: zemcev.1996@mail.ru

Алла Александровна Федорова

Младший научный сотрудник
E-mail: allafedorova1996@gmail.com
8(918)113 70 38

Alla Alexandrovna Fedorova

Junior researcher
E-mail: allafedorova1996@gmail.com
8(918)113 70 38

Анжелика Вячеславовна Лемешева

Лаборант-исследователь
E-mail: nikolaleshev@mail.ru
8(989)282 22 58

Anzhelika Vyacheslavovna Lemesheva

Research laboratory assistant
E-mail: nikolaleshev@mail.ru
8(989)282 22 58

Все: ФГБНУ «Национальный центр
зерна имени П.П. Лукьяненко»,
350012, г. Краснодар, Центральная усадьба
КНИИСХ

All: FSBSI National Grain Center P.P. Lukyanenko
Central estate of KNIISH,
Krasnodar, 350012, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-35-40
УДК 631. 527: 633. 15

Гульняшкин А.В. канд. с.-х. наук,
Новичихин А.П.,
Шкарбутко Е.В.
г. Краснодар, Россия.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ НОВЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В статье приводятся данные оценки экологической стабильности и пластичности новых 69 топкроссных гибридов кукурузы селекции ООО ИПА «Отбор», по признаку урожайности. Оценка проводилась методом регрессионного анализа, предложенным Эберхартом и Расселом, в двух экологических пунктах: ООО ИПА «Отбор» (Кабардино-Балкарская республика) и НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (г. Краснодар), в 2015 – 2017 гг. В результате оценки экологической пластичности и стабильности были выделены перспективные высокоурожайные гибриды: (Лг001 x Лг002) x Лг007- обладающий высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания, и (Лг001 x Лг002) x Лг003 – имеющий стабильно высокие значения урожайности зерна вне зависимости от агротехнических и климатических условий. С помощью графиков наглядно показана степень реакции гибридов на изменение условий выращивания: линия регрессии урожайности гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг007 имеет высокий угол наклона по отношению к линии средней, что говорит о значительных изменениях урожайности зерна в различных агроклиматических условиях. Линия регрессии гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг003 располагается практически параллельно относительно средней по опыту, что свидетельствует о высокой стабильности урожайности гибрида, и слабой отзывчивости на изменение условий возделывания. В результате оценки фенотипической стабильности были выделены гибриды, наиболее стабильные по урожайности, в условиях различных экологических условиях: (Лг006 x Лг001) x Лг012, (Лг001 x Лг002) x Лг016, (Лг001 x Лг002) x Лг013. Самым не стабильным показал себя гибрид (Лг001 x Лг002) x Лг008.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, урожайность, экологическая пластичность, стабильность, уборочная влажность зерна.

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL STABILITY AND PLASTICITY NEW HYBRIDS OF CORN UNDER VARIOUS AGROCLIMATIC CONDITIONS

The article presents data on the assessment of the ecological stability and plasticity of new 69 topcross maize hybrids bred by ООО IPA «Otbor», based on yield. The assessment was carried out by the regression analysis method proposed by Eberhart and Russell at two environmental points: ООО IPA «Otbor» (Kabardino-Balkarian Republic) and the N.G.S. P.P. Lukyanenko (Krasnodar), in 2015 – 2017. As a result of the assessment of ecological plasticity and stability, promising high-yielding hybrids were identified: (Лг001 x Лг002) x Лг007- having a high responsiveness to improving cultivation conditions, and (Лг001 x Лг002) x Лг003 – having consistently high grain yields, regardless of agrotechnical and climatic conditions. It is clearly shown, with the help of graphs, the degree of reaction of hybrids to changing growing conditions: the regression line of the yield of the hybrid (Лг001 x Лг002) x Лг007 has a high angle of inclination with respect to the average line, which indicates significant changes in grain yield in various agro-climatic conditions. The regression line of the hybrid (Лг001 x Лг002) x Лг003 is almost parallel to the average for the experiment, which indicates a high stability of the yield of the hybrid, and low responsiveness to changing cultivation conditions. As a result of the assessment of phenotypic stability, hybrids were identified that were the most stable in terms of yield under various environmental conditions: (Лг006 x Лг001) x Лг012, (Лг001 x Лг002) x Лг016, (Лг001 x Лг002) x Лг013. Hybrid (Лг001 x Лг002) x Лг008 proved to be the most unstable.

Keywords: maize, hybrid, yield, ecological plasticity, stability, harvest grain moisture.

Введение

Кукуруза - одна из наиболее распространенных культур в мировом растениеводстве. Среди возделываемых растений она стоит на первом месте по валовым сборам зерна и занимает второе место по посевным площадям, уступая лишь основной хлебной культуре земного шара - пшенице.

По сравнению с другими кормовыми растениями, кукуруза по энергетической ценности стоит значи-

тельно выше. Так, например, в 1 кг зерна кукурузы содержится 1,34 кормовые единицы, в то время как в 1 кг ржи 1,28; ячменя 1,26 и т.д. [8].

Как отмечалось в ранних исследованиях, взаимодействие генотипов с факторами окружающей среды имеет неоспоримо особое значение при проведении селекционной работы. Поскольку важно не только найти удачную гибридную комбинацию, но и определить ее оптимальные условия

возделывая – найти экологическую нишу нового гибрида.

В связи с актуальностью вопроса нами было проведено экологическое сортоиспытание с целью изучения пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы [1, 2, 4].

Цель исследований

Оценить экологическую пластичность и стабильность новых гибридов кукурузы в различных агроклиматических условиях.

Материалы и методы

Отбор генотипов с высоким уровнем стабильности в широком диапазоне агроклиматических условий, является одним из основных методов по улучшению селекционного материала на адаптивность к различным условиям возделывания [3, 5, 6, 7]. Одним из наиболее известных методов определения качества материала, является метод регрессионного анализа, предложенный Эберхартом и Расселом (1966), основанный на вычислении двух показателей: коэффициента линейной регрессии (b_i) и дисперсии (σ^2_d) [10, 11]. Первый показатель демонстрирует пластичность генотипа по отношению к изменениям условий выращивания, второй – характеризует стабильность. В данной работе показатели пластичности и стабильности были рассчитаны по признаку «урожайность», поскольку

он наиболее ярко отражает взаимодействие «генотип-среда», где среда не только почвенно-климатические условия, но и различные агротехнологические приемы возделывания [9, 11].

Так, с целью выявления генотипов, обладающих высокими показателями урожайности в различных условиях выращивания, нами было проведено экологическое сортоиспытание 69 новых топкросных гибридов. Испытания проводили в 2015-2017 гг., на контрольных участках ООО ИПА «Отбор» - Кабардино-Балкарская республика, а также, в контрольном питомнике НЗЦ им. П.П. Лукьяненко в 2015 году, г. Краснодар. Стандартом служил гибрид Краснодарский 194 МВ. В целом, агроклиматические условия были различны во все годы испытаний, о чем свидетельствует разница в показателе индекса условий среды в таблице 1.

Результаты и обсуждение

Представленные в таблице 1 урожайные данные и значения показателя экологической пластичности (b_i) свидетельствуют о высоких адаптивных способностях выделенных гибридов. Все выделенные гибриды в испытаниях в различных агроклиматических условиях достоверно превысили по урожайности зерна стандарт Краснодарский 194 МВ, как в каждом пункте отдельно, так и в среднем.

Таблица 1. Лучшие по урожайности гибриды в разных агроклиматических зонах, ц/га

Гибриды	ООО ИПА «Отбор», 2015	ООО ИПА «Отбор», 2016	ООО ИПА «Отбор», 2017	НЦЗ, 2015	Среднее	b_i
Краснодарский 194 МВ st	67,8	91,7	79,4	65,3	76,0	1,2
(Лг001 x Лг002) x Лг003	105,8	99,7	96,3	84,2	96,5	0,4
(Лг001 x Лг002) x Лг007	100,1	120,7	95,0	69,9	96,4	2,0
(Лг001 x Лг002) x Лг008	110,2	102,0	86,0	76,7	93,7	0,7
(Лг001 x Лг002) x Лг009	92,6	115,6	107,3	59,1	93,6	2,3
(Лг001 x Лг002) x Лг010	76,3	112,0	90,2	89,1	91,9	1,2
(Лг004 x Лг005) x Лг007	94,3	94,3	90,5	69,4	87,1	0,9
(Лг006 x Лг001) x Лг003	82,9	117,6	77,5	67,5	86,4	2,1
(Лг006 x Лг001) x Лг011	80,3	99,8	100,7	61,6	85,6	1,7
(Лг001 x Лг002) x Лг012	75,5	94,6	98,1	72,3	85,1	1,1
(Лг001 x Лг002) x Лг013	82,9	85,0	95,0	77,2	85,0	0,4
(Лг006 x Лг001) x Лг012	79,4	108,1	81,2	69,0	84,4	1,7
(Лг004 x Лг005) x Лг014	94,0	97,9	77,8	67,0	84,2	1,1
(Лг001 x Лг002) x Лг011	67,6	90,0	97,6	79,9	83,8	0,7
(Лг001 x Лг002) x Лг015	88,1	84,9	91,2	69,0	83,3	0,6
(Лг001 x Лг0694) x Лг016	82,9	100,0	87,8	62,4	83,3	1,5
Индекс среды	-4,1	12,6	1,6	-10,0	-	

Коэффициент линейной регрессии (b_i) отражает взаимосвязь признака урожайность зерна гибрида, и изменение условий выращивания. Как известно из методики, чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем сильнее отзывчивость генотипа. Подобные гибриды относятся к интенсивным формам и требуют высокого уровня агротехники, так как только в таких условиях они способны дать максимально высокий урожай. Так, гибриды (Лг001 x Лг002) x Лг007, (Лг001 x Лг002) x Лг009, (Лг006 x Лг001) x Лг003 имели показатели $b_i > 2$ и давали наибольшую урожайность зерна в пунктах с наиболее благоприятными условиями выращивания.

В тех случаях когда значение коэффициента $b_i < 1$ принято считать что гибрид имеет слабую отзывчивость на изменение условий. В частности, гибриды (Лг001 x Лг002) x Лг003, (Лг001 x Лг002) x Лг008 при урожайности зерна 96,5 ц/га и 93,7 ц/га соответственно в среднем во всех пунктах испытаний сохраняли стабильно высокую урожайность во всех экологических пунктах вне зависимости от уровня агротехники. Подтверждением этому является крайне низкое значение показателя $b_i = 0,4$ и $b_i = 0,7$, на основании чего можно сделать

вывод что отмеченные гибриды относятся к экстенсивным формам с высокой фенотипической стабильностью. Данные гибриды не требуют высокого уровня агротехники и могут давать высокую урожайность зерна при минимальных экономических затратах.

Для более наглядной визуализации на графиках приведена степень реакции гибридов на изменение условий выращивания. Величина наклона линии регрессии урожайности зерна (b_i) к показателям индекса условий среды (I_j) позволяет сравнить уровень реакции гибридов к условиям относительно стандарта, и средней нормой реакции.

На рисунке 1 представлен график взаимосвязи линии регрессии урожайности от агротехнических условий гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг003, по четырем пунктам испытаний. Данный гибрид относится к формам с очень высокой фенотипической стабильностью, о чем свидетельствует его линия регрессии, которая располагается практически параллельно относительно средней по опыту. Данное обстоятельство свидетельствует о высокой стабильности урожая, вне зависимости от изменений в условиях выращивания.

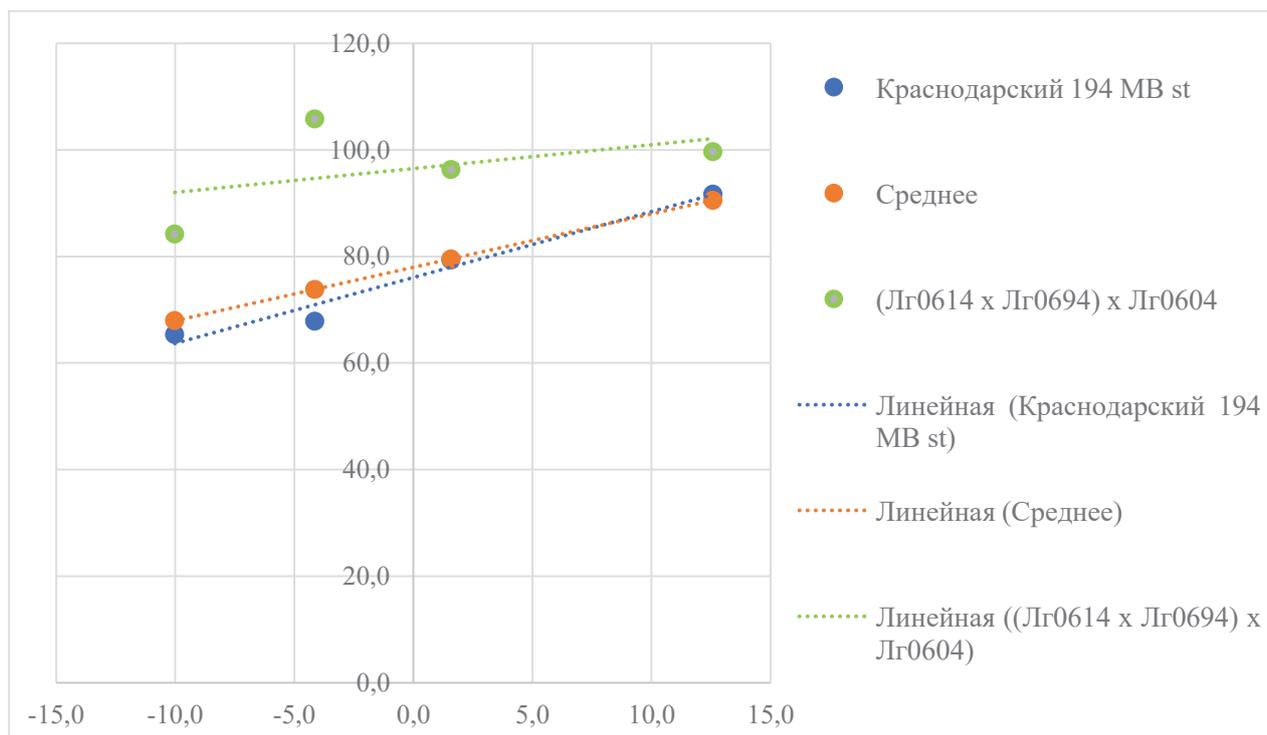


Рисунок 1. График регрессии показателя урожайности гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг003 в различных агроклиматических условиях

На рисунке 2 представлена зависимость линии регрессии урожайности гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг007 от агротехнических условий выращивания. Высокий угол наклона линии регрессии у представленного гибрида по отношению к ли-

нии средней говорит о значительных изменениях урожайности зерна в различных условиях выращивания.

В таблице 2 приведены теоретические показатели урожайности выделившихся гибридов.

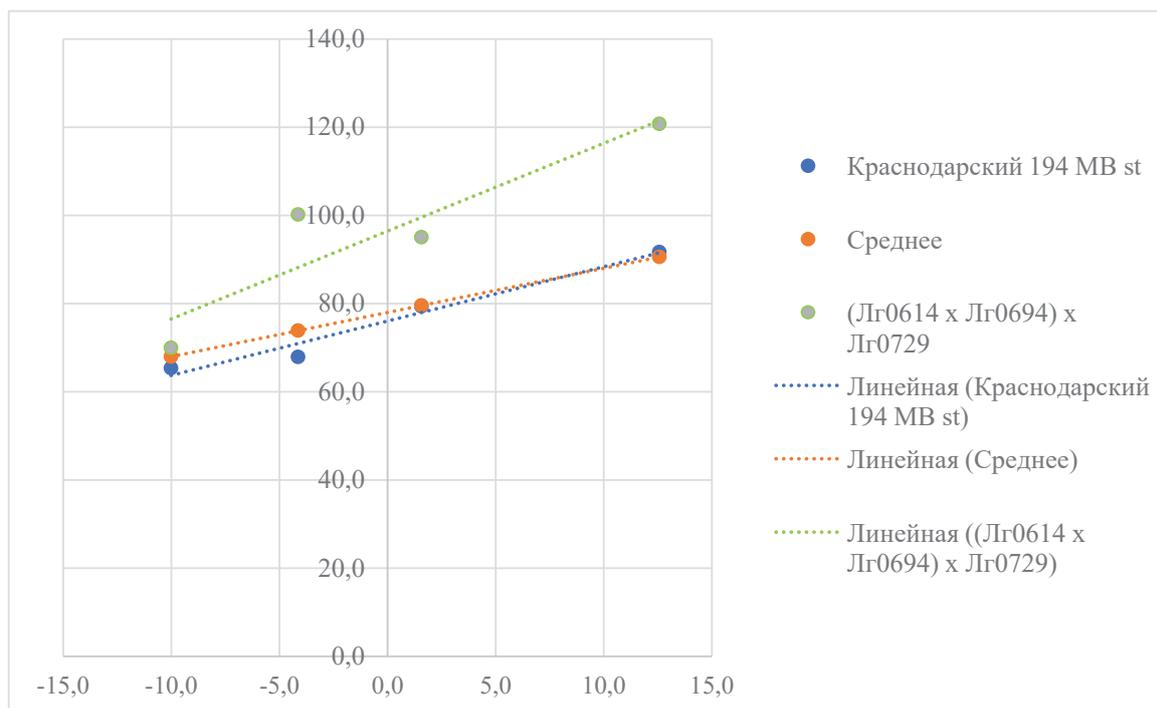


Рисунок 2. График регрессии показателя урожайности гибрида (Лг001 x Лг002) x Лг007 в различных агроклиматических условиях

Таблица 2. Теоретические показатели урожайности зерна выделившихся гибридов в разных агроклиматических зонах, ц/га

Гибрид	Урожайность по годам испытания				Средняя за 4 года \bar{Y}_i
	ООО ИПА «Отбор», 2015	ООО ИПА «Отбор», 2016	ООО ИПА «Отбор», 2017	НЦЗ, 2015	
Красnodарский 194 MB st	70,9	91,6	78,0	63,7	76,0
(Лг001 x Лг002) x Лг003	94,7	102,1	97,2	92,0	96,5
(Лг001 x Лг002) x Лг007	88,2	121,5	99,6	76,5	96,4
(Лг001 x Лг002) x Лг008	90,8	102,5	94,8	86,7	93,7
(Лг001 x Лг002) x Лг009	84,0	122,9	97,3	70,3	93,6
(Лг001 x Лг002) x Лг010	86,8	107,4	93,8	79,5	91,9
(Лг004 x Лг005) x Лг007	83,5	98,1	88,5	78,3	87,1
(Лг006 x Лг001) x Лг003	77,7	112,7	89,7	65,4	86,4
(Лг006 x Лг001) x Лг011	78,7	106,6	88,2	68,8	85,6
(Лг001 x Лг002) x Лг012	80,5	99,1	86,9	74,0	85,1
(Лг001 x Лг002) x Лг013	83,5	89,7	85,6	81,3	85,0
(Лг006 x Лг001) x Лг012	77,5	105,6	87,1	67,6	84,4
(Лг004 x Лг005) x Лг014	79,8	97,4	85,9	73,6	84,2
(Лг001 x Лг002) x Лг011	80,7	93,1	85,0	76,4	83,8
(Лг001 x Лг002) x Лг015	81,0	90,4	84,2	77,7	83,3
(Лг001 x Лг002) x Лг016	76,9	102,6	85,7	67,9	83,3
Индекс среды	-4,1	12,6	1,6	-10,0	-

Из приведенных данных видно, что в пунктах с лучшими условиями наивысшие значения теоретической урожайности зерна имели гибриды (Лг001 x Лг002) x Лг007, (Лг001 x Лг002) x Лг009, (Лг006 x Лг001) x Лг003. Меньшую теоретическую урожайность зерна при луч-

ших условиях демонстрируют гибриды (Лг001 x Лг002) x Лг013, (Лг001 x Лг002) x Лг011, (Лг001 x Лг002) x Лг015.

Для определения фенотипической стабильности была вычислена разность фактической урожайности зерна от теоретической (табл. 3).

Таблица 3. Показатели фенотипической стабильности выделившихся гибридов по признаку урожайности зерна в разных агроклиматических зонах

Гибрид	Отклонение фактических урожаев от теоретических				Стабильность	
	ООО ИПА «Отбор», 2015	ООО ИПА «Отбор», 2016	ООО ИПА «Отбор», 2017	НЦЗ, 2015	$\Sigma \delta ij^2$	δd^2
Краснодарский 194 MB st	-3,1	0,1	1,4	1,6	14,2	7,1
(Лг001 x Лг002) x Лг003	11,1	-2,4	-0,9	-7,8	192,1	96,1
(Лг001 x Лг002) x Лг007	11,9	-0,8	-4,6	-6,6	207,5	103,8
(Лг001 x Лг002) x Лг008	19,4	-0,5	-8,9	-10,0	555,6	277,8
(Лг001 x Лг002) x Лг009	8,6	-7,4	10,0	-11,2	354,0	177,0
(Лг001 x Лг002) x Лг010	-10,5	4,6	-3,7	9,5	234,7	117,4
(Лг004 x Лг005) x Лг007	10,8	-3,8	2,0	-9,0	215,3	107,7
(Лг006 x Лг001) x Лг003	5,2	4,9	-12,2	2,1	202,9	101,4
(Лг006 x Лг001) x Лг011	1,6	-6,8	12,4	-7,2	256,1	128,0
(Лг001 x Лг002) x Лг012	-5,1	-4,4	11,2	-1,7	173,9	87,0
(Лг001 x Лг002) x Лг013	-0,6	-4,7	9,4	-4,1	126,9	63,5
(Лг006 x Лг001) x Лг012	1,9	2,5	-5,9	1,5	46,6	23,3
(Лг004 x Лг005) x Лг014	14,2	0,4	-8,0	-6,6	309,8	154,9
(Лг001 x Лг002) x Лг011	-13,1	-3,1	12,6	3,5	353,2	176,6
(Лг001 x Лг002) x Лг015	7,2	-5,5	7,0	-8,7	205,7	102,8
(Лг001 x Лг002) x Лг016	6,0	-2,6	2,1	-5,4	76,8	38,4

Из методики следует, что низкое значение квадрата разности фактической урожайности от теоретической свидетельствует о высокой фенотипической стабильности генотипа. В нашем опыте наиболее стабильными были гибриды: (Лг006 x Лг001) x Лг012 ($\delta d^2=23,3$), (Лг001 x Лг002) x Лг016 ($\delta d^2=38,4$), (Лг001 x Лг002) x Лг013. Самым не стабильным показал себя гибрид (Лг001 x Лг002) x Лг008 ($\delta d^2=277,8$).

Выводы

В результате исследования экологической пластичности и стабильности новых гибридов куку-

рузы, методом Эберхарта и Рассела, в различных агроклиматических условиях выращивания нами были выделены как гибриды с высокими адаптивными свойствами, так и высоко пластичные гибриды. Так, выделившийся гибрид (Лг001 x Лг002) x Лг003 способные давать высокую, и при этом стабильную урожайность не только в благоприятных, но и в контрастных условиях. В то время как гибрид (Лг001 x Лг002) x Лг007 имеет большую отзывчивость на улучшение агротехники, но при этом способен давать относительно высокую урожайность зерна в менее благоприятных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляняшкин, А. В. Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы / А. В. Гуляняшкин, И. Н. Варламова, Д. В. Варламов // Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Белгород, 2016. – С. 265-271.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов –М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Кравченко, Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья: монография / Р.В. Кравченко. – Ставрополь, 2010. – 208 с.
4. Кривошеев, Г. Я. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности / Г. Я. Кривошеев, А. С. Игнатъев // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 4(58). – С. 47-51.
5. Пакудин, В. З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В. З. Пакудин, Л. М. Лопатина – М.: Сельскохозяйственная биология, 1984. – Т. 4. – С. 109-113.

6. Панфилов, А. Э. Оценка гибридов кукурузы по параметрам адаптивности в условиях Зауралья / А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко // Кукуруза и сорго. – 1998. – № 2. – С. 2-4.
7. Сапега, В. А. Направления повышения репрезентативности оценок в Госсортоиспытании, урожайность, экологическая пластичность и гомеостатичность сортов гороха / В. А. Сапега, Г. Ш. Турсумбекова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2(56). – С. 38-42.
8. Супрунов, А. И. Создание нового исходного материала для селекции различных подвидов кукурузы и его оценка в агроклиматических зонах России: специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Супрунов Анатолий Иванович. – Краснодар, 2009. – 401 с.
9. Черкашина, А. В. Влияние элементов технологии и гидротермических условий на урожайность зерна кукурузы гибридов разных групп спелости в неорошаемых условиях степной зоны Крыма / А. В. Черкашина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 85. – С. 290-294.
10. Eberchart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberchart, W. A. Russel // Crop Sci. – 1966. – V.6. – № 1. – P.36-40.
11. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability / D. Lewis // Heredity. – 1954. – V. 8. – №. 3. – P. 333-356.

REFERENCES

1. Gulnyashkin, A. V. Evaluation of ecological plasticity and stability of new corn hybrids / A. V. Gulnyashkin, I. N. Varlamova, D. V. Varlamov // Selection of maize hybrids for modern seed production: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. – Belgorod, 2016. – P. 265-271.
2. Dospikhov, B. A. Methods of field experience / B. A. Dospikhov - M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
3. Kravchenko, R. V. Agrobiological rationale for obtaining stable yields of corn grain in the conditions of the steppe zone of the Central Ciscaucasia: monograph / R.V. Kravchenko. - Stavropol, 2010. - 208 p.
4. Krivosheev, G. Ya. Ecological testing of new corn hybrids under different moisture conditions / G. Ya. Krivosheev, AS Ignatiev // Grain Economy of Russia. - 2018. - № 4 (58). - P. 47-51.
5. Pakudin, V. Z. Evaluation of ecological plasticity and stability of crop varieties / V. Z. Pakudin, L. M. Lopatina - M.: Selskokozyaystvennaya biology, 1984. - V. 4. - P. 109-113.
6. Panfilov, A. E. Evaluation of maize hybrids according to adaptability parameters in the conditions of the Trans-Urals / A. E. Panfilov, I. N Tsybmalenko. // Corn and sorghum. - 1998. - № 2. - P. 2-4.
7. Sapega, V. A. Directions for increasing the representativeness of assessments in the State variety testing, productivity, ecological plasticity and homeostaticity of pea varieties / V. A. Sapega, G. Sh. Tursumbekova // Grain Economy of Russia. - 2018. - № 2 (56). – P. 38-42.
8. Suprunov, A. I. Creation of a new source material for the selection of various subspecies of corn and its evaluation in the agro-climatic zones of Russia: specialty 06.01.05 “Breeding and seed production of agricultural plants”: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences / Suprunov Anatoly Ivanovich. - Krasnodar, 2009. - 401 p.
9. Cherkashina, A. V. Influence of technology elements and hydrothermal conditions on the grain yield of maize hybrids of different ripeness groups in non-irrigated conditions of the steppe zone of Crimea / A. V. Cherkashina // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2020. - № 85. - P. 290-294.
10. Eberchart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberchart, W. A. Russel // Crop Sci. - 1966. - V.6. - № 1. - P.36-40.
11. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability / D. Lewis // Heredity. – 1954. – V. 8. – №. 3. – P. 333-356.

Александр Васильевич Гульняшкин

Заместитель заведующего,
заведующий лабораторией селекции кукурузы
E-mail: alexg093@yandex.ru

Alexander Vasilievich Gulnyashkin

Deputy Head,
head corn breeding laboratory
E-mail: alexg093@yandex.ru

Андрей Петрович Новичихин

Аспирант, младший научный сотрудник
отдела селекции и семеноводства кукурузы
Тел.: 8 (929) 835 13 03
E-mail: aridan76@gmail.com

Andrey Petrovich Novichikhin

Phd student, junior researcher of the department of
selection and seed production of corn
Tel.: 8 (929) 835 13 03
E-mail: aridan76@gmail.com

Евгений Валерьевич Шкарбутко

Аспирант, директор ОАО
«Перевозская Семеноводческая станция»
E-mail: director@semena-52.ru

Evgeny Valerievich Shkarbutko

Postgraduate student, Director of PC « Perevozskaya Seed Plant»
E-mail: director@semena-52.ru

Все: ФГБНУ «Национальный центр
зерна имени П.П. Лукьяненко»
350012, г. Краснодар, Центральная усадьба
КНИИСХ

All: FSBSI National Grain Center P.P. Lukyanenko
Central estate of KSRIOA, Krasnodar, 350012,
Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-41-47

УДК 633.11. «321»:631.527

Кадушкина В.П.,
Грабовец А.И., член-корр. РАН, д-р с.-х. наук, профессор,
Коваленко С.А.
п. Рассвет, Ростовская обл.,
Россия

РОЛЬ ГЕНОФОНДА ПРИ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НАРАСТАНИЯ АРИДНОСТИ КЛИМАТА

Изложены результаты изучения коллекции, питомников межстанционного и экологического сортоиспытаний яровой твёрдой пшеницы за 2019–2021 гг. Исследования проводили с целью выявления источников, которые представляют ценность по комплексу хозяйственно-биологических показателей, адаптированных к почвенно-климатическим условиям аридной зоны Ростовской области с дальнейшим привлечением их в гибридизацию. За исследуемый период изучили 750 сортообразцов. Оценки, наблюдения и учет урожая проводили в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989). В лабораторных условиях проводили биохимическую и технологическую оценку зерна согласно существующим ГОСТам. В результате исследований был выделен ряд сортообразцов, которые формировали урожай зерна, превышающий стандарт Донская элегия на 20...36 %. Выявлены сорта, соответствующие оптимальным требованиям по длине вегетационного периода (90...100 дней), отобраны сортообразцы, которые сочетали в себе скороспелость с высокой продуктивностью. Также, были выделены сортообразцы отличающиеся от представленного набора крупным зерном (масса 1000 зерен – 38,1...40,2 г), устойчивостью к поражению мучнистой росой, имеющие высокое содержание белка (16,5...17,5 %), клейковины и каротиноидов (465...524 мкг%).

Ключевые слова: яровая твёрдая пшеница (*Triticum durum* Desf.), селекция, генофонд, продуктивность, скороспелость, масса 1000 зёрен, белок, клейковина, каротиноиды

THE ROLE OF THE GENE POOL IN THE SELECTION OF SPRING DURUM WHEAT IN CONDITIONS OF INCREASING ARIDITY OF THE CLIMATE

The results of the study of the collection, nurseries of inter-station and ecological variety tests of spring durum wheat for 2019–2021 are presented. The research was carried out in order to study the gene pool of spring durum wheat and identify sources that are valuable for a set of economic and biological indicators adapted to the soil and climatic conditions of the arid zone of the Rostov region with further involvement in hybridization. During the study period, 750 varieties were studied. Estimates, observations and accounting of the harvest were carried out in accordance with the “Methodology of the state variety testing of agricultural crops” (1989). In laboratory conditions, biochemical and technological evaluation of grain was carried out in accordance with existing GOST standards. As a result of the research, a number of varietal samples were identified that formed a grain yield exceeding the Don Elegy standard by 20...36%. Varieties that meet the optimal requirements for the length of the growing season (90 ...100 days) were identified, varietal samples were selected that combined precocity with high productivity. Varietals were also identified that differ from the presented set by large grain (weight of 1000 grains – 38.1...40.2 g), resistant to powdery mildew, having a high protein content (16.5...17.5%), gluten and carotenoids (465...524 mcg%).

Key words: spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.), breeding, gene pool, productivity, precocity, weight of 1000 grains, protein, gluten, carotenoids

Введение

Пшеница занимает важнейшее место, как в мировом, так и в российском производстве зерна. На территории Ростовской области возделывается преимущественно озимая мягкая пшеница. Площади, занимаемые яровой твёрдой пшеницей, крайне малы. Основная причина – более низкая её урожайность. Однако внедрение новых сортов, проявляющих изменчивость к условиям внешней среды, вселяет надежду на оптимальный подход к культуре. Тем более что в последние годы яровая

пшеница в сравнимых условиях хотя и уступает по урожайности озимым мягким сортам пшеницы порядка 20 %, но имеет более высокие характеристики качества зерна [10, 11]. Запас генетических ресурсов, особенно по признакам качества зерна ограничен. Необходим поиск источников качества зерна как среди уже созданного селекционного материала, так и привлеченных новых, генетически разнообразных исходных форм.

Повышение устойчивости сортов к биотическим и абиотическим стрессорам является одной из

задач, стоящих перед селекцией. Использование биоразнообразия в селекции культуры может быть одним из путей в решении этих проблем. Коллекция твердой пшеницы, сохраняемая в ВИР, является одним из источников генетического банка [7].

Стабильного производства высококачественного зерна можно добиться при способности сорта сохранить высокий уровень урожайности в неблагоприятных условиях среды [8]. Для создания генетической изменчивости, адекватной изменениям условий среды нужен непрерывный поиск и вовлечение в селекционный процесс разнообразного исходного материала. В связи с этим важно постоянно обновлять имеющийся в наличии генофонд, используя для этого образцы из коллекции ФГБНУ «Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), из других научных учреждений, создавать местный генофонд.

Цель исследований

Изучить генофонд яровой твердой пшеницы и выявить сортообразцы, которые представляют ценность по комплексу хозяйственно-биологических показателей, адаптированных к почвенно-климатическим условиям степной зоны Ростовской области в условиях нарастания аридности климата с целью привлечения их в гибридизацию.

Материал и методы

Исследования по изучению генофонда яровой твердой пшеницы проводили в северо-западной зоне Ростовской области Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФРАНЦ) в 2019–2021 гг. Почва – чернозём южный среднесильный карбонатный. Климат региона умеренно континентальный, засушливый. Для характеристики метеорологических условий использовали данные метеорологического поста «Тарасовское опытное поле».

Погодные условия за изученный период характеризовались контрастностью основных показателей гидротермического режима. В 2019 году, несмотря на большое количество осадков, выпавших за вегетационный период (287,6 мм при среднемноголетнем значении 199 мм), основные периоды онтогенеза яровой твердой пшеницы (выход в трубку-колошение) проходили при жесточайшей засухе.

Самым засушливым годом из трех изученных был 2020. На протяжении всего вегетационного периода растения испытывали острый недостаток влаги (48...76 % от среднемноголетнего значения) при превышении температуры воздуха на 0,7...5,9 °С.

2021 год начинался с благоприятных условий для роста и развития яровой твердой пшеницы. ГТК за вегетационный период составил 1,03 (высокая влагообеспеченность). Однако в период налива зерна температура воздуха превысила среднемноголет-

нюю на 5,6°С при недостатке влаги в этот период (выпало 27,6 мм при норме 59 мм). Экстремальные почвенная и воздушная засухи вызвали раннее созревание зерновки, уменьшение крупности зерна и снижение его качества.

Для исследований ежегодно закладывали коллекционный питомник, питомники межстанционного и экологического испытания в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции пшеницы ВИР (1989)». Определяли хозяйственно-ценные признаки, представляющие интерес для селекции яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Среднего Дона: продуктивность, длина вегетационного периода, устойчивость к мучнистой росе, крупность, показатели качества зерна и др. В полевых условиях проводили все фенологические наблюдения и учеты согласно действующим методическим рекомендациям [9]. В лабораторных условиях выполняли биохимическую и технологическую оценку зерна: определяли массу 1000 зерен (ГОСТ 12042-80) [1], количество и качество клейковины зерна устанавливали по ГОСТ 13586.1-68 [2]. Содержание белка в зерне изучали в фазе полной спелости на анализаторе Infratek 1241. Содержание каротиноидов определяли путем экстрагирования водонасыщенным бутанолом с последующим определением оптической плотности экстракта по Dexter J. E. [12, 14]. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову Б.А. [5].

За период с 2019 по 2021 гг. изучили 750 сортообразцов. Сорты и линии собственной селекции составляли 15% генофонда. Остальные сортообразцы поступили из коллекции ВИРа. Большая часть генофонда (88 образцов) была представлена образцами, присланными из других научных учреждений (Алтайский НИИСХ, Самарский НИИСХ, НИИСХ Юго-Востока, Воронежский НИИСХ имени В.В. Докучаева, Краснокутская опытная станция, ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» Краснодар и др.). Небольшую часть генофонда из ВИРа составили образцы из Северной Америки (Мексика, США, Канада) – 13 %. Столько же образцов было из Казахстана и Украины. Количество образцов европейской селекции (Италия, Франция) и из стран Ближнего Востока (Турция) составляло 17 % от общего числа изученного материала.

Результаты и обсуждение

На протяжении всех лет изучения прослеживалась динамика усиления засушливости климата на Дону. Это подтверждается и в ранее опубликованных работах [3, 4]. Отмечается рост температуры воздуха за период вегетации яровой твердой пшеницы при одновременном снижении количества выпавших осадков.

Для создания оптимального по отношению к среде селекционного материала и увеличения потенциальной продуктивности новых сортов при

засухах были выявлены наиболее результативные маркеры при отборах на продуктивность [3, 6]. Их применили и в исследованиях с коллекцией. В ходе экспериментальных исследований и определения корреляционных взаимосвязей между показателями урожая зерна с другими элементами продуктивности установлено, что масса зерна с растения и единицы площади – это главные интегрированные показатели устойчивости генотипов к засухе (табл. 1).

Таблица 1. Корреляционная связь (r) между показателями урожая зерна с 1 м² с другими элементами продуктивности (2007-2017 гг.)

Элемент продуктивности	Коэффициент корреляции *
Количество надземной массы	0,61-0,91
Масса зерна с 1 растения	0,57-0,87
Масса зерна с 1 колоса	0,66-0,92
Уборочный индекс	0,72-0,92

Таким образом, установлена высокая положительная и довольно стабильная связь массы зерна с одного растения и колоса. Кроме того, на урожайность существенно влиял уборочный индекс, который обусловлен генотипом. На основании полученных корреляционных взаимосвязей для селекции яровой твердой пшеницы необходимо вовлекать в гибридизацию сортообразцы коллекции, которые бы в популяциях обуславливали появление кроссоверов, с высокими вышеназванными показателями. Они могут послужить ценными источниками для получения высокоадаптивных сортов.

Продуктивность является главным признаком, определяющим генетическую ценность образцов. Выделен ряд сортообразцов, которые фор-

мировали урожай зерна, превышающий стандарт Донская элегия на 20-36% (табл. 2). Наибольшие прибавки урожая зерна к стандарту получили у местных форм Горд. 4853/15, Горд. 4229/17, Горд. 4683/19, Горд. 4944/20, Лазоревая и др. Кроме сортов местной селекции выделились сортообразцы из других регионов: Воронежская 11, НТ-4 (Алтайский край), Каргала 6 (Казахстан), Adur (Австрия), Краснокутка 14 (Самарская обл.) и др. Их нужно использовать при скрещиваниях с целью получения высокопродуктивных генотипов.

В ходе исследований была установлена оптимальная длина вегетационного периода – 90-100 дней. Такая продолжительность вегетационного периода позволяет с максимальной отдачей использовать факторы среды и избежать отрицательного влияния неблагоприятных условий на заключительном этапе органогенеза. Скороспелые сорта в этом случае способны сформировать зерно до наступления засухи и обеспечить более высокую урожайность. При селекции раннеспелых высокопродуктивных сортов особый интерес представляют коллекционные образцы, обладающие комплексом положительных признаков. В результате исследований выделен ряд сортов, отвечающих требованиям по длине вегетационного периода. Это в основном сорта украинской селекции Харьковская 11, Харьковская 21, Харьковская 23, Харьковская 29, Харьковская 37, Харьковская 39 и др., которые выколашивались на 5-8 дней ранее стандарта. Отмечен ряд сортообразцов, сочетающих в себе скороспелость с высокой продуктивностью. Это Лазоревая, Воронежская 11, НТ-4, Каргала 6, Tito, Adur, Краснокутка 14 и др. (табл. 2). Период всходы-колошение у этих образцов составлял 43-45 суток (у сорта-стандарта Донская элегия – 51 день).

Таблица 2. Высокопродуктивные и скороспелые сорта яровой твердой пшеницы, 2019–2021 гг.

Номер по каталогу	Сорт, сортообразец	Период всходы-колошение, сут.	Поражение мучнистой росой, %	Высота растения, см	Длина колоса, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, % к st
	Донская элегия, St	51	5-10	95	7,2	35,0	
	Горд. 4853/15 (сложный гибрид)	47	10	101	7	34,2	126
	Горд. 4229/17 (сложный гибрид)	48	10	101	7,7	34,7	135
	Горд. 4683/19 F5 [МЗ СД 4354 США ДАБ-0,1% × (5034/13 F3 Донская элегия × к. 56679 432/77 Испания)]	48	5-10	99	7,3	35,1	136
	Горд. 4944/20 F6 5384/11 Gerardo 650 × Вольнодонская	44	15	97	7,7	33,9	125
	Лазоревая	44	0-15	95	7,3	33,1	130
	Воронежская 11	45	10-20	98	7,7	34,1	129

Продолжение таблицы 2

Номер по каталогу	Сорт, сортообразец	Период всходы-колошение, сут.	Поражение мучнистой росой, %	Высота растения, см	Длина колоса, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, % к st
66887	Воронежская 13	49	20	106	7	36,6	126
60387	НТ-4 (Алтайский край)	43	5-15	91	5,7	35,6	129
64958	Каргала 6 (Казахстан)	44	5	95	7,3	35,4	136
	Харьковская 23	44	15	104	7,8	36,9	120
53058	Tito (Италия)	44	10-15	99	7	34,3	122
45152	Adur (Австрия)	44	5-10	101	6,8	33,9	129
	Безенчукский янтарь	44	15	96	7,2	34,3	124
65951	Безенчукская крепость	46	15	110	7	39,9	121
66293	Безенчук-Орловская 1	49	25	106	7	38,3	126
66885	Гусельская	50	5	103	8	36,0	122
65553	Краснокутка 14	45	0	105	8	38,1	132
	HCP ₀₅			0,19	0,09	0,10	2,5

Масса 1000 зёрен характеризует крупность зерна. Увеличение массы 1000 зёрен приводит к возрастанию выхода крупки при помоле и между ними выявлен высокий ($r=0.69$) коэффициент корреляции [13, 15], то есть массу 1000 зёрен можно использовать для прогноза выхода крупки [11, 16]. По массе 1000 зёрен наиболее крупное зерно имели сортообразцы: Краснокутка 14, Безенчук-Орловская 1, Безенчукская крепость (Самарская обл.), Безенчукская 205, Омский циркон, Каргала 4 (Казахстан), и др. (38,1-40,2 г). Первые три образца сочетали в себе этот показатель с высокой продуктивностью, что важно учитывать при гибридизации (табл. 2).

В годы распространения мучнистой росы все сортообразцы коллекции были оценены на устойчивость к поражению этим патогеном. Абсолютной устойчивостью к поражению мучнистой росой обладали Лилёк (Краснодар), Durofinus (Австрия), Тесадур (Австрия), DST-99-9 (Сирия). Незначительное

поражение мучнистой росой (0-10%) было отмечено у сортообразцов Горд. 4192/17 F5 [(Sellicoppa × Новодонская) × Д-2093] × к. 44428 N-13355 США; Горд. 4683/19 F5 [МЗ СД 4354 США ДАБ-0,1% × (F3 Донская элегия × к. 56679 Испания)] (ФРАНЦ); Памяти Васильчука (Саратов); Краснокутка 14, Безенчукская 205, Золотая и Безенчукская крепость (Самарская обл.); Омский коралл и др.

Особенно много сортообразцов с устойчивостью к поражению мучнистой росой отмечали у новых форм краснодарской селекции: 137/00, Николаша, Ядрица, 137 с 28, 3719 h 14, 303 d 23-5, 677 d 6 (1-5%).

У коллекционных сортообразцов также были изучены технологические свойства зерна (содержание белка, клейковины и каротиноидов). В разные годы изучения коллекции содержание белка варьировало от 11,6 до 17,5%. Наибольшее количество белка в зерне накапливали сорта 326 d 58, Безенчукская 139, Каргала 25, Салют Алтая, Artuklu, Целина и др. – 16,5-17,5% (табл. 3).

Таблица 3. Технологические показатели качества зерна коллекционных образцов яровой твердой пшеницы, (среднее за 2019–2021 гг.)

Номер по каталогу	Сорт, сортообразец	Происхождение	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
	Донская элегия, St	ФГБНУ ФРАНЦ	14,6	26,4
	326 d 58	Краснодар	16,9	28,4
49901	Безенчукская 139	Самарская обл.	16,5	27,3
64429	DST-99-9	Сирия	16,2	26,7
64487	Краснокутка 13	Самарская обл.	15,8	26,3
64517	Марина	Самарская обл.	16,2	27,1

Продолжение таблицы 3

Номер по каталогу	Сорт, сортообразец	Происхождение	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
64956	Каргала 4	Казахстан	15,9	26,4
64962	Каргала 25	Казахстан	16,8	28,2
65203	Алтайский янтарь	Алтайский край	16,3	27,4
65205	Салют Алтая	Алтайский край	17,0	28,5
65951	Безенчукская крепость	Самарская обл.	15,9	26,0
66619	Arttuklu	Турция	16,6	27,9
66648	Омский циркон	Омская обл.	16,0	26,2
66885	Гусельская	Саратовская обл.	15,9	26,8
67012	Целина	Оренбургская обл.	17,5	30,1
	НСР ₀₅		0,21	3,8

Высокое содержание клейковины было установлено у сортообразцов с большим содержанием белка, представленных выше, а также у сортов DST-99-9 (Сирия) – 26,7%, Марина – 27,1%, Алтайский янтарь – 27,4%, Гусельская – 26,8%, и др.

Особый интерес представляют данные по содержанию в зерне коллекционных сортообразцов каротиноидов, основного ценного признака при изготовлении макаронных изделий. Показателем высококачественной макаронной продукции служит характерная желтая окраска крупки, полученной из зерна яровой твердой пшеницы. Этот цвет обусловлен наличием в зерне пшеницы достаточно большого количества каротиноидных пигментов. Установили, что наличие хорошего золоти-

сто-желтого цвета готовых макаронных изделий было при содержании пигментов в зерне не менее 4,0–4,5 мг/кг [12]. С высоким содержанием этого показателя выделились Золотая волна (465 мкг%), Ясенка (425), Безенчукская золотистая (524), Безенчукская крепость (449), Золотая (478) и др. С использованием этих сортообразцов возможно выведение новых сортов с улучшенными показателями, которые можно будет использовать в макаронном производстве.

Суммируя итоги изучения сортообразцов коллекционного питомника, межстанционного и экологического испытаний выделены ценные источники хозяйственно-ценных признаков, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4. Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции яровой твердой пшеницы в условиях степной зоны Ростовской области

Признак	Источник
Продуктивность	Донская элегия, Горд. 4853/15, Горд. 4229/17, Горд. 4683/19, Горд. 4944/20, Лазоревая (ФРАНЦ), Воронежская 11, Воронежская 13 (Воронежский НИИСХ имени В.В. Докучаева), НТ-4 (Алтайский край), Каргала 6 (Казахстан), Харьковская 23 (Украина), Tito (Италия), Adur (Австрия), Безенчукский янтарь, Безенчукская крепость, Краснокутка 14 (Самарская обл.), Безенчук-Орловская 1 (Орловская обл.), Гусельская (Саратовская обл.)
Скороспелость	Горд. 4853/15, Горд. 4229/17, Горд. 4683/19, Горд. 4944/20, Лазоревая (ФРАНЦ), Воронежская 11, Воронежская 13 (Воронежский НИИСХ имени В.В. Докучаева), НТ-4 (Алтайский край), Каргала 6 (Казахстан), Харьковская 11, Харьковская 21, Харьковская 23, Харьковская 29, Харьковская 37, Харьковская 39 (Украина), Tito (Италия), Adur (Австрия), Безенчукский янтарь, Безенчукская крепость, Краснокутка 14 (Самарская обл.), Безенчук-Орловская 1 (Орловская обл.), Гусельская (Саратовская обл.)
Масса 1000 зёрен	Краснокутка 14, Безенчукская крепость, Безенчукская 205 (Самарская обл.), Безенчук-Орловская 1 (Орловская обл.), Омский циркон, Каргала 4 (Казахстан)
Устойчивость к мучнистой расе	Горд. 4192/17*, Горд. 4683/19 (ФРАНЦ), Лилёк (Краснодар), Durofinus (Австрия), Тессадур (Австрия), DST-99-9 (Сирия), Памяти Васильчука (Саратов), Краснокутка 14, Безенчукская 205, Золотая, Безенчукская крепость (Самарская обл.), Омский коралл, 137/00, Николаша, Ядрица, 137 с 28, 3719 h 14, 303 d 23-5, 677 d 6
Содержание белка и клейковины	326 d 58, Безенчукская 139, Марина (Самарская обл.), Каргала 25 (Казахстан), Салют Алтая, Алтайский янтарь, Arttuklu (Турция), Целина (Оренбургская обл.), DST-99-9 (Сирия), Гусельская (Саратовская обл.)

Признак	Источник
Содержание каротиноидов	Горд. 4849/18**, Горд. 4865/19***, Горд. 4944/20 (ФРАНЦ), Золотая волна (Саратовская обл.), Ясенка (Краснодар), Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Золотая (Самарская обл.), Жемчужина Сибири, Омский циркон (Омская обл.)

Примечание:

- Горд. 4192/17* F5 [(*Sellisocopa* × Новодонская) × Д-2093] × к. 44428 N-13355 США;
- Горд. 4849/18** F5 (M5 Новодонская ДАБ-0,1% × Д-2099) × Вольнодонская;
- Горд. 4865/19*** F3 (к. 41606 КНИИСХ 362 × Харьковская 17) × Новодонская

Были выделены высокоурожайные сортообразцы, характеризующиеся комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам и устойчивостью к болезням. Признаки раннеспелости с высокими показателями урожайности, массы 1000 зёрен и устойчивости к поражению мучнистой росой сочетали в себе сортообразцы Краснокутка 14 и Безенчукская крепость. Кроме того, Безенчукская крепость отличалась высоким содержанием каротиноидов в зерне.

Выводы

В результате выполненных исследований были

выделены ценные генотипы разного эколого-географического происхождения с более ранним выколашиванием, с высокой массой 1000 зёрен, устойчивые к поражению мучнистой росой, с высоким содержанием белка, клейковины и каротиноидов. Их можно рекомендовать для использования в гибридизации в качестве источников хозяйственно важных признаков. Причём при подборе родительских форм для скрещивания необходимо подбирать сортообразцы с положительной комплексной оценкой по хозяйственно-ценным признакам.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян (с Изменением № 1). – Введ. 1981-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интернет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2018.
2. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице (с Изменениями № 1, 2). – Введ. 1968-06-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интернет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2018.
3. Грабовец, А.И. Совершенствование методологии селекции яровой твердой пшеницы в условиях меняющегося климата / А.И. Грабовец, В.П. Кадушкина, С.А. Коваленко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – №3. – С. 33-36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36
4. Грабовец, А.И. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №2(18). – С. 48-53. ID: 26280826
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Коваленко, С.А. Определение маркеров при отборе на урожайность яровой твердой пшеницы в связи с повышением аридности климата Ростовской области / С.А. Коваленко, В.П. Кадушкина, А.И. Грабовец // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. Материалы III Всероссийской конференции молодых ученых АПК. Рассвет, 14–15 мая 2021 г. – п. Рассвет: ФГБНУ ФРАНЦ, Изд-во ООО «АзовПринт», 2021. – С. 114-119. DOI: 10.34924/FRARC.2021.64/13/001
7. Ляпунова, О.А. Сорты и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000-2019 гг. / О.А. Ляпунова, А.С. Андреева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – 181 (1). – С. 7-16. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16
8. Мальчиков, П.Н. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана / П.Н. Мальчиков, М. А. Розова, А. И. Моргунов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 8. – С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // М.: Госагропром СССР, 1989. – 162 с.
10. Титаренко, А.В. Экологическое сортоиспытание зерновых и зернобобовых культур в условиях Приазовской зоны Ростовской области / А.В. Титаренко, Н.А. Коробова // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №3(27). – С. 41-45.
11. Abdalla, O.S. Durum wheat breeding and quality improvement at CIMMYT Mexico / O.S. Abdalla, R.J. Pena, J.E. Autrigue, M.M. Nachit // Proc. of the Seminar "Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region". – S. A, №22. – Zaragoza: CINEAN, 1995. – P. 133-141.
12. Alvarez, J.B. Chromosomal localization of genes for carotenoid pigments using additional lines of *Hordeum chilense* in wheat / J.B. Alvarez, L.M. Martin, A. Martin // J. Plant Breed. -1998. – V. 117. – P. 287-289.
13. Cubbadda, R. Suitability of the Gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat semolina / R. Cubbadda, M. Carcea, L.A. Pasqui // Cereal Food World. – 1992. – V. 37. – P. 866-869.
14. Dexter, J. E. Development of quality durum wheat varieties in Canada / J. E. Dexter // Rachis. – 1984. – Vol. 3. - № 2. – P. 23–28.
15. Quick, J.S. Increased kernel size in durum wheat by hemical mutagenesis / J.S. Quick, N. Williams // Agron. abstr. – 1972. – V. 1. – P. 27.
16. Ripetti-Balester, V. Prediction du rendement en semoule par spectroscopie proche infrarouge sur, grain entiers / V. Ripetti-Balester, M. Chaurand, P. Roument // Options Mediterraneennes: Durum wheat improvement in the Mediterranean

region: New challenges. Serie A, №40. Eds.: C. Royo, M. Nachit, N. di Fonzo, J. Araus. Zaragoza: CINEAN, IRTA, CIMMYT, ICARDA. – 2000. – P. 489-492.

REFERENCES

1. GOST 12042-80. Seeds of agricultural crops. Methods for determining the mass of 1000 seeds (with Change № 1). – Introduction 1981-07-01 // IS "Techexpert: 6th generation" Internet [Electronic resource]. – Code South, 2018.
2. GOST 13586.1-68. Seed. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat (with Amendments No. 1, 2). – Introduction 1968-06-01 // IS "Techexpert: 6th generation" Internet [Electronic resource]. – Codex Yug, 2018.
3. Grabovets, A.I. Improving the methodology of breeding spring durum wheat in a changing climate / A.I. Grabovets, V.P. Kadushkina, S.A. Kovalenko // Bulletin of the Russian Agricultural Science. – 2019. – № 3. – P. 33-36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36
4. Grabovets, A.I. Improving the methodology of wheat breeding in conditions of insufficient moisture / A.I. Grabovets, M.A. Fomenko // Legumes and cereals. – 2016. – №2(18). – P. 48-53. ID: 26280826
5. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience / B.A. Dospikhov // – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
6. Kovalenko, S.A. Determination of markers in the selection for the yield of spring durum wheat in connection with the increase in aridity of the climate of the Rostov region / S.A. Kovalenko, V.P. Kadushkina, A.I. Grabovets // Topical issues of the development of agricultural industries: theory and practice. Materials of the III All-Russian Conference of Young agricultural Scientists. Dawn, May 14-15, 2021 – P. Dawn: FGBNU FRANTS, Publishing House of AzovPrint LLC, 2021. – P. 114-119. DOI: 10.34924//FRARC.2021.64/13/001
7. Lyapunova, O.A. Varieties and lines that replenished the gene pool of durum wheat VIR in 2000-2019 / O.A. Lyapunova, A.S. Andreeva // Works on applied botany, genetics and breeding. – 2020. – 181 (1). – P. 7-16. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16
8. Boys, P.N. The magnitude and stability of the yield of modern breeding material of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan / P.N. Boys, M. A. Rozova, A. I. Morgunov // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22. – № 8. – P. 939-950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
9. Methodology of State variety testing of agricultural crops // Moscow: Gosagroprom USSR, 1989. – 162 p.
10. Titarenko, A.V. Ecological variety testing of grain and leguminous crops in the conditions of the Azov zone of the Rostov region / A.V. Titarenko, N.A. Korobova // Grain farming of Russia. – 2013. – №3(27). – Pp. 41-45.
11. Abdalla, O.S. Durum wheat breeding and quality improvement at CIMMYT Mexico / O.S. Abdalla, R.J. Pena, J.E. Autrigue, M.M. Nachit // Proc. of the Seminar "Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region". – S. A, №22. – Zaragoza: CINEAN, 1995. – P. 133-141.
12. Alvarez, J.B. Chromosomal localization of genes for carotenoid pigments using additional lines of *Hordeum chilense* in wheat / J.B. Alvarez, L.M. Martin, A. Martin // J. Plant Breed. -1998. – V. 117. – P. 287-289.
13. Cubbadda, R. Suitability of the Gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat semolina / R. Cubbadda, M. Carcea, L.A. Pasqui // Cereal Food World. – 1992. – V. 37. – P. 866-869.
14. Dexter, J. E. Development of quality durum wheat varieties in Canada / J. E. Dexter // Rachis. – 1984. – Vol. 3. – № 2. – P. 23-28.
15. Quick, J.S. Increased kernel size in durum wheat by hemical mutagenesis / J.S. Quick, N. Williams // Agron. abstr. – 1972. – V. 1. – P. 27.
16. Ripetti-Balester, V. Prediction du rendement en semoule par spectroscopie proche infrarouge sur, grain entiers / V. Ripetti-Balester, M. Chaurand, P. Roument // Options Méditerranéennes: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Serie A, №40. Eds.: C. Royo, M. Nachit, N. di Fonzo, J. Araus. Zaragoza: CINEAN, IRTA, CIMMYT, ICARDA. – 2000. – P. 489-492.

Валентина Петровна Кадушкина

Старший научный сотрудник
E-mail: kadushkina1964@mail.ru

Valentina Petrovna Kadushkina

Senior researcher
E-mail: kadushkina1964@mail.ru

Анатолий Иванович Грабовец

Заведующий отделом селекции и семеноводства пшеницы и тритикале
E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Anatoly Ivanovich Grabovets

Head of the Department of Breeding and Seed production of wheat and triticale
E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Светлана Алексеевна Коваленко

Научный сотрудник
E-mail: sa_kovalenko_83@mail.ru

Svetlana Alekseevna Kovalenko

Researcher
E-mail: sa_kovalenko_83@mail.ru

Все: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
346735, Аксайский район, Ростовская область, п. Рассвет, ул. Институтская, 1

All: Federal state budgetary scientific institution «Federal Rostov agrarian scientific center»
1, Institutskaya str., p. Rassvet, Aksay district, Rostov region, 346735, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-48-55
УДК 633.18: 631.524.022

Остапенко Н.В., канд. с.-х. наук,
Чинченко Н.Н.,
Джамирзе Р.Р., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ СЕМЯН И ПЕРВИЧНОЕ СЕМЕНОВОДСТВО (обзор)

Качество семян во многом предопределяет уровень урожайности. Стабильное производство высококачественных семян во многом зависит от уровня организации семеноводства – системы мероприятий по сохранению сортовых качеств, выращиванию семян высоких посевных кондиций, размножению их в необходимых количествах, хранению и контролю за их качеством. Основопологающим условием хорошо поставленного семеноводства является высокая сортовая чистота семян и сохранение всех признаков и свойств, присущих данному сорту. Однако, накопление признаков разнокачественности в процессе репродукции дестабилизирует сорт как однородную систему. В природе нет абсолютных самоопылителей, даже у самых строгих из них наблюдается перекрестное опыление, что является одной из причин разнокачественности у риса. Такая гибридизация, в общем, полезна для процветания вида, но нежелательна для сорта в семеноводческом посеве. Процент гибридных растений может достигать 2-5 % у риса, что уже опасно для семеноводства, учитывая высокую гетерозиготность полученных семян. В семеноводческой практике различают три взаимосвязанных категории разнокачественности, не имеющих четких разделительных границ: экологическую, матрикальную и генетическую. Несомненным проявлением разнокачественности в наших наблюдениях были определенные различия в линейных размерах зерна риса у сорта Анаит, проявление с последующим закреплением в потомстве атавистических признаков у сорта Шарм и группировкой растений сорта Ласточка на популяции с повышенной устойчивостью к пирикулярриозу и возросшими показателями качества зерна в сравнении с первоначальными оригинальными растениями каждого из рассмотренных сортов. В зависимости от степени и характера разнокачественности необходим индивидуальный подход к каждому сорту и культуре, учитывая их особенности в процессе первичного семеноводства. Это поможет улучшить целый ряд показателей сорта, и возможность выращивания длительное время без каких-либо существенных изменений его исходных характеристик.

Ключевые слова: рис, селекция, семеноводство и семеноведение, разнокачественность семян.

SEEDS HETEROGENEITY AND PRIMARY SEED PRODUCTION (review)

Seeds largely determine the level of yield. Stable production of high-quality seeds largely depends on the level of organization of seed production - a system of measures to preserve varietal qualities, grow seeds of high sowing conditions, multiply them in the required quantities, store and control their quality. The fundamental condition for well-established seed production is high varietal purity of seeds and the preservation of all the characteristics and properties inherent in this variety. However, the accumulation of signs of heterogeneity in the process of reproduction destabilizes the variety as a homogeneous system. There are no absolute self-pollinators in nature, even the strictest of them cross-pollinate, which is one of the reasons for the heterogeneity of rice. Such hybridization is generally beneficial for the flourishing of the species, but is not desirable for the variety in seed production. The percentage of hybrid plants can reach 2-5% in rice, which is already dangerous for seed production, given the high heterozygosity of the seeds obtained. In seed-growing practice, there are three interrelated categories of heterogeneity that do not have clear dividing boundaries: ecological, matrix and genetic. An undoubted manifestation of heterogeneity in our observations was certain differences in the linear sizes of rice grains in the variety Anait, the manifestation of atavistic traits in variety Sharm with subsequent fixation in the progeny, and the grouping of plants of variety Lastochka on populations with increased blast resistance and increased indicators of grain quality in comparison with the original plants of each of the considered varieties. Depending on the degree and nature of heterogeneity, an individual approach to each variety and crop is necessary, taking into account their characteristics in the process of primary seed production. This will help to improve a number of characteristics of the variety, and grow it for a long time without any significant changes in its original characteristics.

Key words: rice, breeding, seed production and seed studies, grain heterogeneity.

Экологические условия производства семян могут значительно влиять на качество посевного материала. Для сельскохозяйственной экологии наиболее важной задачей является определение зон, которые в максимальной степени подходят для производства семян высокого качества любой культуры. В связи с этим сосредоточение производства семян в районах, наиболее благоприятных для их получения, является одним из главных направлений развития промышленного семеноводства [8, 11].

Рис является самоопылителем, но у него возможно перекрёстное опыление от 1 % до 7 % [2, 9, 25, 31].

При средней массе 1000 зёрен 29 г, 14 % влажности и урожайности 70 ц/га (или 0,7 кг/м²) может быть получено примерно 24000 зерновок с 1 м². При 7 % перекрёстного опыления количество гибридных зерновок на 1 м² может достигать 1680 шт. Мы попытались взять максимальное значение предполагаемого опыления. Но даже, если перекрёстное опыление произойдет у 1 % цветков, то количество гибридных зерновок при этом однозначно больше – 240 шт./м² [29, 33].

Какого бы происхождения ни были сорта любой культуры, в процессе возделывания они постоянно испытывают влияние неблагоприятных факторов внешней среды. Различные года, условия и места произрастания никогда не повторяются. В опытах по экологическому испытанию доля влияния фактора «год» имеет высокие значения [28]. Факторы внешней среды всегда вызывают определенную разнородность растений в посевах и разнокачественность их органов в пределах каждого из них. Не исключено и появление более серьезных изменений, закрепляемых в потомстве – мутации, спонтанные гибриды [6, 14, 31, 32, 33, 48].

Семена образуются в метелке, колосе, бобе, на растении в разное время вегетации. Этот период растягивается в зависимости от культуры и др. факторов на определенное количество дней. Сформированные семена по физическим, биохимическим, физиологическим и биологическим свойствам приобретают определённые особенности. Происходит это вследствие влияния различных условий внешней среды и внутренних особенностей организма. Такое явление принято называть разнокачественностью семян [16, 22, 39].

Разнокачественность семян – это проявление модификационной (ненаследственной) изменчивости [2].

Наблюдая за зерновками в метелке, проводя биометрический анализ, мы обнаруживаем неоднородность (труднообъяснимую) по самым разным признакам: форме, размеру, окраске, биохимическим и физиологическим, сортовым, посевным и продуктивным качествам. К таким показателям относятся анатомические и морфологические при-

знаки семян, включая линейные размеры зародыша и эндосперма, зерновки, которые подвержены значительной изменчивости под действием разнообразных факторов внешней среды. К разнокачественности, как правило, относят именно такое проявление изменчивости семян [2, 4, 30, 31].

Исследователями установлено, что модификационная изменчивость большинства сортов намного выше генотипической, также её следует учитывать и оценивать, проводя соответствующие исследования [5, 21, 24].

Накопление признаков разнокачественности в процессе репродуцирования дестабилизирует сорт как однородную систему. А поскольку процесс происходит постоянно, то нельзя определённо установить сроки наступления физического старения сорта, т.е. ухудшения его качества по сравнению с исходным материалом. Установлено, что сортовые, посевные и урожайные качества семян культур, в том числе и риса, не зависят от сроков репродуцирования, а определяются и исправляются уровнем семеноводческой работы [13].

Ларионов Ю.С. отмечал особую важность изучения процессов разнокачественности зерна и контроля этапов их формирования, придавая при этом значимость в определении урожайных свойств растений [19].

Отрицательное влияние разнокачественности на семеноводство проявляется в неравномерности всходов, не одновременном созревании, многоярусности колосостоя.

Неодинаковая урожайность растений и разнородность продукции предопределяются во многом высеянными семенами. Исходя из того, что возникла необходимость преодоления негативного действия разнокачественности, устранению или ослаблению её влияния на семена в производстве уделяют большое внимание. Для этого используют различные способы и методы: селекционные, семеноводческие и агротехнологические [15, 17, 49].

Работы выдающихся ученых нашей страны – И.Г. Строны [16], К.Е. Овчарова [27] и Е.Г. Кизиловой [38] – заложили основу для исследований разнокачественности семян. В результате этих работ было выделено три типа специфической разнокачественности (гетероспермии или неоднородности) семян: экологическую, матричную и генетическую.

Определение или выявление экологической формы разнокачественности доказывает ее возникновение как результат взаимодействия организма (семена) со средой обитания. В частности, было особо отмечено, что она не является наследственной, однако для формирования биологических свойств семян ее роль очень важна [36].

Экологическая разнокачественность – результат формирования семян в различных условиях внешней среды и при разной обеспеченности зародыша

питательными веществами. К факторам внешней среды, которые могут способствовать проявлению экологической разнокачественности, влияющей на формирование семян, относятся неодинаковая продолжительность светового дня, температура, осадки, рельеф, высота над уровнем моря. Это приводит к разному химическому составу семян, их морфологическим и физиологическим особенностям [33, 44]. Помимо этого, на качество семян могут оказывать влияние вредители (клоп-черепашка), уровень агротехники и т.д.

В условиях высокой культуры земледелия урожай семян любых культур выше и качество их лучше. Изменения в семенах, вызванные внешней средой, не наследуются, но для урожайности данного сорта они могут иметь большое значение.

Отмечено, что в процессе созревания семян аминокислоты превращаются в белки под влиянием соответствующих ферментов. Но если в этот период выпадают осадки, то в семенах усиленно образуется крахмал [7, 42, 45]. Таким образом, семена, находящиеся на одном растении, но не одновременно созревающие, оказываются в различных условиях внешней среды и оказываются разнокачественными.

Географические опыты показывают, что при интенсификации земледелия вопросы зонального семеноводства приобретают ещё большее значение [33, 41].

Наибольшее внимание семеноводов привлекает матричная разнокачественность семян, обусловленная характером плодообразования у растений и их сортовыми особенностями.

Формирование зерна – сложный физиологический процесс. Он связан с особенностями оплодотворения, взаимоотношения завязи с вегетативными частями растения, с условиями внешней среды и т. д. Зародыш возникает в результате слияния гамет, разнокачественных в генетическом и в физиологическом отношении. Рост зерна и увеличение его объема зависят от сорта и условий произрастания, в особенности от температуры, преобладающей в период развития зерна [32, 36].

Различные проявления изменений факторов внешней среды, как снижение температуры и выпадение осадков, замедляют процесс налива и созревания зерна. А вегетационный период от колосения до полной спелости на юге короче, чем в северных районах.

Утверждение, что раннеспелые или раннецветущие сорта имеют зерно широкое и толстое, а позднеспелые – длинное, можно считать несколько спорным. Здесь, очевидно, имеют место быть особенности культуры.

Товарные и технологические особенности зерновой массы в значительной степени определяются разнокачественностью зерна в различных местах колоса, початка, метелки. Зерна из одного и того же соцветия различаются размерами, плотностью,

химическим составом, физическими свойствами, технологическими качествами, семенным достоинством и т. д. [26, 35].

Например, зерно риса созревает неравномерно в пределах не только растения, но и одной и той же метелки. Исследователями было установлено, что разница в созревании колосков на метелке составляет 5-7 дней, а в пределах растения – 15-20 дней. В результате это зачастую является причиной недозревания зерновок и обуславливает материнскую (матричную) разнокачественность [2, 3].

Неодновременность формирования семян на растении может быть связана с не одинаковым воздействием на семена условий внешней среды и с не одинаковым обеспечением их питательными веществами. Это является одним из важнейших факторов, обуславливающих образование разнокачественных семян [3, 34, 40, 47].

Расположение зерновок в верхней и нижней частях метелки риса, влияет на технологические показатели качества, из-за конкуренции за ассимилянты, которые необходимы для роста и развития растения риса, так как из-за их недостатка у зерновок в нижней части метелки рост и развитие может замедляться. Существенные различия показателей качества зерна в разных частях метелки являются результатом реализации генетических механизмов устойчивости к изменяющимся экологическим условиям произрастания [40, 46].

Разное нахождение семян на материнском растении ведет к неодинаковому режиму питания и другому влиянию со стороны материнского растения. В результате возникает матричная разнокачественность. Разное их местоположение обуславливает появление разнокачественности даже при условии идентичности полевых и экологических факторов [1, 22, 34].

Неоднократно было отмечено, что неоднородность в процессе завязывания семян и различная степень их обеспеченности жизненно важными элементами усиливает разнокачественность между ними. Так, зерновки, формирующиеся в средней части колоса или метелки, лучше всего снабжаются питательными веществами и имеют более длительный период налива, поэтому в результате именно эти зерновки бывают лучше выполненными, полновесными, с высокими значениями массы 1000 зерен [17, 40, 43, 46, 47].

Существенное теоретическое и практическое значение для семеноводства имеет изучение разнокачественности семян для целей улучшения качества семян. На тесную взаимосвязь между урожайностью и разнокачественностью семян указывают многочисленные исследования, что должно учитываться в селекционно-семеноводческой работе [10, 49].

Наибольшее влияние на качество семян оказывает матричная разнокачественность. Влияние

генетической и экологической разнокачественности можно свести на нет, а матрикальную – лишь ослабить, так как она обусловлена различиями в биологии отдельных растений.

Материнскую разнокачественность можно использовать в селекционной практике для успешного отбора форм с заданными признаками и свойствами [17].

Возникновение генетической разнокачественности принято связывать с процессом оплодотворения и развития зиготы во время образования спор и гамет. Хотя при этом и сохраняется общий тип наследственности (сортовые признаки). Однако каждое семя имеет отличия, обусловленные половым процессом. Следует отметить особо, что мутагенные факторы способны вызывать такую же разнокачественность семян [32, 33, 48].

Различия в составе и свойствах отдельных пыльцевых зерен, семяпочек и зародышевых мешков вызывают генетическую разнокачественность, которая связана с процессом оплодотворения цветковых растений. Не участвующая в оплодотворении пыльца вызывает явление, которое называется множественным эффектом оплодотворения. В процессе формирования зародыша и питательной ткани используются находящиеся в пыльцевых зернах вещества. В природных условиях варианты опыления не одинаковы, поэтому будет различен и множественный эффект оплодотворения. Это один из важных источников разнокачественности семян.

В некоторых вариантах возможно использование методов интроскопической диагностики и традиционных морфометрических методов, дополненных количественной характеристикой степени жизнеспособности семян по показателям ростового потенциала анализируемой партии. В других вариантах рекомендуется путем стереомикроскопии использовать линейные размеры семян для идентификации их формы (как наиболее объективного параметра оценки однородности качества посевного материала) [23].

Исследователями было отмечено, что проявлением одной из форм разнокачественности семян может являться неоднородность зерновок по их линейным размерам (толщине, ширине и длине). Хотя учеными давно было установлено, что виды растений и сорта отличаются определенным генетически обусловленным соотношением этих параметров [21, 28]. Многие из них являются сортовыми характеристиками и по ним можно проводить отборы и браковки. Однако, в зависимости от действия различных факторов, и отдельные размеры зерновки, и их соотношение, значительно изменя-

ются. При отборе семян на посев используются именно эти параметры [14, 47].

Поскольку в своих исследованиях мы особое внимание уделяли размерам зерновки риса, поэтому изучали интерес и других ученых в этом направлении. Так Жученко Н.Н., работая с наследованием размеров зерновки риса, отметила, что толщина зерновки оказывает влияние на другие размеры зерна [12]. Вариабельность по этому признаку может быть незначительной ($2,5 \pm 0,13$ мм). Между шириной и толщиной зерновки отмечена средняя положительная связь ($r = 0,70 \pm 0,09$). Делается вывод, что тонкое зерно, менее 2,4 мм, не очень желательный признак для риса, т.к. при уборке и обрушивании обычно дробится [12, 18].

Толщина зерновки признается исследователями как показатель наиболее объективной оценки биологических свойств семян [4]. Планируя агроприемы в технологии возделывания, необходимо учитывать явление разнокачественности. Исследователи-практики массово используют разнокачественность в семеноводстве для увеличения физических, посевных и урожайных признаков посевного материала [20]. Наиболее удобно это проводить при сортировании и послеуборочной доработке семян. Имеющаяся в хозяйствах техника позволяет разделять их по размеру зерна с использованием всех параметров (длины, ширины, толщины), а также формы, массы. Для этого производится подборка и установка соответствующих решет на зерноочистительных машинах, а также наладка других параметров работы агрегатов. Которая в итоге позволяет отсортировать семена с лучшими и заданными параметрами [17, 37].

Все вышеперечисленные формы разнокачественности семян взаимосвязаны друг с другом, и не имеют четких разделительных границ [1, 27].

Как видно по результатам многих исследований, разнокачественность – интересное явление в семеноводстве, которое необходимо изучать, учитывать, бороться, использовать при получении семян, извлекая максимум пользы.

При постоянной работе по сохранению сортовой чистоты семена риса могут использоваться длительный срок без ощутимой потери своих наследственных и урожайных качеств [31].

Таким образом, используя индивидуальный подход к каждому сорту и культуре, учитывая их особенности в процессе первичного семеноводства, можно улучшить целый ряд показателей сорта, и выращивать длительное время без каких-либо существенных изменений его исходных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаев, А.А. Матрикаральная разнокачественность и урожайные свойства семян сои в предгорьях Северного Кавказа / А.А. Абаев // Владикавказ: Известия ГГАУ. – 2012. – Т. 49. – 1-2. – С. 13-16.
2. Алешин, Е.П. Рис/Е.П. Алешин, Н.Е. Алешин // Москва. – 1993. – 504 с.
3. Байбосынова, С.М. Влияние степени вторичного ветвления метёлки риса на крупяные качества зерна [электронный ресурс] / С.М. Байбосынова // 2009 г. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/6_NITSB_2009/Agricole/41812.doc.htm (дата обращения 29.06.2016 г.).
4. Бухаров, А.Ф. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания/ А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, М.И. Иванова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 7 (117). – С. 26-32.
5. Вавилов, Н.И. Научные основы селекции растений: в 2 т. Т. 2 / Н.И. Вавилов / Теоретические основы селекции растений. – М., 1935. – С. 3-244.
6. Ведров, Н.Г. Биологическое засорение сорта при репродуцировании / Н.Г. Ведров // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 11. – С. 36-37.
7. Голубь, С.В. Производство и повышение качества зерна ярового ячменя в условиях каштановых почв Волгоградской области / С.В. Голубь. – Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. – Астрахань. – 2009. – 23 с.
8. Гуляев, Г.В. Экологические предпосылки организации семеноводства озимой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России / Г.В. Гуляев, А.М. Берцкин, В.И. Гуйда // Вестник с.-х. науки. – 1981. – № 1. – С. 45-51.
9. Гуляев, Г.В. Селекция и семеноводство / Г.В. Гуляев, А.П. Дубинин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 352 с.
10. Елисеева, Л.В. К вопросу изучения матрикаральной разнокачественности семян зерновых бобовых культур / Л.В. Елисеева, О.В. Каюкова // Вестник Чувашская ГСХА Vestnik Chuvash SAA. – 2017. – № 2. – С. 21-25.
11. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН. – 2001. – Т.1. – 780 с.
12. Жученко, Н.Н. Наследование количественных признаков риса, связанных с размерами зерновки, и их влияние на продуктивность и качество / Н.Н. Жученко // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар. – 2017. – 22 с.
13. Зеленский, Г.Л. Внутрисортная изменчивость и методы первичного семеноводства сортов риса интенсивного типа / Г.Л. Зеленский // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар. – 1985. – 25 с.
14. Игольникова, Л.В. Производство элитных семян / Л.В. Игольникова, С.А. Игольников // Журнал «ФЕРМЕР Поволжья». – 2017. – С. 58-63.
15. Казакова, А.С. Влияние разнокачественности семян сортов ярового ячменя на элементы технологии посева / А.С. Казакова, М.В. Гайдаш, С.Ю. Козяева // Новые ресурсосберегающие технологии и техника в полеводстве юга России: исследования, испытания, результаты: сб. науч. тр. ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 2006. – С. 188-194.
16. Кизилова, Е.Г. Разнокачественность семян и её агрономическое значение / Е.Г. Кизилова. – Киев: Урожай, 1974. – 216 с.
17. Коблянский, А.С. Сортвые особенности формирования урожайности и посевных качеств семян озимого ячменя в Центральной зоне Краснодарского края / А.С. Коблянский // Дисс. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2019. – 132 с.
18. Костылев, П.И. Крупнозерный рис: монография / П.И. Костылев, Л.М. Костылева, Н.Н. Жученко // Москва: Русайнс. – 2017. – 198 с.
19. Ларионов, Ю.С. Проблемные аспекты современного семеноводства и семеноведении / Ю.С. Ларионов // Селекция и семеноводство. – 2004. – № 3. – С. 17.
20. Левин, В.И. Динамика посевных качеств и биологическая долговечность стрессированных семян зерновых культур / В.И. Левин, Л.А. Антипкина, Н.Н. Дудин, А.М. Портнова // Вестник Совета молодых учёных Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 1 (6). – С. 15-19.
21. Ляховкин, А. Г. Изучение мировой коллекции риса и классификация рода *Oryza L.* / А.Г. Ляховкин // Методические указания под ред. Корнейчука В. А. – Л., 1982. – 34 с.
22. Макрушкин, Н.М. Экологические основы промышленного семеноводства зерновых культур / Н.М. Макрушкин // М: Агропромиздат, 1985. – С. 50-58.
23. Малько, А.М. Тенденции мирового рынка семян и современное место России в нем / А.М. Малько // Материалы международной научно-практической конференции «Пути повышения конкурентоспособности отечественных сортов, семян, посадочного материала и технологий в условиях мирового рынка». – Труды «КубГАУ». – № 3 (54), – Ялта, – 2015. – С. 39-43.
24. Наливко, Г.В. Теоретические и экспериментальные исследования формирования качества риса / Г.В. Наливко // Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. – Одесса, – 1980. – 43 с.
25. Натальин, Н.Б. Рисоводство / Н.Б. Натальин // М.: Колос, 1973. – 280 с.
26. Нехороших, М.С. Матрикаральная разнокачественность семян озимой ржи в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан / М.С. Нехороших // Дисс. ... канд. с.-х. наук. – Уфа, 2016. – 228 с.
27. Овчаров, К.Е. Разнокачественность семян и продуктивность растений / К.Е. Овчаров, Е.Г. Кизилова // М.: Колос, – 1966. – 160 с.
28. Остапенко, Н. В. Выбор лучшего сорта риса в конкурсном испытании на основании анализа количественных признаков / Н.В. Остапенко // Дисс. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, – 2002. – 114 с.
29. Остапенко, Н.В. Селекция высокоурожайных сортов риса / Н.В. Остапенко, Р.Р. Джамирзе, Н.Н. Чинченко // Материалы 12 международной конференции «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – М:

издательство Российский университет дружбы народов, – 2016. – С. 343-346.

30. Остапенко, Н.В. Разнокачественность зерновок в метелке риса сорта Анаит / Н.В. Остапенко, Р.Р. Джамирзе, Т.Н. Лоточникова, Н.Н. Чинченко // *Материалы международной научно-практической конференции «Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях».* – Краснодар: ВНИИ риса, – 2016. – С. 158-163.

31. Остапенко, Н.В. Особенности первичного семеноводства сорта риса Анаит / Н.В. Остапенко, Р.Р. Джамирзе, Т.Н. Лоточникова, Н.Н. Чинченко // *Рисоводство.* – 2016. – № 3-4 – С. 21-27.

32. Остапенко, Н.В. Взаимосвязь качественных характеристик зерна риса сорта Анаит / Н.В. Остапенко, Р.Р. Джамирзе, Т.Н. Лоточникова, Н.Н. Чинченко // *Таврический вестник науки.* – Крым, Ялта, 2017. – № 3. – С. 79-88.

33. Остапенко, Н.В. Динамика изменчивости качественных характеристик зерна риса сорта Анаит / Н.В. Остапенко, Р.Р. Джамирзе, Т.Н. Лоточникова, Н.Н. Чинченко // *Рисоводство.* – 2017. – № 3 (36). – С. 6-15.

34. Поликарпова, Е.В. Особенности плодоношения, урожай и разнокачественность семян нута в зависимости от норм высева и способов посева / Е.В. Поликарпова // *Дисс. ... канд. с-х наук.* – Воронеж. – 2008. – 190 с.

35. Разнокачественность зерна / Все о зерне. Технологии хранения и переработки// – [Электронный ресурс]: <http://www.zernovedenie/1443-raznokachestvennost-zerna-chast-1/html> (дата обращения 01.10.2016).

36. Разнокачественность семян. Агроборник.Ру, 2013: [электронный ресурс] <http://agrobornik.ru/inye-materialy/120-semenovedenie/1159-raznokachestvennost-semyan.html> (дата обращения 28.06.2016 г.).

37. Рычкова, Н.В. Влияние предпосевного фракционирования семян на посевные качества и урожайность ярового рапса при различных способах посева и фонах питания / Н.В. Рычкова, Н.Н. Маковеева // *Аграрный вестник Урала.* – 2009. – № 9 (63). – С. 59-61.

38. Строна, И.Г. Общее семеноводство полевых культур / И.Г. Строна // – М.: Колос, – 1966. – 464 с.

39. Ступин, А.С. Основы семеноведения: Учебное пособие / А.С. Ступин // – СПб.: Из-во «Лань», – 2014. – 384 с.

40. Туманьян, Н.Г. Классификация сортов риса по признакам качества зерна в связи с местоположением зерновок в метелке / Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая, Г.Л. Зеленский // *Труды КубГАУ.* – Краснодар, 2016. – № 60. – С. 293-298.

41. Туманьян, Н.Г. Качество зерна российских сортов риса, выращенных в различных агроландшафтных зонах Краснодарского края / Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, С.В. Гаркуша, В.С. Ковалев, А.Н. Зинник // *Рисоводство.* – 2018. – № 3 (40). – С. 25-30.

42. Хронюк, В.Б. Пивоваренный ячмень и элементы технологии его производства / В.Б. Хронюк. – Ростов на Дону, 2009. – 23 с.

43. Храпцов, И.Ф. Селекция, семеноводство и совершенствование технологии возделывания зерновых культур – основные факторы стабилизации производства зерна в условиях импортозамещения / И.Ф. Храпцов, П.В. Поползухин, В.Д. Василевский // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – 2016. – № 59. – С. 390-398.

44. Шафигулина, Е.В. Урожайные и посевные качества семян яровых зерновых культур, выращенных в разных почвенно-климатических зонах Пермского края / Е.В. Шафигулина // *Молодёжная наука 2017: технологии и инновации. Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО «ПГС им. Д.Н. Прянишникова».* – 2017. – С. 83-86.

45. Шевцов, В.М. Перспективы повышения урожайности и качества зерна ячменя на Кубани / В.М. Шевцов // *Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. Материалы конференции, КубГАУ, РАСХН – Краснодар, 2004.* – С. 209-229.

46. Чижикова, С.С. Разнокачественность зерна сортов риса селекции ВНИИ риса по технологическим признакам качества, выращенных в условиях Краснодарского края, в связи с расположением зерновок в метелке / С.С. Чижикова, О.А. Маскаленко, Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая // *Рисоводство.* – 2019. – № 1 (42). – С. 6-12.

47. Bhardwaj, S.N. Regulation of grain size within a developing ear of bread-wheat / S.N. Bhardwaj, V. Verma // *Indian J. agr. Sc.* – 1987. – V. 57. – № 10. – P. 710-715.

48. Kaul, M. L. H. Genetic variability in rice / M. L. H. Kaul, Y. Kumar // *Genet. Agr.* – 1982. – № 3-4. – P. 257-268.

49. Nakano, J. Analysis of yield difference among rice of different seed size with special attention to grain filling process / J. Nakano // *Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ.* – 1989. – № 35. – P. 1-8.

REFERENCES

1. Abaev, A.A. Matrix heterogeneity and yield properties of soybean seeds in the foothills of the North Caucasus / A.A. Abaev // *Vladikavkaz: Proceedings of the Gorsky SAU.* – 2012. – V. 49. – 1-2. – P. 13-16.

2. Aleshin, E.P. Rice/E.P. Aleshin, N.E. Aleshin // *Moscow.* – 1993. – 504 p.

3. Baibosynova, S.M. Influence of the degree of secondary branching of the rice panicle on the cereal grain quality [electronic resource] / S.M. Baibosynov // 2009 Access mode: http://www.rusnauka.com/6_NITSB_2009/Agricole/41812.doc.htm (accessed June 29, 2016).

4. Bukharov, A.F. Morphometry of seeds heterogeneity of vegetable umbrella crops in the process of formation and germination / A.F. Bukharov, D.N. Baleev, M.I. Ivanova // *Bulletin of the Altai State Agrarian University.* – 2014. – № 7 (117). – P. 26-32.

5. Vavilov, N.I. Scientific foundations of plant breeding: in 2 volumes. V. 2 / N.I. Vavilov // *Theoretical foundations of plant breeding.* – M., 1935. – P. 3-244.

6. Vedrov, N.G. Biological clogging of the variety during reproduction / N.G. Vedrov // *Breeding and seed production.* – 1980. – № 11. – P. 36-37.

7. Golub, S.V. Production and quality improvement of spring barley grain in conditions of chestnut soils of the Volgograd region / S.V. Pigeon. – Abstract of Ph.D. thesis - Astrakhan. - 2009. - 23 p.
8. Gulyaev, G.V. Ecological prerequisites for the organization of seed production of winter wheat in the conditions of the Central region of the Nonchernozem zone of Russia / G.V. Gulyaev, A.M. Bertsin, V.I. Guyda // Bulletin of agricultural science. - 1981. - № 1. - P. 45-51.
9. Gulyaev, G.V. Breeding and seed production / G.V. Gulyaev, A.P. Dubinin. – M.: Agropromizdat, 1987. – 352 p.
10. Eliseeva, L.V. On the issue of studying the maternal heterogeneity of seeds of grain legumes / L.V. Eliseeva, O.V. Kayukova // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy Vestnik Chuvash SAA. - 2017. - № 2. - P. 21-25.
11. Zhuchenko, A.A. Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic foundations) / A.A. Zhuchenko. - M.: Publishing House of RUDN University. - 2001. - V.1. – 780 p.
12. Zhuchenko, N.N. Inheritance of rice quantitative traits associated with grain size and their impact on productivity and quality / N.N. Zhuchenko // Abstract of Ph.D. thesis - Krasnodar. - 2017. - 22 p.
13. Zelensky, G.L. Intravarietal variability and methods of primary seed production of rice varieties of intensive type / G.L. Zelensky // Abstract of Ph.D. thesis - Krasnodar. - 1985. - 25 p.
14. Igolnikova, L.V. Production of elite seeds / L.V. Igolnikova, S.A. Igolnikov // Journal "FARMER of the Volga Region". - 2017. - P. 58-63.
15. Kazakova A.S. Influence of seeds heterogeneity of spring barley varieties on the elements of sowing technology / A.S. Kazakova, M.V. Gaidash, S.Yu. Kozyaeva // New resource-saving technologies and equipment in field farming in the south of Russia: research, testing, results: Collection of scientific works of VNIPTIMESH. - Zernograd, 2006. - P. 188-194.
16. Kizilova E.G. Seeds heterogeneity and its agronomic significance / E.G. Kizilova. - Kyiv: Harvest, 1974. - 216 p.
17. Koblyansky, A.S. Varietal features of the yield formation and sowing qualities of winter barley seeds in the Central zone of Krasnodar region / A.S. Koblyansky // Abstract of Ph.D. thesis. - Krasnodar, 2019. - 132 p.
18. Kostylev, P.I. Large-grain rice: monograph / P.I. Kostylev, L.M. Kostyleva, N.N. Zhuchenko // Moscow: Rusains. - 2017. - 198 p.
19. Larionov Yu.S. Problematic aspects of modern seed production and seed science / Yu.S. Larionov // Breeding and seed production. - 2004. - № 3. - P. 17.
20. Levin, V.I. Dynamics of sowing qualities and biological durability of stressed seeds of grain crops / V.I. Levin, L.A. Antipkina, N.N. Dudin, A.M. Portnova // Bulletin of the Council of Young Scientists of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. - 2018. - № 1 (6). - P. 15-19.
21. Lyakhovkin, A.G. Study of the world rice collection and classification of the genus *Oryza* L. / A.G. Lyakhovkin // Guidelines under editorship of Korneichuk V.A. - L., 1982. - 34 p.
22. Makrushkin, N.M. Ecological foundations of industrial seed production of grain crops / N.M. Makrushkin // M.: Agropromizdat, 1985. - P. 50-58.
23. Malko, A.M. Trends in the global seed market and Russia's modern place in it / A.M. Malko // Proceedings of the international scientific-practical conference "Ways to improve the competitiveness of domestic varieties, seeds, planting material and technologies in the global market." - Proceedings of "KubSAU". - № 3 (54), - Yalta, - 2015. - P. 39-43.
24. Nalivko, G.V. Theoretical and experimental studies of rice quality formation / G.V. Nalivko // Abstract of Dr. thesis - Odessa, - 1980. - 43 p.
25. Natalin, N.B. Rice growing / N.B. Natalin // M.: Kolos, 1973. - 280 p.
26. Nekhoroshikh, M.S. Matrix heterogeneity of seeds of winter rye in the conditions of the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan / M.S. Nekhoroshikh // Ph.D. thesis - Ufa, 2016. - 228 p.
27. Ovcharov, K.E. Seed heterogeneity and plant productivity / K.E. Ovcharov, E.G. Kizilova // M.: Kolos, - 1966. - 160 p.
28. Ostapenko, N.V. Selection of the best rice variety in competitive testing based on the analysis of quantitative characteristics / N.V. Ostapenko // Ph.D. thesis - Krasnodar, 2002. - 114 p.
29. Ostapenko, N.V. Breeding of high-yielding rice varieties / N.V. Ostapenko, R.R. Dzhamirze, N.N. Chinchenko // Proceedings of the 12th international conference "New and non-traditional plants and prospects for their use." - M.: publishing house of the Russian University of Peoples' Friendship, 2016. - P. 343-346.
30. Ostapenko, N.V. Heterogeneity of grains in the panicle of rice variety Anait / N.V. Ostapenko, R.R. Dzhamirze, T.N. Lotochnikova, N.N. Chinchenko // Proceedings of the international scientific-practical conference "Scientific support of crop production in modern conditions." - Krasnodar: ARRRI, 2016. - P. 158-163.
31. Ostapenko, N.V. Features of primary seed production of rice variety Anait / N.V. Ostapenko, R.R. Dzhamirze, T.N. Lotochnikova, N. N. Chinchenko // Rice growing. - 2016. - № 3-4 - P. 21-27.
32. Ostapenko, N.V. Interrelation of grain qualitative characteristics of rice variety Anait / N.V. Ostapenko, R.R. Dzhamirze, T.N. Lotochnikova, N.N. Chinchenko // Tauride Bulletin of Science. - Crimea, Yalta, 2017. - № 3. - P. 79-88.
33. Ostapenko, N.V. Dynamics of variability of grain qualitative characteristics of rice variety Anait / N.V. Ostapenko, R.R. Dzhamirze, T.N. Lotochnikova, N.N. Chinchenko // Rice growing. - 2017. - № 3 (36). - P. 6-15.
34. Polikarpova E.V. Features of fruiting, yield and heterogeneity of chickpea seeds depending on sowing rates and sowing methods / E.V. Polikarpova // Ph.D. thesis. - Voronezh. - 2008. - 190 p.
35. Grain heterogeneity/ All about grain. Storage and processing technologies// – [Electronic resource]: <http://www.zernovedenie/1443-raznokachestvennost-zerna-chast-1/html> (accessed 01.10.2016).
36. Seeds heterogeneity. Agrosbornik.Ru, 2013: [electronic resource] <http://agrosbornik.ru/inye-materialy/120-semenovedenie/1159-raznokachestvennost-semyan.html> (accessed 28.06.2016).

37. Rychkova, N.V. Influence of presowing seed fractionation on sowing qualities and productivity of spring rapeseed under various sowing methods and nutrition backgrounds / N.V. Rychkova, N.N. Makoveeva // Agrarian Bulletin of the Urals. - 2009. - № 9 (63). - P. 59-61.
38. Strona, I.G. General seed production of field crops / I.G. Strona // М.: Kolos, - 1966. - 464 p.
39. Stupin, A.S. Fundamentals of seed science: Textbook / A.S. Stupin // St. Petersburg: "Lan" publishing house, - 2014. - 384 p.
40. Tumanyan, N.G. Classification of rice varieties on the basis of grain quality in connection with the location of caryopses in the panicle / N.G. Tumanyan, T.B. Kumeiko, K.K. Olkhovaya, G.L. Zelensky // Proceedings of KubSAU. - Krasnodar, 2016. - № 60. - P. 293-298.
41. Tumanyan, N.G. Grain quality of Russian rice varieties grown in various agrolandscape zones of Krasnodar region / N.G. Tumanyan, T.B. Kumeiko, S.V. Garkusha, V.S. Kovalev, A.N. Zinnik // Rice growing. - 2018. - № 3 (40). - P. 25-30.
42. Khronyuk, V.B. Brewing barley and elements of its production technology / V.B. Khronyuk. - Rostov-on-Don, 2009. - 23 p.
43. Khramtsov, I.F. Breeding, seed production and improving the cultivation technology of grain crops are the main factors for stabilizing grain production in the context of import substitution / I.F. Khramtsov, P.V. Popolzukhin, V.D. Vasilevsky // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2016. - № 59. - P. 390-398.
44. Shafigulina E.V. Yield and sowing qualities of seeds of spring grain crops grown in different soil and climatic zones of the Perm Territory / E.V. Shafigulina // Youth science 2017: technologies and innovations. Materials of scientific-practical conference of FSBEI HE "PGSA named after D.N. Pryanishnikov. - 2017. - P. 83-86.
45. Shevtsov, V.M. Prospects for increasing the yield and quality of barley grain in the Kuban / V.M. Shevtsov // Amino acid nutrition of animals and the problem of protein resources. Materials of the conference, KubSAU, RAAS - Krasnodar, 2004. - P. 209-229.
46. Chizhikova S.S. Grain heterogeneity of rice varieties bred by All-Russian Rice Research Institute, according to technological quality traits, grown in the conditions of the Krasnodar region, in connection with the location of grains in the panicle / S.S. Chizhikova, O.A. Maskalenko, N.G. Tumanyan, T.B. Kumeiko, K.K. Olkhovaya // Rice growing. -2019. - № 1 (42). - P. 6-12.
47. Bhardwaj, S.N. Regulation of grain size within a developing ear of bread-wheat / S.N. Bhardwaj, V. Verma // Indian J. agr. Sc.- 1987. - V. 57. - № 10. - P. 710-715.
48. Kaul, M. L. H. Genetic variability in rice / M. L. H. Kaul, Y. Kumar // Genet. Agr. - 1982. - № 3-4. - P. 257-268.
49. Nakano, J. Analysis of yield difference among rice of different seed size with special attention to grain filling process / J. Nakano // Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. - 1989. - № 35. - P. 1-8.

Остапенко Надежда Васильевна

Ведущий научный сотрудник отдела селекции

Ostapenko Nadezhda Vasilevna

Leading researcher of breeding department

Чинченко Наталья Николаевна

Старший научный сотрудник отдела селекции

Chinchenko Natalia Nikolaevna

Senior scientist of breeding department

Джамирзе Руслан Рамазанович

Старший научный сотрудник отдела селекции

Dzhamirze Ruslan Ramazanovich

Senior scientist of breeding department

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

All: FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-56-60
УДК 631.581.2: 631.584.4

Гергель В.В.
г. Краснодар, Россия

УРОЖАЙНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАРОЗАНИМАЮЩИХ КУЛЬТУР В РИСОВОМ СЕВОБОРОТЕ

Научно обоснованный рисовый севооборот позволяет наиболее эффективно использовать посевные площади, рационально применять удобрения и другие средства химизации. Важное значение при этом имеет выбор парозанимающих культур, влияющих на элементы плодородия почвы, засоренность полей, урожайность риса. Кроме того, посевы промежуточных культур позволяют уплотнить рисовый севооборот, получить дополнительную растениеводческую продукцию без снижения продуктивности основных или сопутствующих культур, а также повысить суммарный её выход с единицы площади за ротацию. В связи с этим, урожайность сопутствующих культур является важной характеристикой рисового севооборота. Целью исследований являлось изучение урожайности зерна озимой пшеницы и бобов сои, а также продуктивности люцерны на сенаж и кукурузы на силос, как сопутствующих культур в восьмипольных рисовых севооборотах. Исследования проводили в 2019-2020 гг. в рамках многолетнего стационарного опыта, заложенного в 2019 году на восьмипольных севооборотах филиала ФГБНУ «ФНЦ риса» РПЗ «Красноармейский». Учет урожайности озимой пшеницы, бобов сои и продуктивности кукурузы на силос проведен методом обмолота посевов уборочной техникой хозяйства, люцерны – отбором урожайных снопов. Показана продуктивность люцерны на сенажи кукурузы на силос, а также урожайность зерна озимой пшеницы и бобов сои в этих севооборотах. Урожайность и продуктивность парозанимающих культур в условиях годов исследования отличались сравнительно невысокими значениями во всех изучаемых рисовых севооборотах. За период проведения исследований среди изученных культур рисового севооборота наибольшей продуктивностью характеризовались посевы люцерны на сенаж и кукурузы на силос, а самым высоким количеством кормовых единиц, полученных с одного гектара – посевы люцерны на сенаж, кукурузы на силос и озимой пшеницы. Одним из путей повышения данных показателей может являться проведение полива посевов парозанимающих культур рисового севооборота за счет инженерных сооружений рисовой оросительной системы при технических возможностях его осуществления.

Ключевые слова: рисовый севооборот, парозанимающие культуры, многолетние травы, укос, озимая пшеница, соя, кукуруза, продуктивность, урожайность, зеленая масса.

YIELD AND PRODUCTIVITY OF FALLOW CROPS OF RICE CROP ROTATION

Scientifically based rice crop rotation allows the most efficient use of acreage, rational use of fertilizers and other chemicals. Important in this case is the choice of steam-producing crops that affect the elements of soil fertility, the littering of fields, and the yield of rice. In addition, the crops of intermediate crops allow compacting the rice crop rotation, obtaining additional crop production without reducing the productivity of the main or related crops, as well as increasing its total yield per unit area per rotation. In this regard, the yield of accompanying crops is an important characteristic of the rice crop rotation. The aim of the research was to study the grain yield of winter wheat and soybeans, as well as the productivity of alfalfa for haylage and corn for silage, as accompanying crops, in eight-field rice crop rotations. The research was carried out in 2019-2020 within the framework of many years of stationary experience, laid down in 2019 on eight-field crop rotations of the branch of the Federal State Budgetary Institution "FRC for Rice" of the rice-growing company "Krasnoarmeysky". Accounting for the yield of winter wheat grain, soybeans and corn productivity for silage was carried out by threshing crops with harvesting equipment of the farm, alfalfa – by selecting harvest sheaves. The productivity of alfalfa for haylage and corn for silage, as well as the yield of winter wheat and soybeans in these crop rotations is shown. The yield and productivity of steam-growing crops in the conditions of the years of the study differed by relatively low values in all studied rice crop rotations. During the research period, among the studied rice crop rotation crops, alfalfa crops for haylage and corn for silage were characterized by the highest productivity, and the highest number of fodder units obtained from one hectare were alfalfa crops for haylage, corn for silage and winter wheat. One of the ways to increase these indicators may be to carry out irrigation of crops of steam-raising crops of rice crop rotation at the expense of engineering structures of the rice irrigation system, with the technical capabilities of its implementation.

Keywords: rice crop rotation, fallow crops, perennial grasses, mowing, winter wheat, soybeans, corn, productivity, yield, green mass.

Введение

Среди мероприятий, направленных на эффективное использование мелиорированных земель, первоочередное место принадлежит выбору севооборотов. Оптимальные соотношения между площадями основной и сопутствующих культур в них, продолжительность повторных посевов риса, влияющие на отдельные элементы плодородия почвы, величину урожайности и качество продукции [11].

Как известно, возделывание промежуточных культур является важным средством восстановления почвенного плодородия. Одними из основных компонентов в рисовом севообороте являются многолетние бобовые травы – люцерна, клевер. Данные культуры обогащают почву свежим органическим веществом, улучшают ее физические свойства [13]. Ценность люцерны заключается ещё и в том, что имея мощную, разветвленную корневую систему, достигающую двух и более метров, она улучшает структуру почвы, обогащает её азотом, активизирует жизнедеятельность микроорганизмов [7]. После двух-, трехлетнего возделывания люцерна может накапливать в почве около 10-12 т/га корней и пожнивных остатков, которые по содержанию азота, фосфора, калия и других элементов равноценны внесению 4-7 т/га навоза [10]. Солей под люцерной накапливается меньше, чем под другими культурами [12].

Помимо всего прочего, люцерна выделяется также высокой продуктивностью и кормовой ценностью. В её зеленой массе в среднем содержится (от абсолютно сухого вещества) 20,3 % протеина (15,3 % белка), 3 % жира, 40,7 % безазотистых экстрактивных веществ и 26,3 % клетчатки. Здесь присутствуют в значительном количестве минеральные вещества – фосфор, калий, кальций, витамины: А, В₁, В₂, D, Е, К, С [2].

Хорошими предшественниками риса могут быть и зерновые культуры, например озимая пшеница [13]. Озимые рано освобождают поля и после их уборки до наступления устойчивого осеннего похолодания остается два и более относительно теплых месяца. Это время можно использовать, в том числе, для возделывания промежуточных культур с целью получения второго урожая [1]. Большое значение имеет и тот факт, что в рисоводческих хозяйствах в данный промежуток времени можно проводить агромелиоративные мероприятия, направленные на подготовку рисовых полей к весеннему севу основной культуры – обслуживание оросительной и дренажной сетей, планировочные работы, провокационные поливы и т. д.

Немаловажная роль в рисовых севооборотах принадлежит и сое. Она отличается интенсивной агротехникой возделывания, направленной, преимущественно, на уничтожение конкурирующей сорной растительности. Это отвечает одному из основных требований к промежуточным культурам

– обеспечению поддержания оптимального фитосанитарного состояния полей. Кроме того, соя в симбиотических отношениях с клубеньковыми бактериями может достаточно активно фиксировать атмосферный азот для формирования урожая, а также накапливать его в почве, что важно для воспроизводства плодородия в рисовых чеках [8].

Стоит также отметить, что посевы парозанимающих промежуточных культур, например, кукурузы на силос, позволяют уплотнять рисовый севооборот, получать дополнительную растениеводческую продукцию (зерно, зеленую массу) без снижения продуктивности основных или сопутствующих культур, а также повышать суммарный её выход с единицы площади за одну ротацию [9].

В силу вышеуказанного можно заключить, что выбор парозанимающих культур, их урожайность и продуктивность является важной характеристикой рисового севооборота.

Цель исследований

Изучить урожайность зерна озимой пшеницы и бобов сои, а также продуктивность люцерны на сенаж и кукурузы на силос, как сопутствующих культур, в восьмипольных рисовых севооборотах.

Материалы и методы

Исследования были проведены в 2019-2020 гг. на основе многолетнего стационарного опыта, заложенного в 2019 году на восьмипольных севооборотах филиала ФГБНУ «ФНЦ риса» РПЗ «Красноармейский» Красноармейского района, отделение № 2, ОЛ-2, карта 40. Площадь опытного участка 12,8 га, почва – лугово-черноземная.

Характеристика почвы. Рисовые лугово-черноземные почвы (бывшие черноземы, луговато- и лугово-черноземные) сформированы на деградированных лёссовидных и аллювиальных породах, преимущественно тяжелого гранулометрического состава. Данные почвы характеризуются колебаниями мощности гумусового профиля от 100 до 130 см, реже – до 80 см. Содержание гумуса в верхнем горизонте рисовых лугово-черноземных почв колеблется от 3 до 4 % и несколько выше. Валового азота и фосфора в верхнем горизонте содержится 0,14-0,26 и 0,13-0,20 % соответственно. Обеспеченность подвижными элементами минерального питания достаточно высока, реакция почвенного раствора в горизонте «А» колеблется от нейтральной до среднещелочной ($pH_{\text{водн}}$ 6,6-7,9). Емкость почвенного поглощающего комплекса (ППК) изменяется от 25-30 до 35-45 мг экв./100 г.

Это почвы тяжелого гранулометрического состава, относящиеся к классу очень низкой водопроницаемости (0,025 м/сут.), среднего и легкого – соответственно к классам низкой (0,025-0,125 м/сут.) и средненизкой (0,125-0,615 м/сут.) водопроницаемости [11].

Почвы изучаемых участков (чек) характеризовались сравнительной однородностью по содер-

жанию гумуса – 4,02-4,07 %, рН – 6,67-7,01, азота общего – 0,19-0,20 %, нитратов и азота легкогидролизуемого – 0,95-1,15 и 4,7-4,9 мг/100г почвы соот-

ветственно, фосфора общего – 0,17-0,18% .

Схема опыта и возделываемые на всех вариантах культуры представлены в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта и возделываемые культуры рисового севооборота

Годы	Севообороты (варианты опыта)		
	1	2	3
2019	люцерна (под покровом овса)	кукуруза	soя
2020	люцерна	озимая пшеница	озимая пшеница
2021	рис	рис	рис
2022	рис	рис	рис
2023	рис	рис	рис
2024	занятой пар	занятой пар	занятой пар
2025	рис	рис	рис
2026	рис	рис	рис

В качестве минерального удобрения применялась нитроаммофоска: в 2019 г. – дозой $N_{24}P_{24}K_{24}$ (основное) для люцерны и сои, $N_{48}P_{48}K_{48}$ (основное + подкормка) – для кукурузы; в 2020 г – аналогичной дозой (основное + подкормка) – для пшеницы.

Учет урожайности зерна озимой пшеницы, бобов сои и продуктивности кукурузы на силос проведен методом обмолота (или в случае с кукурузой на си-

лос – скашивания) посевов уборочной техникой хозяйства, люцерны – отбором урожайных снопов [6].

Результаты и обсуждение

Как известно, урожайность сельскохозяйственных культур определяется реакцией растений на условия среды, уровень минерального питания, агротехнические приёмы и другие факторы. Полученные в опыте результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Урожайность, продуктивности кормовая эффективность парозанимающих культур на опытных участках

№ вар.	Год	Возделываемая культура	Урожайность / продуктивность, т/га	Количество кормовых единиц в полученной продукции, т корм.ед./га
1	2019	люцерна (под покровом овса)	12,81	2,56
	2020	люцерна	35,50	7,10
2	2019	кукуруза на силос	25,90	5,18
	2020	озимая пшеница	4,57	4,84
3	2019	soя	1,31	1,75
	2020	озимая пшеница	4,63	4,91

Важный фактор, влияющий на продуктивность люцерны – водный режим почвы. На весенних посевах запасы почвенной влаги обеспечивают получение всходов и их развитие в первый период жизни. Поэтому недостаток почвенной влаги может значительно снижать продуктивность этой культуры [5]. Так, после двух укосов люцерны в 2019 году было получено сравнительно небольшое количество сенажной массы – 12,81 т/га, что соответствует 3,13 т/га сухого вещества. Стоит отметить, что овес, под покровом которого находилась люцерна, был также скошен на сенаж.

При уборке кукурузы на силос также не отмечено высоких значений этого показателя. Его величины

были соответственно 25,90 т/га силосной массы и в среднем 7,12 т/га сухого вещества (в зависимости от класса силоса) [3]. Аналогичная тенденция наблюдалась и на посевах сои, урожайность бобов которой в условиях 2019 года составляла 1,31 т/га.

Как известно, максимальной продуктивности люцерна достигает на второй год жизни [4]. Так, после четырёх укосов этой культуры было получено 35,50 т/га зеленой массы, что соответствовало 11,20 т/га в пересчете на сухое вещество. Продуктивность люцерны на посевах второго года жизни была значительно выше по сравнению с первым годом.

Урожайность зерна озимой пшеницы, возделываемой на втором году исследования, составляла

4,57-4,63 т/га и характеризовалась близкими значениями по вариантам, независимо от предшественника.

Одним из способов сравнения эффективности возделывания парозанимающих культур в изучаемых севооборотах, помимо величины урожая, служит и количество кормовых единиц, получаемых из 1 кг урожая или с единицы площади посевов, например с 1 га. Этот показатель имеет большое значение, в том числе – для рисоводческих хозяйств, занимающихся, помимо возделывания риса, еще и выращиванием сельскохозяйственных животных.

Питательность кормов в кормовых единицах определяют по соотношению продуктивного действия этих кормов к 1 кг овса среднего качества. Важно отметить, что культура, характеризующаяся сравнительно малой урожайностью, может обладать высокими питательными свойствами. Например, по своей питательной ценности, выраженной в кормовых единицах, соя имеет 1,38, а люцерна – в среднем 0,49 кг корм.ед./кг урожая [14]. Поэтому урожайность и продуктивность различных парозанимающих культур рисового севооборота важно оценить в кормовых единицах, полученных с 1 гектара.

Так, если на чеках с люцерной первого года этот показатель был 2,56 т корм. ед./га, то в следующем году, в связи с увеличением числа укосов, наблюдалось его повышение – до 7,10 т корм. ед./га (табл. 2). В среднем за 2 года величина данного показателя на полях люцерны составила 4,83 т корм. ед./га, что является близким к его значению для посевов кукурузы на силос – 5,18 т корм. ед./га. Ввиду невысокого урожая, наименьшей величиной характеризовались посева сои – 1,75 т корм. ед./га

Несмотря на относительно низкую, по сравнению с люцерной и кукурузой, урожайность, практически такие же значения данного показателя – 4,84-4,91 т корм. ед./га получены и на посевах озимой пшеницы. Этот факт обусловлен, в первую очередь, ее высокой питательной ценностью – 1,06 кг корм. ед./кг продукции, в то время как, например, для силоса, этот показатель составляет 0,2 кг корм. ед./кг.

Таким образом, в период проведения исследований, среди изученных культур рисового севооборота наибольшей продуктивностью характеризовались посева люцерны на сенаж и кукурузы на силос, а самым высоким количеством кормовых единиц, полученных с одного гектара и находя-

щимся в интервале 4,83-5,18 т корм. ед./га – все представленные культуры, кроме сои.

Одним из путей повышения урожайности и продуктивности посевов парозанимающих культур рисового севооборота может являться проведение их полива за счет инженерных сооружений рисовой оросительной системы.

Так, люцерне 1-го года жизни в зависимости от возраста, способа полива и срока сева необходимо от 3 до 8 поливов. На второй год жизни люцерну рекомендуется поливать в период весеннего отрастания и в фазе бутонизации за 5-6 дней до скашивания. Важно отметить, что при одном послеукосном поливе прибавка урожая может составлять 1,2-1,6 т/га [13].

Орошение сои в рисовых чеках следует по бороздам-щелям, либо дождеванием, а за вегетационный период в зависимости от погодных условий, влажности почвы от 2 до 4 раз, при поливной норме 600-700 м³/га.

Поливать пшеницу в рисовом севообороте можно напуском по чекам при форсированном расходе воды не менее 50 л/сек. на гектар по широким полосам (30-60 м) или дождеванием. В зависимости от способа полива, поливные нормы составляют от 450 до 1200 м³/га. Полив напуском осуществляется по чекам или полосам в фазу трубкования и колошения-начала формирования зерна [13].

Выводы

Урожайность и продуктивность парозанимающих культур в условиях исследования отличались сравнительно невысокими значениями во всех изучаемых севооборотах.

Следует отметить, что при благоприятных погодных условиях представленные культуры характеризуются более высокими величинами продуктивности и урожайности в рисовых чеках.

За период проведения исследований, среди изученных культур рисового севооборота наибольшей продуктивностью характеризовались посева люцерны на сенаж и кукурузы на силос; самым высоким количеством кормовых единиц, полученных с одного гектара – озимая пшеница, люцерна на сенаж и кукуруза на силос.

Одним из путей повышения данных показателей может являться проведение полива посевов парозанимающих культур рисового севооборота за счет инженерных сооружений рисовой оросительной системы при технических возможностях его осуществления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев, Г.И. Земледелие. Учебник для вузов / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин, А.Я. Рассадин, А.Ф. Сафонов, А.М. Туликов. – М.: Колос», 2000. -551 с.
2. Высочкина, Т.Н. К обоснованию выбора способа орошения люцерны / Т.Н. Высочкина, Л.И. Высочкина // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. - 2015. - № 1 (14). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-obosnovaniyu-vybora-sposoba-orosheniya-lyutserny/viewer> (Дата обращения: 11. 08.22).
3. ГОСТ 23638-90 Силос из зеленых растений. Технические условия.
4. Дедова, Э.Б. Продуктивность люцерны в рисовом севообороте Калмыкии / Э.Б. Дедова, В.В. Бородычев,

- Г.Н. Кониева, Б.Б. Эрднеева // Плодородие. – М.: 2013. -№2 (71). - С. 33-34
5. Демкин, О.В. Рекомендации по возделыванию сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности. / О.В. Демкин, С.Б. Адыяев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов. – Элиста: ГНУ ВНИИГиМ, 2007. – 34 с.
 6. Карипов, Р.Х. Практикум по земледелию: Учебное пособие. / Р.Х. Карипов – Астана.- 2005 г.
 7. Кауричев, И.С. Почвоведение. / И.С. Кауричев, И.П. Гречин – М.: Колос, 1969. – 138 с.
 8. Кравченко, А.В. Обоснование технологических приемов возделывания сои в рисовых севооборотах / А.В. Кравченко // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук 06.01.09, 06.01.02.: защищена 28.04.2007 г.– Саратов, 2007. -27 с.
 9. Основные и сопутствующие культуры рисового севооборота – Режим доступа: <https://racechrono.ru/risovye-sevooboroty/4308-osnovnye-i-soputstvuyushchie-kultury-risovogo-sevooborota.html>(Дата обращения:11.08.22).
 10. Писковацкий, Ю.М., Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели. (Рекомендации) / Ю.М. Писковацкий, В. М. Косолапов, В. Е. Михалев, Г. В. Степанова, Н. И. Переправо, Л. Ф. Соложенцева, М. Г. Ломова. – М.: ФГУ РЦСК, 2008. - 39 с.
 11. Система рисоводства Краснодарского края / под общ. ред. Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.
 12. Тулякова, З.Ф. Рис на засоленных землях / З.Ф. Тулякова. – М.: Колос, 1978. – 239с.
 13. Тулякова, З.Ф. Рис на Северном Кавказе / З.Ф. Тулякова. – Ростов-на-Дону : Кн. изд-во, 1973. - 116 с.
 14. Фаритов, Т. А. Корма и кормовые добавки для животных: Учебное пособие. / Т. А. Фаритов – СПб.: Издательство «Лань», 2010 -304 с.

REFERENCES

1. Bazdyrev, G.I. Agriculture. Textbook for universities / G.I. Bazdyrev, V.G. Loshakov, A.I. Puponin, A.Ya. Rassadin, A.F. Safonov, A.M. Tulikov. – М.: Kolos”, 2000. -551 p.
2. Vysochkina, T.N. To substantiate the choice of the method of irrigation of alfalfa / T.N. Vysochkina, L.I. Vysochkina // *Univerzum: Technical sciences: electron. scientific. journal.* - 2015. - № 1 (14). Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-obosnovaniyu-vybora-sposoba-orosheniya-lyutserny/viewer> (Date of application:11. 08.22).
3. GOST 23638-90 Silage from green plants. Technical conditions.
4. Dedova, E.B. Productivity of alfalfa in the rice crop rotation of Kalmykia / E.B. Dedova, V.V. Borodychev, G.N. Konieva, B.B. Erdneeva // *Fertility.* – М.: 2013. -№2 (71). - P. 33-34
5. Demkin, O.V. Recommendations for the cultivation of associated crops of rice crop rotations of the Sarpinsk lowland. / O.V. Demkin, S.B. Adyaev, E.B. Dedova, M.A. Sazanov. – Elista: GNU VNIIGiM, 2007. – 34 p.
6. Karipov, R.H. Practical training on agriculture: A textbook. / R.H. Karipov – Astana.- 2005
7. Kaurichev, I.S. Soil science. / I.S. Kaurichev, I.P. Grechin – М.: Kolos, 1969. - 138 p.
8. Kravchenko, A.V. Justification of technological methods of soybean cultivation in rice crop rotations / A.V. Kravchenko // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences 06.01.09, 06.01.02.: defended 28.04.2007– Saratov, 2007. -27 p.
9. Main and related crops of rice crop rotation – Access mode: <https://racechrono.ru/risovye-sevooboroty/4308-osnovnye-i-soputstvuyushchie-kultury-risovogo-sevooborota.html>(Date of application:11. 08.22).
10. Piskovatsky, Yu. M. Agrotechnics of cultivation of alfalfa varieties of selection of the V. R. Williams Research Institute of Feed for seed and feed purposes. (Recommendations) / Yu.M. Piskovatsky, V. M. Kosolapov, V. E. Mikhalev, G. V. Stepanova, N. I. Perepravo, L. F. Solozhentseva, M. G. Lomova – М.: Federal State University of the Russian Academy of Sciences, 2008. - 39 p.
11. The rice growing system of the Krasnodar Territory / under the general ed. of E.M. Kharitonov. – Krasnodar: Research Institute of Rice, 2011. – 316 p.
12. Tulyakova, Z.F. Rice on saline lands / Z.F. Tulyakova. – М.: Kolos, 1978. – 239 p.
13. Tulyakova, Z.F. Rice in the North Caucasus / Z.F. Tulyakova. – Rostov-on-Don : Publishing House, 1973. - 116 p.
14. Faritov T. A. Animal feed and feed additives: A textbook. / Faritov T. A. – St. Petersburg: Publishing House “Lan”, 2010 -304 p.

Виктор Викторович Гергель

Младший научный сотрудник
лаборатории земледелия
E-mail: arri_kub@mail; merirka@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

Viktor Viktorovich Gergel

Junior Researcher
of the Laboratory of Agriculture
E-mail: arri_kub@mail; merirka@mail.ru

All: FSBI«FRC for Rice»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-61-66
УДК 633.18:631.16:658.155:631.84

Белоусов И.Е., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ФОСФОГИПСА НА СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ В РИСОВОЙ СОЛОНЦОВОЙ ПОЧВЕ

Химическая мелиорация является основным мелиоративным приемом, используемым на солонцовых почвах. Теоретической основой гипсования является признание ведущей роли иона натрия в солонцовом процессе почвообразования. Установлено, что с наличием этого иона связаны такие неблагоприятные свойства солонцовых почв, как высокая дисперсность органической и минеральной частей, щелочная реакция, резкая дифференциация почвенного профиля, отрицательные физико-химические и физические свойства иллювиальных горизонтов. Внесение в почву мелиорантов вызывает процесс обменного вытеснения ионов натрия ионами кальция из почвенно-поглощающего комплекса (ППК), что коренным образом улучшает свойства солонцовых почв и повышает их продуктивность. Мелиоранты, как кальциевые удобрения, обладают определенным последствием. Его продолжительность зависит от дозы, потерь кальция с фильтрационными и сбросными водами, выноса с урожаями сельскохозяйственных культур. Изучение длительности действия мелиорирующих веществ имеет большое практическое значение, так как оно определяет периодичность их внесения на солонцовых почвах. Установлено, что на следующий год после внесения мелиоранта в паровом звене рисового севооборота не наблюдалось реставрации осолонцованности. Динамика содержания водорастворимого и обменного натрия обуславливалась как погодными условиями (температура воздуха, режим увлажнения), так и обработками почвы. Эффект от внесения фосфогипса проявился в значительном снижении содержания водорастворимого и обменного натрия как по почвенным горизонтам, так и в слое 0-60 см в целом.

Ключевые слова: рис, солонцовая почва, химическая мелиорация, фосфогипс, последствие, водорастворимый и обменный натрий.

INFLUENCE OF PHOSPHOGYPSUM EFFECT ON SODIUM CONTENT IN RICE SOIL

Chemical reclamation is the main reclamation technique used on solonchic soils. The theoretical basis of gypsuming is the recognition of the leading role of the sodium ion in the solonchic soil formation process. It has been established that the presence of this ion is associated with such unfavorable properties of solonchic soils as a high dispersion of organic and mineral parts, an alkaline reaction, a sharp differentiation of the soil profile, and negative physicochemical and physical properties of illuvial horizons. The introduction of ameliorants into the soil causes the process of exchange displacement of sodium ions by calcium ions from the soil-absorbing complex (SPC), which radically improves the properties of solonchic soils and increases their productivity. Ameliorants, like calcium fertilizers, have a certain aftereffect. Its duration depends on the dose, calcium losses with seepage and waste waters, and removal with crops. The study of the duration of action of ameliorative substances is of great practical importance, since it determines the frequency of their application on solonchic soils. It was found that the next year after the introduction of the ameliorant in the fallow link of the rice crop rotation, there was no restoration of alkalinity. The dynamics of the content of water-soluble and exchangeable sodium was determined both by weather conditions (air temperature, moisture regime) and tillage. The effect of the introduction of phosphogypsum was manifested in a significant decrease in the content of water-soluble and exchangeable sodium both in soil horizons and in the 0-60 cm layer as a whole.

Key words: rice, solonchic soil, chemical melioration, phosphogypsum, aftereffect, water-soluble and exchangeable sodium.

Введение

Одним из важнейших резервов повышения валовых сборов зерна риса является повышение его урожайности на солонцах и солонцовых почвах. На рисовых оросительных системах Краснодарского края солонцовые почвы занимают около 4 тыс. га. Они преимущественно распространены в правобережной части дельты р. Кубани, к северу и востоку от Ангелинского ерика. Значительные площади занимают солонцы и солонцовые почвы на второй

террасе р. Кубани между станциями Марьянской и Новомышастовской.

Солонцами называют почвы, имеющие значительное количество натрия в составе поглощенных катионов. Они характеризуются четкой дифференциацией профиля на горизонты: гумусово-элювиальный или надсолонцовый (A), сильно уплотненный иллювиальный или солонцовый (B₁), подсолонцовый (B₂) и переходный к почвообразующей породе (BG). В двух последних горизонтах

обычно содержатся водорастворимые соли (хлориды, сульфаты и карбонаты натрия, магния и др.).

В зависимости от количества поглощенного натрия все почвы подразделяют на следующие группы (по И.Н. Антипову-Каратаеву): при содержании его не более 3-5 % от емкости поглощения их считают несолонцеватыми; если содержание поглощенного натрия составляет 5-10 % от емкости поглощения, почвы называют слабосолонцеватыми, 10-20 % - солонцеватыми и более 20% - солонцами. Остальная часть емкости поглощения представлена ионами кальция, магния и калия. Иногда поглощенный натрий в солонцах достигает 80% и более от емкости поглощения, то есть он становится почти единственным поглощенным катионом. Количество водорастворимых солей в солонцах небольшое – не превышает 0,25 % от массы почвы [6].

Приурочены эти почвы обычно к замкнутым понижениям с уровнем залегания грунтовых вод от 0,5 до 3 м. Залегают они как отдельно, так и в комплексе с зональными почвами и нуждаются в мелиорации, т. к. урожайность сельскохозяйственных культур на них невелика. Кроме того, эти почвы подвергаются вторичному засолению содового химизма при орошении водами, содержащими повышенные концентрации натрия и магния, а также после подъема содовых грунтовых вод. В результате гидролитических процессов происходит насыщение почвенного поглощающего комплекса магнием и натрием, а неблагоприятные физические, физико-химические и физико-механические свойства солонцов препятствуют их своевременной обработке, подготовке к посеву и уборке урожая.

Солонцы и солонцеватые почвы характеризуются неблагоприятными физическими, физико-химическими и физико-химическими свойствами, низким плодородием, что обусловлено высоким содержанием в них поглощенных натрия и магния. Во влажном состоянии эти почвы сильно набухают, становятся трудноводопроницаемыми, вязкими, липкими, а в сухом состоянии превращаются в плотную твердую массу, плохо поддающуюся обработкам [5, 6, 8].

Солонцовые территории обладают, как правило, сложным комплексным почвенным покровом, представленным разнообразными солонцами и различной степени солонцеватости зональными почвами. При этом солонцы могут занимать от 5-10 до 70 % и более от общей площади солонцовых комплексов. Неоднородность почвенного покрова солонцовых территорий препятствует своевременному проведению обработок почвы и посева культур благодаря медленному просыханию солонцов и отставанию их «спелости» от «спелости» окружающих зональных почв, что снижает продуктивность всей обрабатываемой площади [6, 8].

Химическая мелиорация является основным мелиоративным приемом, используемым на со-

лонцовых почвах. Она заключается в вытеснении обменных натрия и магния из ППК и замещении их кальцием, уменьшении щелочности, улучшении физических и физико-химических свойств почв. [8, 9, 10].

Замена в ППК поглощенного натрия на кальций сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, т.к. кальций как бы «склеивает» почвенные частицы, почва приобретает прочную комковатую структуру, улучшаются физические, физико-химические и др. свойства, водопроницаемость и аэрация, облегчается ее обработка [4, 9]. Мелиоранты, как кальциевые удобрения, обладают определенным последствием. Его продолжительность зависит от дозы мелиоранта, потерь кальция с фильтрационными и сбросными водами, выноса с урожаями сельскохозяйственных культур. Изучение длительности действия мелиорирующих веществ имеет большое практическое значение, так как оно определяет периодичность их внесения на солонцовых почвах. В связи с большим разнообразием этих почв, в литературе встречаются довольно противоречивые сведения относительно продолжительности действия мелиорантов, что определяется не только генетическими особенностями солонцов, возделываемыми культурами, но и множеством других факторов [2, 7].

Основным способом мелиорации солонцовых почв является химический, при котором вносят кальцийсодержащий материал для вытеснения обменных натрия и магния из почвенно-поглощающего комплекса и замены их кальцием.

Для окультуривания солонцов, наряду с внесением химических мелиорантов, используют и другие приемы: глубокую обработку для использования карбонатов кальция или гипса самой почвы (самомелиорация почвы), внесение органических и минеральных удобрений, а также травосеяние на фоне орошения.

В последнее время все чаще первоисточником карбонатов натрия является источник орошения. В прошлом проблема качества воды не возникала, так как речная вода имела незначительную концентрацию солей (0,2-0,3 г/л), т. е. отличалась благоприятным солевым составом. За последние годы ее минерализация увеличилась: отмечается тенденция к дальнейшему росту ее уровня с преобладанием ионов натрия над кальцием и появлением гидрокарбонатов. Это вызывается общей зарегулированностью стока, возрастанием роли испарения, увеличением возвратных вод, прошедших через почвы и грунты оросительных систем, возрастанием объема сброса в реки городских и промышленных вод.

Вода считается вполне пригодной для орошения при содержании солей не более 1 г/л и лишь в отдельных случаях – до 1,5 г/л. При общем содержании солей 4 г/л в первый же год орошения отме-

чаются признаки засоления почвы. Для орошения следует использовать только пресные и слабосоленоватые воды.

Вода р. Кубани, используемая для орошения рисовых чеков, является гидрокарбонатно-кальциевой (натриевой), содержит в своем составе около 34 мг/л кальция и 32 мг/л натрия и имеет слабощелочную реакцию (рН 8,2). Поскольку содержание натрия в оросительной воде практически равно содержанию кальция, то это может способствовать вторичному осолонцеванию почв, используемых под рис [5].

В течение ряда лет в ФГБНУ «ФНЦ риса» в условиях стационарных опытов определялась эффективность и продолжительность действия различных мелиорантов в рисовом севообороте, изучалось влияние их действия и последствий на состав поглощенных оснований и урожайность культур рисового севооборота. Установлено, что химическая мелиорация рисовых солонцовых почв, проведенная кальцийсодержащим соединением – фосфогипсом, улучшает их физико-химические свойства, как при прямом действии, так и за счет последствий. Это выражается, прежде всего, в увеличении доли кальция в ППК при одновременном снижении количеств магния и натрия. При этом длительность мелиорирующего эффекта фосфогипса в условиях рисового севооборота на солонцовых почвах, при содержании в ППК обменного натрия от 10 до 20 %, составляет 4 года. С такой же периодичностью необходимо проводить и химическую мелиорацию этих участков [8].

В рисовом севообороте, помимо риса, возделываются и парозанимающие культуры. На солонцовых почвах в богарном звене севооборота возможна реставрация осолонцованности за счет подтягивания вымытого в более глубоко лежащие горизонты натрия в верхние слои почвы. Поэтому определенный интерес представляет изучение содержания натрия в почве на следующий год после внесения фосфогипса с целью определения эффективности проведенной мелиорации не только в «рисовом» звене севооборота, но и для богарных культур [3].

Цель исследований

Установить влияние внесения фосфогипса на содержание натрия в солонцовой почве.

Материалы и методы

Исследования проводились в условиях полевого опыта на РОС ОПУ ФГБНУ «ФНЦ риса». Почва лугово-чернозёмная солонцовая тяжелосуглинистая, характеризуется следующими показателями: рН водной вытяжки – 7,91, содержание гумуса, общих форм азота, фосфора и калия соответственно

2,55, 0,14, 0,19 и 0,73 %. Количество легкогидролизуемого азота – 3,61, обменного аммония – 0,62, нитратов – 1,14, подвижного фосфора – 6,28, подвижного калия – 31,4 мг/100 г, сумма поглощенных оснований 33,6 мг-экв./100 г.

Схема опыта:

1. Контроль
2. Фосфогипс, 12 т/га

Площадь каждого варианта – 2 га, повторность двукратная. Предшественник рис 3 года.

Почвенные пробы отбирались с фиксированных площадок площадью 25 м² (5 x 5 м), заложенных на каждом варианте опыта. Отбор проводился из слоев почвы 0-20, 20-40 и 40-60 см. Сроки отбора: перед посевом, через 30, 60, 90 и 120 дней после посева, после уборки. В них определяли:

- водорастворимый натрий – на пламенном фотометре [1];
- обменный натрий – на пламенном фотометре [1].

Результаты и обсуждение

Среди неблагоприятных факторов внешней среды, оказывающих отрицательное воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур, избыток водорастворимых солей в почве является наиболее ощутимым [10, 11, 12, 13, 14, 15]. Он вызывает изреживание всходов, тормозит рост и развитие растений, резко снижая их продуктивность. Активно засоленные почвы содержат в верхнем метровом слое значительные количества легкорастворимых солей натрия и магния, из которых наиболее токсичны для растений хлориды, карбонаты и бикарбонаты. Характерной особенностью таких почв являются низкий уровень плодородия, рН почвенного раствора от 7,3-7,5 до 8-9. Во влажном состоянии такие почвы набухают, плохо пропускают воду, а при высыхании уплотняются, их обработка затруднена [3, 8].

В естественных условиях основное количество солей растворено в почвенной влаге и на растении воздействует именно почвенный раствор. Если при возделывании риса после затопления чека концентрация солей в растворе уменьшается из-за значительного разбавления, а часть солей промывается, снижая тем самым негативное воздействие на растения, то для культур богарного земледелия (парозанимающее звено) такой эффект отсутствует и улучшить плодородие почв можно только путем химической мелиорации. Поэтому важно проследить динамику изменения содержания подвижных солей натрия в почве после внесения мелиорантов именно в паровом звене рисового севооборота. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Динамика содержания водорастворимого натрия при последствии фосфогипса, мг/100 г почвы

Вариант	Горизонт, см	Срок отбора					
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Контроль (к.21)	0 - 20	40,5	60,8	62,4	65,76	24,2	102,4
	20 - 40	63	104,0	71,26	91,59	40,0	57,6
	40 - 60	82	103,0	125,50	172,80	67,0	52,8
Фосфогипс (к. 21)	0 - 20	38	24,3	43,68	21,30	10,0	26,4
	20 - 40	44	31,2	64,48	19,0	15,2	29,6
	40 - 60	41	37,4	86,59	22,53	11,6	34,4
Контроль (к.22)	0 - 20	70	64,5	43,68	86,69	44,0	25,6
	20 - 40	77	104,8	67,58	113,8	80,0	57,6
	40 - 60	86	140,4	146,88	145,6	100,0	45,2
Фосфогипс (к. 22)	0 - 20	77	30,2	66,56	22,70	39,2	38,4
	20 - 40	52	49,5	130,40	47,47	68,0	62,4
	40 - 60	73	79,7	212,20	63,49	76,0	89,6

Как следует из представленных данных, содержание водорастворимого натрия четко дифференцировалось как от почвенного горизонта, так и под влиянием проведенной мелиорации. В начальный срок наблюдений (апрель) не было выявлено значительных различий между вариантами опыта. Это связано с тем, что в отчетном году оба чека были отведены под мелиоративное поле (чистый пар), поэтому в ранневесенний период обработок почвы не проводилось, что способствовало подтягиванию солей натрия из нижележащих горизонтов в более высокие (пахотный и подпахотный). По мере подсыхания почвы и проведения ее обработок наметились четкие различия как между почвенными горизонтами, так и вариантами опыта. Так, если в слое 0-20 см почвы фонового варианта на протяжении трех сроков наблюдения (май – июль) содержалось 60-65 мг/100 г водорастворимого натрия, то в подпахотном – 71-104, а слое 40-60 см – 103-107 мг/100 г почвы. Резкое снижение количеств натрия в августе связано с обильными осадками, обусловившими его про-

мывание в нижележащие слои почвы. Напротив, повышение его содержания в сентябрьский срок наблюдений объясняется подтягиванием водорастворимого натрия с почвенной влагой из нижележащих горизонтов в результате установившейся сухой жаркой погоды и длительным отсутствием осадков.

В свою очередь, почва мелиорированного варианта характеризовалась низким содержанием водорастворимого натрия. В пахотном слое оно составляло в среднем около 25 мг/100 г на протяжении всего периода наблюдений, такая же закономерность была выявлена и остальных горизонтов почвы. Значительное увеличение содержания натрия в июньский срок наблюдения связано, скорее всего, с обильными осадками, прошедшими в первой половине этого месяца, и резким повышением температуры воздуха начиная с третьей декады, что обусловило подтягивание вымытого в нижележащие горизонты натрия.

Результаты определения содержания обменного натрия представлены в таблице 2.

Таблица 2. Динамика содержания обменного натрия при последствии фосфогипса, мг/100 г почвы

Вариант	Горизонт, см	Срок отбора					
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Контроль (к.21)	0 - 20	150	100	125	125	125	300
	20 - 40	237	187	175	162,5	162,5	150
	40 - 60	375	312	400	325	200	137,5
Фосфогипс (к. 21)	0 - 20	125	95	125	62,5	75	125
	20 - 40	155	100	175	62,5	62,5	75
	40 - 60	267,5	150	300	75,0	75	107,5
Контроль (к.22)	0 - 20	87,5	75	120	87,5	137,5	137,5
	20 - 40	237,5	100	225	112,5	100	150
	40 - 60	375,0	187	525	200,0	250	500
Фосфогипс (к. 22)	0 - 20	87,5	125	125	137,5	100	132,5
	20 - 40	212,5	150	200	275	175	125
	40 - 60	375,0	250	225	350	225	200

Была установлена четкая дифференциация по содержанию этого элемента по почвенным горизонтам. По всем вариантам опыта наименьшие количества обменного натрия наблюдались в пахотном слое почвы. Так, на немелиорированном варианте оно изменялось в пределах от 100 до 125 мг/100 г практически на протяжении всего периода наблюдений. Резкое увеличение концентрации обменного натрия отмечено в сентябре, когда оно возросло от 125 до 300 мг/100 г, что связано, вероятно, с длительной засухой и подтягиванием его из нижележащих слоев почвы. На мелиорированном варианте содержание обменного натрия в пахотном слое было значительно ниже и находилось в пределах от 62 до 125 мг/100 г.

С глубиной концентрация обменного натрия увеличивалась. Так, в подпахотном горизонте его содержалось 150-237 мг/100 г на контрольном варианте и 62,5 – 155 мг/100 г на мелиорированном. В еще более глубоком слое почвы, 40-60 см, оно увеличилось до 200-375 и 75-300 мг/100 г соответственно. Такое распределение говорит, во-первых, о глубине залегания солонцового горизонта и, во-вторых, об эффективности проведенной годом ранее химической мелиорации. На протяжении всего периода наблюдений в почве гипсованных вариантов содержание обменного натрия по почвенным горизонтам было намного ниже, что говорит о его вытеснении из состава ППК кальцием мелиоранта и перемещением за пределы корнеобитаемого слоя [3].

Таким образом, на следующий год после внесения мелиоранта в паровом звене рисового сево-

борота не наблюдалось реставрации осолонцованности. Динамика содержания водорастворимого и обменного натрия обуславливалась как погодными условиями (температура воздуха, режим увлажнения), так и обработками почвы. Эффект от внесения фосфогипса проявился в значительном снижении содержания водорастворимого и обменного натрия как по почвенным горизонтам, так и в слое 0-60 см в целом.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. Химическая мелиорация рисовых солонцовых почв, проведенная кальцийсодержащим соединением – фосфогипсом, улучшает их физико-химические свойства, как при прямом действии, так и за счет последствия. Это выражается, прежде всего, в увеличении доли кальция в ППК при одновременном снижении количеств магния и натрия. Длительность мелиорирующего эффекта фосфогипса в условиях рисового севооборота на солонцовых почвах, при содержании в ППК обменного натрия от 10 до 20 %, составляет 4 года.

2. На следующий год после внесения мелиоранта в паровом звене рисового севооборота не наблюдалось реставрации осолонцованности. Динамика содержания водорастворимого и обменного натрия обуславливалась как погодными условиями (температура воздуха, режим увлажнения), так и обработками почвы. Эффект от внесения фосфогипса проявился в значительном снижении содержания водорастворимого и обменного натрия как по почвенным горизонтам, так и в слое 0-60 см в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследований почв. - М.: Наука, 1975. - 656 с.
2. Андреева, Н.П. Особенности физических и химических свойств сильноосолонцованной перегнойно-глеевой почвы нижней дельты Кубани / Н.П. Андреева // Проблемы диагностики и мелиорации солонцов: Сборник статей / Под ред. Орлова Д.С. – Новочеркасск, 1980. – С. 101-105.
3. Белоусов, И.Е. Влияние последствия фосфогипса на реакцию почвенного раствора и содержание натрия в рисовой солонцовой почве / И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин, Л.А. Швыдкая, О.А. Слепцова // Сборник статей Международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования», с. Соленое Займище, ФГБНУ ПНИАЗ, 28 февраля 2018 г. – С. 680-687
4. Вальков, В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, И.Т. Трубилин, Н.С. Котляров, Г.Н. Соляник. – Ростов-на-Дону, Издательство СКНЦ ВШ, 1996. – 192 с.
5. Кремзин, Н.М. Химическая мелиорация солонцов при возделывании риса / Н.М. Кремзин, И.Е. Белоусов // Рисоводство. – 2008. - № 13. - С.50-53.
6. Кремзин, Н.М. Химическая мелиорация солонцовых почв / Н.М. Кремзин, И.Е. Белоусов. - Краснодар, ФАНО ФГБНУ «ФНЦ риса», 2022. – 6 с.
7. Пак, К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия /К.П. Пак. - М., «Колос», 1975. – 384 с.
8. Система мероприятий по защите посевов риса от вредителей, болезней, сорняков и применение химических мелиорантов в рисоводстве (рекомендации) / С.В. Гаркуша, Н.М. Кремзин, И.Е. Белоусов, Л.А. Швыдкая, В.В. Гергель, О.И. Слепцова. – Краснодар, 2018. - 36 с.
9. Тулякова, З.Ф. Рис на засоленных землях. /З.Ф. Тулякова. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
10. Тур, Н.С. Особенности возделывания риса на засоленных землях. / Н.С. Тур. - Краснодар: Кн. изд-во, 1978. – 112 с.
11. Шеуджен, А.Х. Агрохимия фосфогипса в рисовом агроценозе /А.Х. Шеуджен, С.В. Гаркуша, Т.Н. Бондарева, Н.М. Кремзин, П.Н. Хачмаук. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2021. - 156 с.
12. Davis, R.D. Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley / R.D. Davis, P.H.T. Beckett, E.

Wolian // Plant Soil. – 49. - 1978. – 395 p.

13. Gough, L.P. Element concentration toxic to plants, animal and man / L.P. Gough, H.T. Shacklette, A.A. Case // U.S. geol. Surv. Bull, 1979. - P.80.

14. Krishnamurty, R. Effect of NaCl on inorganic ions, growth and yield of rice / R. Krishnamurty, M. Anbazhagan, K.A. Bhagwat // Oryza. - 1987. - V. 24. - № 1. – P. 66-69.

15. Singh, S. Influence of exchangeable sodium on yield of pea and its chemical composition and nutrient uptake / S. Singh, I. Abrol // Indian I. agr. Sc.- 1983. -V. 53. -№ 8. - P.686-89

REFERENCES

1. Agrochemical methods of soil research. - M.: Science, 1975. - 656 p.

2. Andreeva, N.P. Peculiarities of physical and chemical properties of strongly saline humus-gley soil of the lower delta of Kuban / N.P. Andreeva. - Problems of diagnostics and melioration of solonchaks: Collection of articles / Ed. Orlova D.S. - Novocheboksary, 1980. - P. 101-105.

3. Belousov, I.E. Influence of phosphogypsum aftereffect on the reaction of soil solution and sodium content in rice solonchak soil / I.E. Belousov, N.M. Kremzin, L.A. Shvydkaya, O.A. Sleptsova - International Scientific and Practical Internet Conference “Modern Ecological State of the Environment and Scientific and Practical Aspects of Rational Nature Management”, p. Solonoye Zaimishche, FGBNU PNIAZ, February 28, 2018. - P. 680-687.

4. Valkov, V.F. Soils of the Krasnodar Territory, their use and protection / V.F. Valkov, Yu.A. Shtompel, I.T. Trubilin, N.S. Kotlyarov, G.N. Solyanik. - Rostov-on-Don, Publishing house SKNTS VSH, 1996. - 192 p.

5. Kremzin, N.M., Chemical reclamation of solonchaks in the cultivation of rice / N.M. Kremzin, I.E. Belousov // Rice growing. – 2008. - № 13. - P.50-53

6. Kremzin, N.M. Chemical melioration of solonchak soils / N.M. Kremzin, I.E. Belousov. - Krasnodar, FASO Federal State Budgetary Institution “FNTs Rice”, 2022. - 6 p.

7. Pak, K.P. Salt licks of the USSR and ways to increase their fertility / K.P. Pak. - M.: “Spike”, 1975. - 384 p.

8. System of measures to protect rice crops from pests, diseases, weeds and the use of chemical ameliorants in rice growing (recommendations) / S.V. Garkusha, N.M. Kremzin, I.E. Belousov, L.A. Shvydkaya, V.V. Gergel, O.I. Sleptsova. - Krasnodar, 2018. - 36 p.

9. Tulyakova, Z.F. Rice in saline lands / Z.F. Tulyakova. - M.: Kolos, 1978. - 240 p.

10. Tour, N.S. Features of rice cultivation on saline lands / N.S. Tour. - Krasnodar: Book. publishing house, 1978. - 112 p.

11. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry of phosphogypsum in rice agrocenosis /A.Kh. Sheudzhen, S.V. Garkusha, T.N. Bondareva, N.M. Kremzin, P.N. Khachmamuk. - Maikop: JSC “Polygraph-Yug”, 2021. - 156 p.

12. Davis, R.D. Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley / R.D. Davis, P.H.T. Beckett, E. Wolian // Plant Soil. – 49. - 1978. – 395 p.

13. Gough, L.P. Element concentration toxic to plants, animal and man / L.P. Gough, H.T. Shacklette, A.A. Case // U.S. geol. Surv. Bull, 1979. - P. 80.

14. Krishnamurty, R. Effect of NaCl on inorganic ions, growth and yield of rice / R. Krishnamurty, M. Anbazhagan, K.A. Bhagwat // Oryza. - 1987. - V. 24. - № 1. – P. 66-69.

15. Singh, S. Influence of exchangeable sodium on yield of pea and its chemical composition and nutrient uptake / S. Singh, I. Abrol // Indian I. agr. Sc., 1983. - V. 53. - № 8.- P.686-89

Игорь Евгеньевич Белоусов

Старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии и почвоведения
E-mail: igor_bel06@mail.ru

Igor Evgenievich Belousov

Senior Researcher laboratories
of agrochemistry and soil science,
E-mail: igor_bel06@mail.ru

Все: ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, Россия, г. Краснодар,
пос. Белозерный, 3

All: FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-67-74
УДК 57.085.23

Савенко Е.Г., канд. биол. наук,
Глазырина В.А.,
Шундрин Л.А.,
Подрез Е.В.
г. Краснодар, Россия

МОРФОГЕНЕЗ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ *IN VITRO* ПЕРЦА СЛАДКОГО *CAPSICUM ANNUUM L.*

Изучены факторы, влияющие на морфогенез в культуре пыльников 8-ми образцов перца сладкого в условиях *in vitro*: стимулирующее влияние состава шести вариантов индукционных агаризированных питательных сред и трех вариантов предварительного воздействия высоких и низких положительных температур на эмбриогенную способность микроспор в пыльниках. При культивировании эксплантов (пыльников) в применяемых экспериментальных условиях наблюдались следующие типы реакции *in vitro*: каллусогенез, приводящий к пролиферации неэмбриогенного каллуса; органогенез в каллусах без образования ростков (корни, листья, стебли без листьев); прямой эмбриогенез, приводящий к развитию компактных, круглых, молочно-белых эмбрионов в лопнувших пыльниках. Получен эффект при воздействии на экспланты пониженной положительной температурой (+5 °C), что выразилось в повышении эмбрио- и каллусогенной способности микроспор ряда образцов. Лучший результат отмечен при однодневной предобработке бутов до введения в культуру *in vitro* и последующей 7-дневной холодной предобработке пыльников, инокулированных на питательную среду варианта № 2. Эксплантаты производили либо неэмбриогенные каллусы, либо прямые эмбриониды, дающие побеги на пыльнике. Эмбриониды на питательной среде варианта № 2 появлялись в пыльниках после 35-40 дней культивирования. На 60-е сутки культивирования отдельные эмбриониды генотипов *ms Лум x Ф46 Km21-8-1*, *ms Ип. Мур x Ф46 Km227-0-6* и *ms Янт. x SKK 42* превращались в регенерированные растения без переноса на среды для регенерации.

Ключевые слова: перец сладкий, андрогенез, каллус, эмбриониды, питательные среды.

MORPHOGENESIS IN ANTHHER CULTURE *IN VITRO* OF SWEET PEPPER *CAPSICUM ANNUUM L.*

The factors influencing morphogenesis in anther culture of 8 samples of sweet pepper under *in vitro* conditions were studied: the stimulating effect of the composition of six variants of induction agarized nutrient media and three variants of the preliminary effect of high and low positive temperatures on the embryogenic ability of microspores in anthers. When cultivating explants (anthers) under applied experimental conditions, the following types of *in vitro* reactions were observed: callusogenesis, leading to proliferation of non-embryogenic callus; organogenesis in callus without the formation of sprouts (roots, leaves, stems without leaves); direct embryoidogenesis, leading to the development of compact, round, milky-white embryos in burst anthers. The effect was obtained when the explants were exposed to a reduced positive temperature (+5 °C), which resulted in an increase in the embryonic and callus-forming ability of microspores of a number of samples. The best result was observed with a one-day pretreatment of butes before *in vitro* introduction into culture and subsequent 7-day cold pretreatment of anthers inoculated on the nutrient medium of variant No. 2. Explants were produced by either non-embryogenic callus or direct embryoids giving shoots on the anther. Embryoids on the nutrient medium of variant No. 2 appeared in anthers after 35-40 days of cultivation. On the 60th day of cultivation, individual embryos of the genotypes *ms Lum x F46 Km21-8-1*, *ms Ip. Mur x F46 Km227-0-6* and *ms Yant. x SKK 42* were transformed into regenerated plants without transfer to regeneration media.

Key words: sweet pepper, androgenesis, callus, embryoids, nutrient media.

Введение

В гибридной селекции F₁ сначала должны быть получены гомозиготные чистые родительские линии. Их производство возможно либо с помощью классического селфинга, либо по технологии удвоенных гаплоидов (DH), которая является удобной альтернативой классической селекции для получения чистых линий, необходимых для производства гибридных семян. Ускоряется процесс за счет сокращения классических 6-8 поколений са-

моопыления [2]. Одним из наиболее эффективных способов получения ДН является индуцированный андрогенез в микроспорах [6]. Благодаря андрогенезу микроспоры либо после выделения из пыльников (изолированная культура микроспор), либо внутри пыльников (культура пыльников) в условиях *in vitro* отклоняются от своего первоначального гаметофитного пути. Растения могут быть непосредственно регенерированы путем микроспорового, гаплоидного эмбриогенеза или косвенно посред-

ством органогенеза из каллусов, полученных из микроспор [5, 7]. После удвоения хромосом гаплоидных особей в результате получают 100 % гомозиготное растение (чистая линия) с генетическим происхождением исключительно из микроспоры. Этот биотехнологический подход к удвоенной гаплоидии может быть индуцирован у ряда видов покрытосеменных. По состоянию на 2003 год протоколы для андрогенеза описаны более, чем для 250 видов растений [3]. Однако эффективность производства ДН у многих культур, представляющих селекционный интерес, все еще очень низкая. Хорошим примером являются те, которые относятся к семейству пасленовых [4]. Среди пяти основных пасленовых культур (табак, перец, картофель, помидоры и баклажаны), в настоящее время только у одного табака технология эффективного получения ДН из пыльников и изолированных культур микроспор достаточно развита. Другие виды все еще считаются «непокорными». Ограничениями, связанными с использованием этой технологии, являются низкая способность к эмбриогенезу и регенерации, высокая частота альбинизма, искажение сегрегации и низкая частота удвоения хромосом для получения ДН [1].

Цель исследований

Изучить факторы, влияющие на морфогенез в культуре пыльников перца сладкого в условиях *in vitro*.

Материалы и методы

В исследованиях использовали 7 образцов перца сладкого отдела овощекартофелеводства «ФНЦ риса» и сорт Здоровье (коммерческие семена фирм Аэлита, Русский огород, Агроуспех) (табл. 1). Растения-доноры выращивали в теплицах и в вегетационных камерах при 6-ти часовом периоде и освещенности 7-8 клк. Объектом исследования служили изолированные бутоны с пыльниками. Перед введением в культуру *in vitro* для определения стадии развития с помощью препаровальных игл микроспоры выделяли из пыльников под бинокулярном на предметное стекло, добавляли каплю

ацетокармина, накрывали покровным стеклом и микроскопировали при 200 и 400-кратном увеличении. В дальнейшем, опираясь на исследования с окрашиванием, одноядерную стадию развития определяли экспресс-методом по форме микроспор непосредственно перед инокуляцией пыльников и по морфологическим признакам бутонов.

Таблица 1. Образцы перца сладкого для введения в культуру пыльников *in vitro*

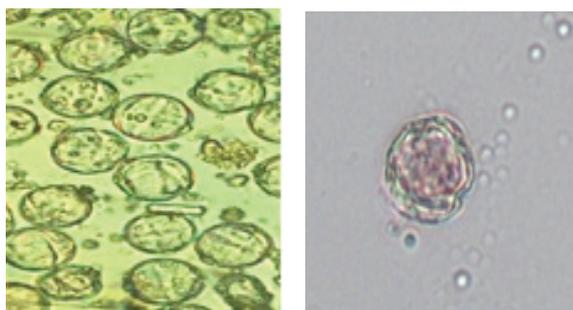
№№ пп	Название линии
1	Селигер/19
2	Здоровье
3	ms Лум x Ф46 Km21-8-1
4	ms Бс-1 x Самф 322
5	ms Янт. x SKK 42
6	ms Ип. Мур x Самф 322
7	Янт. x Ф46 Km 21-8-1
8	№1 F ₁

Результаты и обсуждение

Основываясь на результатах цитологического анализа определены косвенные критерии для отбора пыльников: размер бутона и соотношение высоты чашечки к высоте нераскрытого венчика (меньше, равен, больше) и цвет пыльника. Установлено, что из пыльников на $\frac{1}{4}$ пурпурного цвета (20-75 % микроспор на поздней одноклеточной стадии) и из пыльников на $\frac{3}{4}$ пурпурной окраски (более 75 % микроспор на ранней двуядерной стадии – начале двуклеточной фазы) у микроспор намного успешнее происходит развитие каллусов/эмбрионидов, из которых в дальнейшем могут развиваться полноценные растения (рис. 1 А). Из микроспор полностью пурпурных пыльников (поздняя (двуклеточная) стадии развития) и пыльцевых зёрен (трехклеточная стадия) развития каллусов/эмбрионидов не происходило. Эти стадии непригодны для введения пыльников в культуру *in vitro* (рис. 1 В).

Важнейшим фактором в индукции морфогенеза является питательная среда. Существует много данных о составах сред, необходимых для регене-

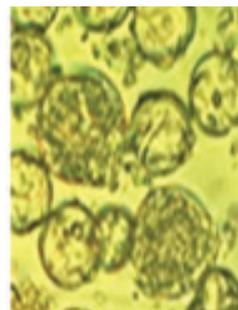




А

Рисунок 1 (А). Бутоны и пыльники с одноклеточными микроспорами (без окрашивания и с окрашиванием ацетокармином, 110x и 1100x)

рации растений в культуре каллусных тканей и органов у основных сельскохозяйственных и дикорастущих видов, и тем не менее, для каждого нового генотипа часто приходится оптимизировать индукционные среды, что обусловлено определяющей ролью взаимодействия факторов генотип – состав среды в процессе морфогенеза *in vitro*. В исследованиях использовали несколько модификаций пи-



В

Рисунок 1 (В). Бутоны и пыльники с поздними двухклеточными микроспорами (без окрашивания и с окрашиванием ацетокармином, 110x и 1100x)

тательных сред. Применяли комплексное воздействие разных регуляторов роста, активированного угля, $AgNO_3$.

Изучено влияние состава шести вариантов индукционных питательных сред (табл. 2). Использовали минеральную основу по прописи MS (Murashige, F. Skoog, 1962), DDV (Dumas de Vaulx и др., 1982) и Nitsch, (Nitsch, Nitsch, 1969).

Таблица 2. Варианты питательных сред для инокуляции пыльников перца сладкого

№ варианта	Питательная среда
1	MS + 1,0 мг/л Zeatin + 2,0 мг/л 2,4-D + 30,0 г/л сахара + 0,8 % агар
2	(MS + 1,0 мг/л Zeatin + 0,05 мг/л 2,4-D + 1,0 г/л активированный уголь + 2,0 мг/л $AgNO_3$ + 30,0 г/л сахара + 0,8 % агар
3	(MS + 1,0 мг/л Zeatin + 0,05 мг/л 2,4-D + 50,0 мг/л цефотоксим + 1,0 г/л активированный уголь + 2,0 мг/л $AgNO_3$ + 30,0 г/л сахара + 0,8 % агар
4	(MS + 1,0 мг/л Zeatin + 0,1 мг/л кинетин + 1,0 г/л активированный уголь + 30,0 г/л сахара + 0,8 % агар
5	Двухслойная №1: жидкая фаза: Nitsch, + 30,0 г/л сахара + 2,0 мг/л кинетин + 0,1 мг/л 2,4-D; твердая фаза: DDV (без гормонов) 1,0 г/л активированный уголь + 2,0 мг/л $AgNO_3$ + 20,0 г/л мальтоза + 6 г/л агар
6	Двухслойная №2: жидкая фаза: Nitsch + 30,0 г/л сахара + 0,2 мг/л BAP + 0,1 мг/л НУК; твердая фаза: DDV (без гормонов) 1,0 г/л активированный уголь + 2,0 мг/л $AgNO_3$ + 30,0 г/л сахара + 6 г/л агар

При культивировании пыльников в применяемых экспериментальных условиях наблюдались следующие типы реакции *in vitro*:

- каллусогенез, приводящий к пролиферации неэмбриогенного каллуса;
- органогенез в некоторых каллусах без образования ростков (корни, листья, стебли без листьев);
- прямой эмбриоидогенез, приводящий к развитию компактных, круглых, молочно-белых эмбрионов в лопнувших пыльниках (рис. 2). В течение культивирования на поверхности таких эмбриоидов появлялись избыточные эпителиальные клетки в виде «опушения», в дальнейшем эти новообразования не развивались.

Культивирование пыльников образца Здоровье на всех твердых агаризированных средах обогащенных zeatin, 2,4-D в разных концентрациях и комбинациях имело отклик в виде формирования

каллусов. Лучшие результаты по стимуляции каллусогенеза отмечены в вариантах № 1 (19,4 %), №2 (14,7 %) и №3 (15,0 %) (табл. 3).



Рисунок 2. Эмбриоидогенез с развитием компактных, круглых, молочно-белых эмбрионов перца сладкого сорт Здоровье

Таблица 3. Влияние состава питательных средах на каллусогенез в культуре пыльников перца сладкого образца Здоровье, (%)

Вариант ИПС	Каллусогенез, %
1	19,4
2	14,7
3	15,0
4	2,3
5	2,7
6	0,3
НСР _{0,5}	2,19

На регенерационной среде биомасса каллусов увеличивалась без формирования морфогенных зон и, как следствие, развития в растения не происходило. Через 1,5-2 месяца культивирования отмечены процессы ризогенеза (образование корней). На данном этапе добиться регенерации растений не удалось.

Для стимуляции процессов каллусо/эмбриогенеза апробировано 2 варианта с двухфазной питательной средой (варианты №№ 5 и 6). При использовании двухфазных сред пыльники выращивали в тонком слое жидкой среды с гормонами, которая находится сверху твердого агара. Твердая основа (0,6 % агара) без гормонов имела базовый состав по прописи DDV с 1% активированного угля, 2,0 мг/л $AgNO_3$, сахарозу в варианте № 5 заменили на 2 % мальтозы (дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы). В жидкую фазу помещали пыльники образца Здоровье.

В целом, в жидких культурах жизнеспособность пыльников, согласно микроскопическим наблюдениям, оставалась хорошей. В жидких фракциях культуральных сред пыльники сохраняли свою жизнеспособность и зеленую окраску до конца периода культивирования. Через 10-15 дней культивирования плавающие пыльники лопались, микроспоры высыпались в жидкую среду, делились с образованием каллуса. Индукция процессов каллусогенеза была невысокой (от 0,3 до 2,7 %), но при этом каллусы формировались непосредственно из пыльцевых зерен, имели качественные характеристики (плотные, светлых оттенков), но эмбриониды не формировались (рис. 3).

Каллусы/эмбриониды изолировали и культивировали на питательной среде $\frac{1}{2}$ MS + 0,1 мг/л 6-BAP +

0,01 мг/л кинетина на свету при температуре +25 °С, фотопериоде 16 часов – день / 8 часов – ночь.

Через две недели культивирования в каллусах проявлялись морфологические различия: у одних закладывались зеленые хлорофиллсодержащие участки, которые представляли собой зоны морфогенеза, другие каллусы характеризовались приростом массы без морфогенетических потенциалов, третьи бурели и деградировали.



Рисунок 3. Пыльники перца сладкого Здоровье на двухслойной индукционной питательной среде

Для индукции побегообразования каллусы, имеющие морфогенные признаки, переносили на среду: MS + 0,5 мг/л 6-БАП + 0,5 мг/л ИУК + 400,0 мг/л ГК₃. Из плотного светлого каллуса получены единичные побеги без корней.

Применение комбинации фитогормонов зеатина (1,0 мг/л) и 2,4-Д (0,05–2,0 мг/л) в вариантах №№ 1, 2 и 3 существенно повышало выход каллусов и стимулировало формирование эмбрионидов микроспор. Пыльники на этих средах 40 суток культивировали в темноте, затем помещали на свет.

В варианте № 1 у большинства пыльников индуцированы процессы каллусогенеза (9,2-19,4 %) (табл. 4). Отмечена также индукция эмбриогенеза, но эмбриониды развивались аномально и представляли собой образование в виде корней, листочков или стебелька без листьев. В последующем такие формы не развивались в нормальные растения (рис. 4).

Таблица 4. Каллусогенез перца сладкого на питательных средах, (%)

Название образца	Вариант среды		
	1 Каллусогенез, %	2 Каллусогенез, %	3 Каллусогенез, %
Здоровье	19,4	14,7	15,0
ms Лум х Ф46 Km21-8-1	12,6	3,2	3,4
ms Янт. х SKK 42	15,1	2,9	3,0
Д (№1 F ₁ Монохоз)	9,2	5,1	5,6
НСР ₀₅	1,25		



Рисунок 4. Аномальное развитие эмбрионов перца сладкого

Интенсивность морфогенеза между вариантами № 2 с добавлением AgNO_3 и активированного угля и № 3 (модифицирована добавлением 50,0 мг/л цефотаксим) не различалась ($\text{НСР}_{05} = 1,25$), но она была существенно ниже в сравнении с вариантом № 1. Однако на этих вариантах формировались либо эмбриоподобные структуры, либо каллус с хорошими характеристиками: светлый, матовый, компактный, структурированный, плотный, у которого при длительном культивировании *in vitro* не проявлялись признаки быстрого старения, связанного с выделением этилена. На 60-е сутки культивирования на этой же среде в культуре пыльников сформировались зеленые проростки у комбинаций ms Лум x Ф46 Km21-8-1, ms Ип. Мур x Ф46 Km227-0-6 и ms Янт. x SKK 42.

В ряде исследований отмечается стимулирующее влияние предварительного воздействия низких или высоких температур на эмбриогенную способность микроспор, при этом частота эмбриогенеза повышалась по сравнению с контрольным вариантом в четыре раза (Тюкавин Г.Б., 2007; Котлярова, 2010). Эффект холодового стресса на стадии одноядерной микроспоры выражается в увеличении частоты симметричных митозов микроспор и, как следствие, увеличении выхода эмбрионов за счет развития микроспор по пути В (первое митотическое деление, в отличие от нормального, является симметричным, что приводит к формированию двух одинаковых вегетативных клеток. Их последующее митотическое деление ведет к образованию многоклеточных структур. Этот механизм преобладает при образовании гаплоидных эмбрионов). В настоящее время холодовая предобработка эксплантатов для культуры пыльников или микроспор – один из обязательных элементов технологии получения андрогенетических гаплоидов многих видов растений.

В исследованиях воздействию холодом подвергали собранные с растений бутоны с пыльниками на стадии одноядерных микроспор, помещенные в

чашки Петри и эксплантированные на агаризированные среды пыльники. Температура $+5^\circ\text{C}$ (температура в бытовых холодильниках), продолжительность – от 1 до 7 суток.

Изучено влияние трех вариантов предобработки бутонов и пыльников низкими положительными температурами:

- предобработка бутонов низкими положительными ($+5^\circ\text{C}$) в течении суток, с последующим культивированием пыльников на ИПС в течение 50-60 суток в темноте при $T 25\pm 3^\circ\text{C}$;
- предобработка бутонов низкими положительными ($+5^\circ\text{C}$) в течении суток, с последующим культивированием пыльников на ИПС в течение 2-х суток при $T 32-34^\circ\text{C}$ и 50-60 суток в темноте при $T 25\pm 3^\circ\text{C}$;
- предобработка бутонов низкими положительными ($+5^\circ\text{C}$) в течении суток, с последующим культивированием пыльников на ИПС в течение 7 суток при $T +5^\circ\text{C}$ и 50-60 суток в темноте при $T 25\pm 3^\circ\text{C}$.

При воздействии на экспланты пониженной положительной температурой ($+5^\circ\text{C}$) получен эффект, что выразилось в повышении эмбрио- и каллусогенной способности микроспор ряда образцов. Лучший результат отмечен при однодневной предобработке бутов до введения в культуру *in vitro* и последующей 7-дневной холодовой предобработке пыльников, инокулированных на питательную среду варианта № 2.

В исследованиях эксплантаты производили либо неэмбриогенные каллусы, либо прямые эмбриоды, дающие побеги на пыльнике (рис. 5).

Эмбриоды на питательной среде варианта № 2 появлялись в пыльниках после 35-40 дней культивирования. У генотипов ms Лум x Ф46 Km21-8-1, ms Ип. Мур x Ф46 Km227-0-6 и ms Янт. x SKK 42 на 60-е сутки культивирования некоторые эмбриоды превращались в регенерированные растения, проходя через шаровидную, сердцевидную, торпедообразную и семядольную фазы (рис. 6).



Рисунок 5. Побеги на пыльнике перца сладкого в результате прямого эмбриодогенеза



Рисунок 6. Эмбриодные проростки перца сладкого с семядолями

Эмбриоды на питательной среде варианта № 2 появлялись в пыльниках после 35-40 дней культивирования. У генотипов ms Лум x Ф46 Km21-8-1, ms Ип. Мур x Ф46 Km227-0-6 и ms Янт. x SKK 42 на 60-е сутки культивирования некоторые эмбриоды превращались в регенерированные растения, проходя через шаровидную, сердцевидную, торпедообразную и семядольную фазы (рис. 6).

Зеленые проростки формировались без переноса на регенерирующие среды (рис. 7). Это может быть связано как с генотипом, используемой средой, воздействием низких положительных температур, а также взаимодействием между этими факторами. В экспериментах эмбриоды непосредственно превращались в регенерированные растения без образования каллуса.

Продолжительное (более 7 дней) воздействие низкой температуры оказало отрицательное влияние на культивируемые пыльники, вызвав существенное снижение их отзывчивости на регенерацию. Большинство изученных линий, сортов и гибридов перца показали высокий каллусогенный потенциал, но органогенез с образованием растений-регенерантов наблюдался у образцов ms Лум x Ф46 Km21-8-1, ms Ип. Мур x Ф46 Km227-0-6 и ms Янт. x SKK 42.

Из восьми образцов, включенных в исследования по культуре пыльников, регенерация достигнута у трех. В эксперименте прослеживались различия в отзывчивости индивидуальных генотипов в

культуре пыльников перца сладкого. Образование каллуса/ эмбриодов и нормально развитых растений-регенерантов у отдельных генотипов варьировал более чем в 4 раза. Наиболее отзывчивым оказались растения образца ms Янт. x SKK 42, у которого получены проростки (рис. 7).

Высокотемпературный стресс (воздействие на пыльники в течение двух суток температурой 32 °С) был успешно использован для повышения андрогенетической способности. Однако этот прием оказался малоэффективным. В отличие от высоких температур, воздействие холода в течение 8 суток (1 сутки для бутонов и еще 7 суток для инокулированных пыльников при температуре +5 °С) оказалось более благоприятным. При этом наблюдали улучшение отзывчивости эмбриогенных микроспор (р-зерен), что очевидно, оказало положительное влияние на андрогенетическую способность перца и позволили стимулировать выход эмбриодов и проростков в культуре пыльников.

Для определения плоидности регенерантов использовали метод, основанный на подсчете числа хлоропластов в замыкающих клетках устьиц листа. У полученных растений количество хлоропластов соответствовало 6–9 штук, что свидетельствует о гаплоидном происхождении растений. В то время как контрольное диплоидное растение имело в замыкающих клетках устьиц от 12 до 15 хлоропластов (рис. 8).

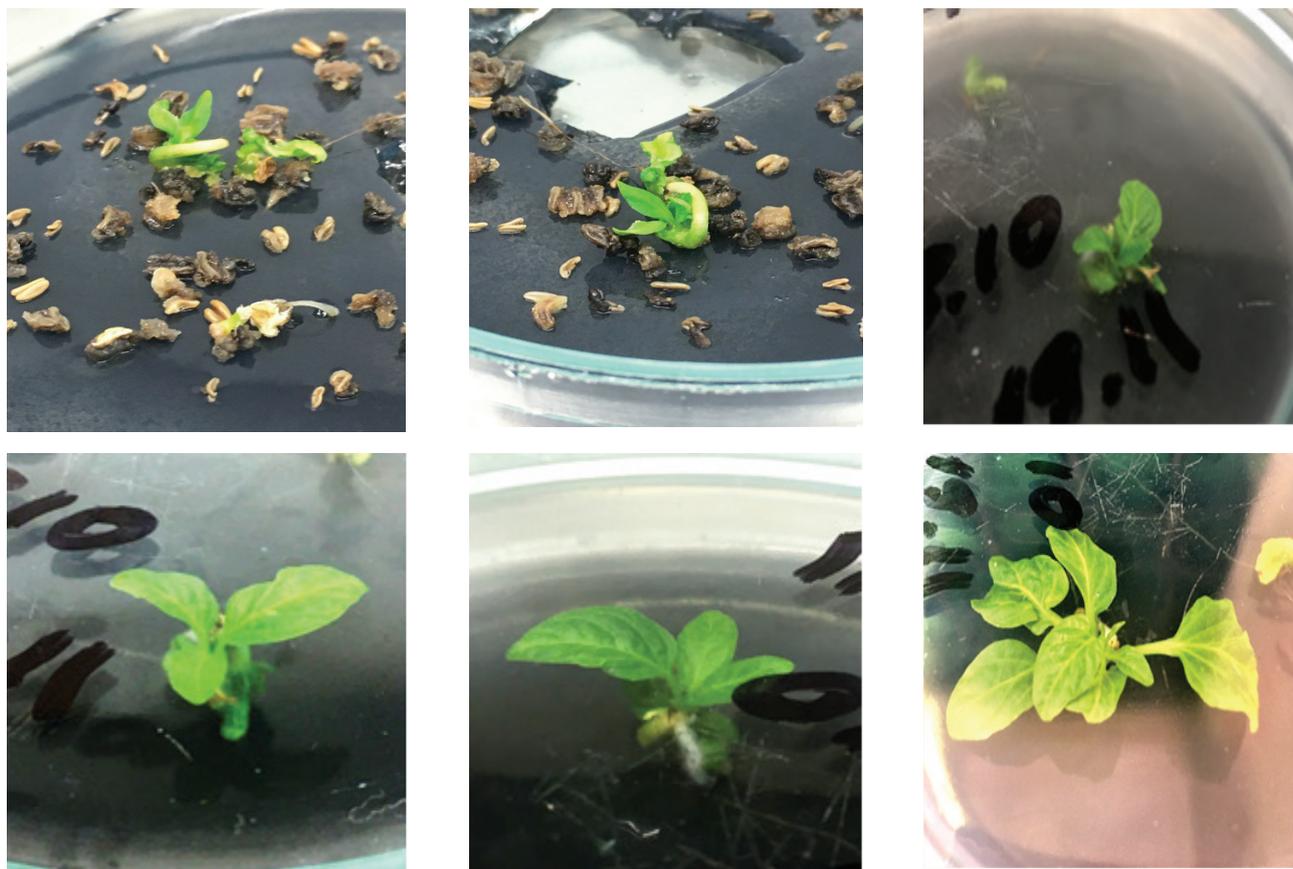
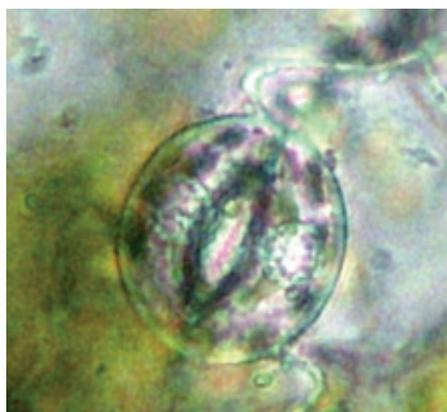
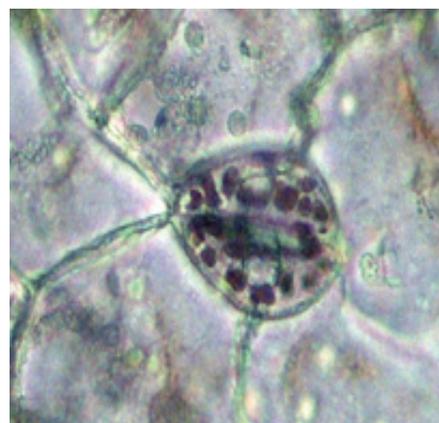


Рисунок 7. Процессы морфогенеза и регенерации в культуре пыльников перца сладкого образца ms Янт. x SKK 42



А



В

Рисунок 8. Хлоропласты гаплоидного растения перца (6–9 штук) (А); диплоидного (контрольного) растения перца (12-15 штук). Увеличение 520 и 1300x (объективы 40 и 100x соответственно)

Выводы

Эксперимент показал, что эффективность андрогенеза на питательной среде разных вариантов варьировала от 2,9 % для линии ms Янт. x SKK 42 до 19,4 % для сорта Здоровье и очень зависела от стадии развития цветочных почек, а также условий предобработки бутонов/пыльников и состава

питательных сред для культивирования. Развитие андрогенных эмбрионов успешно индуцировано только в пыльниках, которые на $\frac{1}{4}$ пурпурного цвета (20-75 % микроспор на поздней одноклеточной стадии) и пыльников на $\frac{3}{4}$ пурпурной окраски (более 75 % микроспор на ранней двуядерной стадии – начале двуклеточной фазы), которые изо-

лированы из бутонов с лепестками меньше или равными чашелистикам. Так же существовала четкая взаимосвязь между составом питательной среды и продолжительностью воздействия на экспланты пониженной положительной температурой (+5 °C). Положительный результат получили при

однодневной предобработке бутонов до введения в культуру *in vitro* и последующей 7-дневной холодной предобработке пыльников, инокулированных на питательную среду варианта № 2. Эффект выразился в повышении эмбрио- и каллусогенной способности микроспор ряда образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dunwell, J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation / J.M Dunwell // Plant Biotechnol J. - 2010. - V. 8. - P. 377-424, doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00498
2. Germana, M. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding / Plant Cell Rep. - 2011. - V. 30. - P. 839-857.
3. Maluszynski, M. Published doubled haploid protocols in plant species. Doubled haploid production in crop plants: a manual / M. Maluszynski, K.J. Kasha, I. Szarejko // Kluwer Academic Publishers. - Dordrecht, 2003. - P. 309-335.
4. Segui-Simarro, J.M. Androgenesis in recalcitrant solanaceous crops / J.M. Segui-Simarro, P. Corral-Martinez, V. Parra-Vega, B. Gonzalez-Garcia // Plant Cell Rep. - 2011. - V. 30. - P.765-778.
5. Segui-Simarro, J.M. Androgenesis revisited / J.M. Segui-Simarro // Bot Rev. - 2010. - V. 76. - P. 377- 404.
6. Tapingkae, T. Prospects for the 21st century 10 - Somatic (asexual) procedures (haploids, protoplasts, cellular selection) and their application / T. Tapingkae, Z. Zulkarnain, M. Kawaguchi, T. Ikeda, A. Taji / Plant biotechnology and agriculture. - 2012. - P. 141-162, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381466-1.00010-9>
7. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) - doubled haploid production via induced embryogenesis / M.Y. Zheng // Plant Cell Tiss Org Cult. - 2003. - V. 73. - P. 213-230.

REFERENCES

1. Dunwell, J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation / J.M Dunwell // Plant Biotechnol J. - 2010. - V. 8. - P. 377-424, doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00498
2. Germana, M. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding / Plant Cell Rep. - 2011. - V. 30. - P. 839-857.
3. Maluszynski, M. Published doubled haploid protocols in plant species. Doubled haploid production in crop plants: a manual / M. Maluszynski, K.J. Kasha, I. Szarejko // Kluwer Academic Publishers. - Dordrecht, 2003. - P. 309-335.
4. Segui-Simarro, J.M. Androgenesis in recalcitrant solanaceous crops / J.M. Segui-Simarro, P. Corral-Martinez, V. Parra-Vega, B. Gonzalez-Garcia // Plant Cell Rep. - 2011. - V. 30. - P.765-778.
5. Segui-Simarro, J.M. Androgenesis revisited / J.M. Segui-Simarro // Bot Rev. - 2010. - V. 76. - P. 377- 404.
6. Tapingkae, T. Prospects for the 21st century 10 - Somatic (asexual) procedures (haploids, protoplasts, cellular selection) and their application / T. Tapingkae, Z. Zulkarnain, M. Kawaguchi, T. Ikeda, A. Taji / Plant biotechnology and agriculture. - 2012. - P. 141-162, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381466-1.00010-9>
7. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) - doubled haploid production via induced embryogenesis / M.Y. Zheng // Plant Cell Tiss Org Cult. - 2003. - V. 73. - P. 213-230.

Елена Георгиевна Савенко

Ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии
E-mail: avena5@rambler.ru

Elena Georgievna Savenko

Leading Researcher of the laboratory of biotechnology and molecular biology
E-mail:avena5@rambler.ru

Валентина Александровна Глазырина

Старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии
E-mail:valentinaglazyrina@rambler.ru

Valentina Alexandrovna Glazyrina

Senior Researcher of the laboratory of biotechnology and molecular biology
E-mail:valentinaglazyrina@rambler.ru

Людмила Анатольевна Шундрин

Научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии

Ludmila Anatolyevna Shundrina

Scientist of laboratory of the laboratory of biotechnology and molecular

Елена Викторовна Подрез

Специалист по организационному и документационному обслуживанию НИР

Elena Viktorovna Podrez

Specialist in organizational and documentary research services

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arrri_kub@mail.ru

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arrri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-75-81
УДК 631.95 : 633.18

Зеленская О. В., канд. биол. наук,
Зеленский Г. Л., д-р с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОЭКОСИСТЕМЫ РИСОВОГО СЕВОБОРОТА УЧХОЗА «КУБАНЬ»

Поиск рациональных вариантов в аграрном природопользовании, сочетающих высокие урожаи культурных растений и снижение антропогенного давления на окружающую среду, особенно в санитарных зонах населенных пунктов, является актуальной задачей. Цель исследования заключается в экологизации технологии возделывания риса в санитарной зоне и изучение экологического состояния рисовой системы учхоза «Кубань». На основе полевых опытов разработаны элементы технологии, позволяющей очищать поля от сорной растительности, включая сорно-полевой краснозерный рис в паровом звене севооборота. Работа проводится в такой последовательности: планировка чеков – залив поля на 3-4 дня в начале мая – получение всходов сорняков, включая краснозерный рис – обработка культиватором – посев раннеспелого сорта риса Азовский во второй половине мая. Урожайность риса в этих условиях составляет 7,0 т/га. Рис выращивают при слое воды, что приводит к вовлечению природной воды в сельскохозяйственное производство. Экологический анализ качества воды в каналах рисовых полей проводили по системе сапробности и трофности, а также по видовому разнообразию макрофитов. Было выявлено умеренное загрязнение воды, тип загрязнения смешанный. Класс качества водоема – 2. Реакция среды слабощелочная, pH 7,8-8,1. В составе водных растений каналов зарегистрировано 2 вида уязвимых растений, внесенных в Красную книгу Краснодарского края (2017): *Hydrocharis morsus-ranae* L. и *Trapa maeotica* Woronow.

Ключевые слова: агроэкосистема, севооборот, сорт риса Азовский, безгербицидная технология, краснозерный рис, качество воды, прибрежно-водные растения, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Trapa maeotica* Woronow.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF AGROECOSYSTEM OF THE RICE CROP ROTATION OF EDUCATIONAL FARM “KUBAN”

It is an urgent task to search for rational options in agricultural nature management, combining high yields of cultivated plants and reducing anthropogenic pressure on the environment, especially in the settlements' protection areas. The purpose of the study is to make the technology of rice cultivation in the protection areas ecologically friendly and to study the ecological state of the rice system of the educational farm “Kuban”. On the basis of field experiments, elements of technology have been developed that allow clearing fields of weeds, including weedy red-grain rice in the fallow crop rotation. The work is carried out in the following sequence: soil levelling - flooding the field for 3 - 4 days in early May - weeds emergence including red grain rice - plowing without formation turnover - sowing early-ripening rice variety Azovsky in the second half of May. Rice yield under these conditions is 7.0 t/ha. Rice is grown under a layer of water, which leads to the involvement of natural water in agricultural production. Ecological analysis of water quality in the canals of rice fields was carried out according to the system of saprobity and trophicity, as well as according to the species diversity of macrophytes. Moderate water pollution was detected, the type of pollution is mixed. The quality class of the reservoir is 2. The reaction of the medium is slightly alkaline, pH 7.8-8.1. Two species of vulnerable plants listed in the Red Book of the Krasnodar Territory (2017) were registered as part of the aquatic plants of the canals: *Hydrocharis morsus-ranae* L. and *Trapa maeotica* Woronow.

Key words: Agroecosystem, crop rotation, rice variety Azovsky, herbicide-free technology, red grain rice, water quality, coastal aquatic plants, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Trapa maeotica* Woronow.

Введение

Рисоводство на современном этапе в условиях глобального изменения климата должно основываться на всестороннем практическом использовании биоэкологических и экосистемных принципов [16, 18]. В мировом масштабе важнейшими экологическими проблемами отрасли рисоводства являются: избыточное и не всегда оправданное

использование удобрений и химических средств защиты растений; чрезмерное извлечение грунтовых вод; нерациональное использование на орошение пресной воды, необходимой для питьевых целей; воздействие производства риса на эмиссию в атмосфере парниковых газов [14]. В европейских странах интенсивное сельскохозяйственное производство увеличило потребление энергии и ис-

пользование таких биогенных элементов, как азот и фосфор. Это привело к потере биоразнообразия, ухудшению состояния земель и загрязнению экосистем [15].

Организация севооборотов и агроландшафтных комплексов должна быть такой, чтобы она поддерживала целостность биоценологических систем. Для агроэкосистемы характерно низкое биоразнообразие и неполный круговорот веществ, поскольку часть питательных элементов выносятся с урожаем [12]. Достижения экологической науки позволяют разрабатывать новые технологии сельскохозяйственного производства [17].

Стабилизация и улучшение экологической ситуации в рисоводстве Российской Федерации связаны с рядом причин. Во-первых, уменьшилось количество обработок по защите риса от сорняков (за счет использования препаратов комплексного действия), вредителей и болезней, при этом химические препараты стали менее токсичными. Во-вторых, в связи с появлением новых сортов риса, способных преодолевать слой воды в начальные фазы вегетации, применяются ресурсосберегающие и природосберегающие технологии возделывания риса [8, 10]. В-третьих, во многих рисоводческих хозяйствах стали переходить на 50 % и менее насыщение рисом в рисовых севооборотах, существенно снизив пестицидную нагрузку на оросительные системы.

Многоотраслевое учебно-опытное хозяйство «Кубань» является структурным подразделением Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Территория учхоза «Кубань» входит в Предкубанскую равнину и расположена в правобережье реки Кубани. Рельеф территории хозяйства пригоден для механизированной обработки и разбивки полей правильной конфигурации. Дельтовая низменность р. Кубани характеризуется комплексом экологических условий, подходящих для возделывания риса [5]. Рисовыми севооборотами занято здесь 824 га земли. Оросительная система учхоза расположена между рекой Кубанью и станицей Елизаветинской и входит в санитарную зону населенных пунктов.

Альтернативная (безгербицидная) технология базируется на принципиально новых севооборотах, построенных по ландшафтному принципу, в которых доля люцерны составляет не менее 25 %. Этот вариант применим для рисовых хозяйств, имеющих в своей структуре животноводческие комплексы. Севооборот в альтернативной технологии позволяет не только восстанавливать утраченное плодородие, но и накапливать его с каждым годом. Это приводит к ежегодному снижению затрат и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [11]. Однако в учхозе «Кубань» по объективным организационным причинам не могут возделывать люцерну в рисовом севообороте. Поэтому здесь

используют укороченный 4-х польный севооборот: 50 % рис и 50 % суходольные культуры: озимая пшеница и рапс.

До 1997 г. в учхозе «Кубань» рис выращивали по интенсивной технологии с применением существующих в то время гербицидов: пропанид, ордрам, 2,4-Д и др. Это привело к серьезной экологической напряженности и вынудило рисоводов сокращать посевы риса в этой зоне. Появление сорта Лидер позволило внедрить безгербицидную технологию возделывания риса. Растения сорта в фазе всходов способны преодолевать слой воды до 20 см, при котором просовидные сорняки погибали. Борьба с болотными сорняками проводилась агротехническими методами при подготовке почвы [7].

Возделывание риса в учхозе «Кубань» по безгербицидной технологии в течение 10 лет, а также соблюдение требований, применяемых к санитарным зонам, привело к значительному улучшению экологической обстановки не только на рисовой системе, но и на прилегающей территории. Однако уровень урожайности 5,0-5,5 т/га не устраивал рисоводов. К тому же на чеках стали увеличиваться популяции краснотельных форм, которые при благоприятной для их роста и развития безгербицидной технологии широко распространились на посевах культурного риса. Решение проблемы виделось в кардинальном изменении подхода к возделыванию риса.

В мировой практике рисосеяния наиболее эффективные меры борьбы с сорно-полевыми формами риса основаны на сочетании агротехнических приемов и химических мер борьбы. Например, в Италии, Франции и других рисосеющих европейских странах перед посевом используются провокационные заливы чеков в апреле-марте с последующей обработкой гербицидами (например, глифосатом) по проросшим сорнякам до посева риса [13]. Ограничение применения этого метода в условиях Краснодарского края, во-первых, было связано с централизованной подачей воды на рисовые системы в третьей декаде апреля, за 5-7 дней до начала посева риса. Во-вторых, в Госреестре отсутствовали раннеспелые сорта риса, подходящие для выращивания по этой технологии. Ситуацию изменило создание и внесение в Госреестр в 2019 г. раннеспелого сорта риса Азовский с периодом вегетации 103-105 дней [6].

Цель исследований

Экологизация технологии возделывания риса в санитарной зоне и изучение экологического состояния рисовой системы учхоза «Кубань».

Материалы и методы

Исследования и наблюдения проводили в санитарной зоне на рисовых полях учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ в период с 2009 по 2020 гг.

Опыт по совершенствованию технологии возделывания риса с разработкой новых агротехнических

приемов на рисовых полях, включая санитарные зоны, проводили в 2014-2017 гг. После капитальной планировки чеков в осенний период, весной заливали их минимальным слоем воды на 3-4 дня в конце апреля – начале мая. После получения всходов сорняков и просушивания почвы, ее обрабатывали культиватором или машиной «Катрос» на глубину 5-7 см. На просохшую почву вносили диаммофоску, затирали движкой и в третьей декаде мая высевали раннеспелый сорт риса Азовский. В период вегетации проводили две некорневые подкормки раствором карбамида по 20 кг/га. В таких условиях сорт созревал в первой декаде сентября. Уборку урожая проводили комбайном «Клаас» Тукао 470 с аксиально-ротаторным механизмом обмолота.

Анализ почв проводили на полях рапса в рисовом севообороте в 2019 г. в трехкратной повторности. На каждом поле были выделены в шахматном порядке точки отбора проб почвы (всего 6 точек) на расстоянии 500 м друг от друга. Минеральные удобрения под рапс не вносили. Под рис было внесено 50 кг аммофоса на 1 га до посева и 120 кг д.в. азота/га в течение вегетации. В июне 2019 г. рис обрабатывали от сорных растений наземным способом гербицидом Цитадель.

Значение рН воды в каналах рисовой системы, а также водной вытяжки из почвы определяли ионометрическим способом в лаборатории кафедры ботаники и общей экологии Кубанского ГАУ. Нитраты определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86). Органолептические свойства воды и оценку качества воды с экологических позиций определяли по стандартной методике (ГОСТ Р 58556-2019) в распределительном и в сбросном канале. Контроль – дистиллированная вода [2].

Прибрежно-водные растения каналов рисовых систем изучали маршрутным методом по сезонам года. Степень загрязнения поверхностных вод поллютантами определяли методом биоиндикации по видовому разнообразию макрофитов [1]. Редкие виды растений на рисовой системе описывали с 2009 по 2020 гг. и определяли в соответствии с Красной книгой Краснодарского края (2008, 2017).

Результаты и обсуждение

Для оценки принципов функционирования агроэкосистемы учхоза «Кубань» и сложившейся экологической ситуации изучали антропогенную нагрузку на структурные элементы рисовой системы и состоянии компонентов природной среды.

Однократное применение нового поколения гербицидов комплексного действия на посевах риса и длительное использование безгербицидной природосберегающей технологии в учхозе «Кубань» снизило экологическую нагрузку на компоненты окружающей среды и позволило успешно сократить численность как просовидных, так и широколистных сорняков риса ниже порога экономической вредоносности.

В санитарных зонах гербициды вносят только наземным способом, так как авиационные обработки здесь запрещены. Но химической прополкой невозможно удалить сорно-полевые краснозерные формы риса, потому что они относятся к тому же виду *Oryza sativa* L., что и сорта культурного риса. Поэтому для учхоза «Кубань» были разработаны и успешно применены агротехнические приемы борьбы с краснозерным рисом, приемлемые для использования и в других санитарных зонах.

Порядок проведения мероприятий: капитальная планировка с последующим заливом для провокации всходов сорных растений, включая краснозерный рис; посев озимой пшеницы; залив чеков после ее уборки; посев озимого рапса с выращиваем на семена; уборка рапса с измельчением стеблевой массы; залив чеков для получения всходов падалицы рапса и сорняков; заделка весной зеленой массы в качестве удобрения; посев риса [7]. В результате выполнения данного комплекса работ урожайность риса на полях учхоза за последние пять лет превысила уровень 7,0 т/га. Этому способствовали несколько факторов. Прежде всего, выровненность чеков после лазерной планировки; использование высокопродуктивных, устойчивых к пирикуляриозу сортов – среднеспелого Фаворит и скороспелого Азовский; выращивание риса с режимом укороченного затопления и разумным наземным применением гербицидов нового поколения (Цитадель, Оризан, Номини-суприм).

В связи с тем, что по результатам опыта посев озимой пшеницы и рапса в рисовом севообороте способствовал снижению засоренности полей ежовниками и краснозерным рисом, оценили состояние почв в посевах рапса. Рапс как растение, формирующее глубокую корневую систему, разрыхляет и улучшает структуру почвы. Анализ почв на содержание нитратов, проведенный перед уборкой рапса, выявил незначительное их количество. Все значения в пробах не превышали диапазон чувствительности прибора, т.е. значения соединения $\text{NO}_3^- < 2,8$ мг/кг. Возможно, это объясняется тем, что под рапс минеральные удобрения не вносили. На полях рапса реакция почвенной среды варьировала от 6,32 до 7,05 (в среднем рН 6,62) и была близка к нейтральной. Урожайность рапса, убранный в конце июня 2019 г., составила 2,5 т/га, а риса, убранный в начале сентября 2019 г. – 7,0 т/га.

На культуру риса и ее урожайность негативное влияние оказывают такие биотические факторы среды как сорняки, насекомые-вредители и болезни. К числу передовых экологических способов регуляции обилия сорных растений относится использование вместо гербицидов конкурентных возможностей культурных растений. Селекционные достижения по созданию сортов, устойчивых к грибным заболеваниям, ограничивают применение

фунгицидов. Кроме того, в ассортимент предлагаемых рисоводам препаратов входят биофунгициды, в том числе апробированный для культурных растений рисового севооборота «Orgamica S» [8]. Все это снижает экологическую нагрузку на агроэкосистему и рекомендуется к применению в санитарных зонах и при возделывании органического риса.

В отличие от полей севооборота сухоходольных культур, на рисовых системах присутствуют ка-

налы для орошения и отвода воды. Они связаны с природными водами, так как вода поступает в оросительные каналы из рек, а сбрасывается в итоге через зарегулированные стоки в лиманы. Эти системы испытывают сильные антропогенные нагрузки в результате сельскохозяйственной деятельности и подвержены эвтрофикации. Результаты анализа органолептических свойств и pH воды в канале-распределителе и сбросном канале представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика качества воды в каналах рисовой системы, 2019 г.

Проба	Наличие осадка	Наличие взвешенных веществ	Прозрачность воды	Запах		pH
				Балл	Интенсивность запаха	
Контроль	нет	нет	прозрачная	0	Отсутствует	7,0
Проба № 1 сбросной канал	есть	есть, их много	мутная	3	Заметный	7,8
Проба № 2 канал распределитель	нет	есть	слабо-мутная	2	Слабый	8,1

Результаты измерения pH воды выявили, что она имеет слабощелочную реакцию и это соответствует показателям природной воды р. Кубани. Органолептические показатели в сбросном канале заметно отличаются от показателей распределительного канала, вода которого не загрязнена сельскохозяйственными стоками. В агроэкосистеме рисовых полей имеет место смешанное загрязнение, содержащее как биогенные (удобрения), так и токсичные вещества (пестициды). Такой тип загрязнения напрямую связан с сельскохозяйственной деятельностью человека и не характерен для природных экосистем. Регулярное поступление биогенных элементов с водой из рисовых чеков в сбросную систему способствует массовому развитию растительности на откосах каналов и в их русле, что приводит к замедлению скорости течения воды, заилению, усиливает испарение. Смешанное загрязнение вызывает очевидное эвтрофирование водных объектов, которое маскирует деструктивные и деградационные процессы.

По берегам каналов преобладали растения-апофиты: тростник южный, рогозы узколистый и широколистный, камыш озерный, ежеголовник прямой. Часто встречались такие прибрежно-водные растения как хвощ полевой, зюзник европейский, дербенник иволистный, горцы земноводный, пятнистый и перечный, жерушники австрийский и земноводный и др. Наличие земноводных жизненных форм характерно для водотоков, в которых в течение вегетации растений меняется уровень воды. Ложа каналов заполняют гидрофиты: сальвиния плавающая, роголистник погруженный, ряска малая.

Высшие водные растения-макрофиты служат биоиндикаторами степени трофности водной сре-

ды и загрязнения воды в каналах. В изучаемых водных объектах присутствие таких индикаторных видов, как ряска малая, частуха подорожниковая и рогоз узколистый указывает на мезотрофный тип водоема, для которого характерна нейтральная или слабощелочная среда и малая прозрачность.

По видовому составу водных растений-макрофитов определили также класс сапробности воды в каналах рисовой системы, используя перечни водных растений сапробионтов. Согласно данному перечню, сбросные каналы рисовых систем по большинству индикаторных видов (роголистник погруженный, ряска малая, горец земноводный) относятся к мезосапробной зоне. Она соответствует повышенной биогенной нагрузке на систему, уменьшению прозрачности воды, исчезновению некоторых видов растений и сокращению площади зарастания водоема. Используя шкалу оценки качества воды по системе сапробности, воду каналов рисовой системы учхоза «Кубань» можно отнести к 3-му классу – «умеренно загрязненная».

Индикаторный вид, доминирующий в сбросных каналах рисовой системы учхоза «Кубань», – папоротник сальвиния плавающая. В некоторых каналах площадь проективного покрытия воды этим растением составляет 90-100 %. Сальвиния является одним из индикаторных растений в системе сапробности и относится к олигосапробным видам с низким индексом сапробности – 1,1. Класс качества водоема – 2. Такие водоемы слабоминерализованы и отличаются, как правило, бедностью и специфичностью видового состава. Часто сальвиния встречается здесь в сообществе с ряской малой, и по соотношению этих видов можно судить о степени органического загрязнения воды: чем сильнее загрязнение, тем больше будет ря-

ски (индекс сапробности – 2,25). Это объясняется тем, что по мере возрастания трофности водоемов изменяется их сапробность и соответственно видовой состав. Как правило, на изучаемой агроэко-системе отмечалось преобладание сальвинии плавающей, чувствительной к токсичным веществам, что говорит об относительно слабом загрязнении ими воды. Это подтверждается наличием в каналах учхоза «Кубань» популяций двух видов растений, занесенных в Красную книгу Краснодарского края (2017): водяной орех азовский (*Trapa maeotica* Woronow) семейства Рогольниковые и водокрас

обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) семейства Водокрасовые (табл. 2).

Водяной орех азовский был отмечен в 2009 г. в сбросном канале рисовой системы учхоза «Кубань» [3] и после механической очистки канала не регистрировался до 2017 г., когда вновь был обнаружен на этой территории [4]. В 2018-2020 гг. этот вид ежегодно регистрировался в каналах северо-восточной части рисовой системы учхоза, географические координаты: с.ш. 45°02.5851'; в.д. 38°83.6133'. Общее проективное покрытие поверхности воды канала растениями – 80 %, в среднем по 5 розеток/м².

Таблица 2. Редкие виды растений в каналах рисовой системы учхоза «Кубань»

Семейство	Вид	Категория и статус	Жизненная форма	Экологические особенности
Рогольниковые <i>Trapa</i>	Водяной орех азовский <i>Trapa maeotica</i> Woronow	ЗУВ «Уязвимые». Вид с ограниченным и фрагментированным региональным ареалом; плиоценовый реликт, эндемик	Терофит. Травянистый водный монокарпик	Облигатный самоопылитель. Экззоохор, барохор, гидрохор. Термофил, слабый кальцефоб, гелиофит, гидрофит, эвтроф. Требователен к богатству донных отложений биогенными элементами, индикатор чистоты воды
Водокрасовые <i>Hydrocharitaceae</i>	Водокрас обыкновенный <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	ЗУВ «Уязвимые». Палеарктический спорадически распространенный вид, приуроченный к водным экосистемам	Криптофит, гидрофит. Травянистый водный укореняющийся розеточный столонообразующий поликарпик с длинным корневищем	Энтомофил. Гидрохор, зоохор, орнитохор. Сциогелиофит, мезоэвтроф, гидрофит, гидатофит. Приурочен к пресным эвтрофным водоемам с илистыми донными отложениями, богатыми органикой

Водокрас обыкновенный отмечался ежегодно в каналах агроэко-системы, размещался пятнами в сообществе с сальвинией плавающей и роголистником погруженным. Оба вида отличаются отзывчивостью на высокое содержание растворенных в воде биогенных элементов, источником которых являются вносимые удобрения. Популяции полночленные. Водокрас встречается на всех рисовых системах Краснодарского края, а водяной орех – только в данном местообитании. Это связано с сокращением применения химических средств защиты растений на рисовых полях и внедрением безгербицидной технологии в учхозе «Кубань».

Выводы

1. Изучена экологическая ситуация, сложившаяся

на полях рисового севооборота учхоза «Кубань», расположенного в санитарной зоне.

2. В результате проведенных агротехнических мероприятий апробированы и предложены к внедрению элементы безгербицидной технологии для борьбы с краснозерным рисом.

3. Химический анализ и биоиндикация состояния компонентов агроэко-системы выявили умеренное загрязнение, прежде всего биогенными элементами.

4. В каналах рисовой системы учхоза «Кубань» зарегистрировано 2 вида растений, внесенных в Красную книгу Краснодарского края (2017) в категории «ЗУВ»: *Hydrocharis morsus-ranae* L. и *Trapa maeotica* Woronow.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / под ред. И. С. Белюченко, Е. В. Федоненко, А. В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.
2. ГОСТ Р 58556-2019 Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций. — Введ 2020-05-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.
3. Зеленская, О. В. Редкие виды растений в составе синантропной флоры рисовой системы учхоза «Кубань» / О.

- В. Зеленская // Экологический вестник Северного Кавказа. – Т. 8. – №4. – 2012. – С.90-93.
4. Зеленская, О. В. Прибрежно-водные растения каналов рисовой системы учхоза «Кубань» / О. В. Зеленская // в кн.: Год науки и технологий 2021. Сборник тезисов по материалам Всерос. науч.-практ. конф. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. – Краснодар, 2021. – С. 402.
5. Зеленская, О. В. Изучение экологического состояния агроландшафтов рисовых систем в дельте реки Кубань / О. В. Зеленская, Н. В. Швыдкая // Рисоводство. – 2007. – №10. – С. 67-72.
6. Зеленский, Г. Л. Перспективы рационального использования скороспелого сорта риса Азовский / Г. Л. Зеленский, О. В. Зеленская // Рисоводство. – Краснодар, 2019. – № 2 (43). – С. 43-47.
7. Зеленский, Г. Л. Совершенствование технологии возделывания риса в санитарных зонах (на примере учхоза «Кубань») / Г. Л. Зеленский, М. И. Чеботарев, Т. В. Логойда, О. В. Зеленская, А. А. Салай // Труды КубГАУ. – 2018. – № 5 (74). – С. 53-57.
8. Зеленский, П. Г. Оценка эколого-экономической эффективности ресурсосберегающей и природосберегающей технологий возделывания риса / П. Г. Зеленский, О. В. Зеленская // Рисоводство. – 2021. – № 4 (53). – С. 17-22. DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-17-22
9. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы / Адм. Краснодар. края, отв. ред. С. А. Литвинская [и др.]. – 3-е изд. – Краснодар, 2017. – 850 с.
10. Магомедов, Н. Р. Ресурсосберегающая безгербицидная технология возделывания риса в Дагестане / Н. Р. Магомедов, А. А. Абдуллаев, Д. Ю. Сулейманов, Ф. М. Казиметова // Рисоводство. – 2019. – № 2 (43). – С. 57-60.
11. Масливец, В. А. Интенсивное использование земли в рисовых севооборотах / В. А. Масливец, Н. Н. Здесенко. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 491 с.
12. Миркин, Б. М. Оптимизация структуры агроэкосистем: содержание, проблемы, подход к реализации / Б. М. Миркин, Р. М. Хазиахметов, А. И. Соломещ // Журн. общ. биологии. – 1992. – Т. 53. – № 1. – С. 18-30.
13. Ferrero, A. Weedy rice. Biological features and control / A. Ferrero // FAO plant production and protection paper. – Roma, 2003. – 120, add. 1. – P. 89-107.
14. Hoang, V.N. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture / V.-N. Hoang, M. Alauddin // Environ. Resource Econ. – 2012. – Vol. 51. – P. 431-452. DOI 10.1007/s10640-011-9506-6
15. Moutinho, V. Economic-environmental efficiency of European agriculture – a generalized maximum entropy approach. / V. Moutinho, M. Robaina, P. Macedo // Agric. Econ. – 2018. – Vol. 64. – № 10. – P. 423-435.
16. Rice in the Global Economy: Strategic Research and Policy Issues for Food Security // Edited by S. Pandey, D. Byerlee, D. Dawe, A. Dobermann, S. Mohanty, S. Rozelle, and B. Hardy. – IRRI, 2010. – 487 p.
17. Shetty, P. K. Innovations in rice production / P. K. Shetty, M. R. Hegde, M. Mahadevappa // Published by National Institute of Advanced Studies, 2013. – 250 p.
18. Zou, X. Cost-effectiveness analysis of water-saving irrigation technologies based on climate change response: A case study of China / X. Zou, Y. Li, R. Cremades, Q. Gao, Y. Wan, X. Qin // Agricultural Water Management. – 2013. – Vol. 129. – P. 9-20.

REFERENCES

1. Biomonitoring of the state of the environment: textbook / Ed. I. S. Belyuchenko, E. V. Fedonenko, A. V. Smagina. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 153 p.
2. GOST R 58556-2019 Assessment of water quality in water bodies from an environmental point of view. – Introduced 2020-05-01. – M.: Gosstandart of Russia: Publishing house of standards, 2019. – 12 p.
3. Zelenskaya, O. V. Rare plant species in the synanthropic flora of the rice system of the educational farm “Kuban” / O. V. Zelenskaya // The North Caucasus Ecological Herald. – Vol. 8. – № 4. – 2012. – P.90-93.
4. Zelenskaya, O. V. Coastal-aquatic plants of the canals of the rice system of the educational farm “Kuban” / O. V. Zelenskaya // In: Year of Science and Technology 2021. Collection of abstracts based on materials of the All-Russian Scientific Practical Conference. Resp. for the issue of A. G. Koshchaev. – Krasnodar, 2021. – P. 402.
5. Zelenskaya, O. V. Study of the ecological state of agricultural landscapes of rice systems in the delta of the Kuban River / O. V. Zelenskaya, N. V. Shvydkaya // Rice Growing (Risovodstvo). – № 10. – 2007. – P. 67-72.
6. Zelensky, G. L. Prospects for the rational use of the early ripening rice variety Azov / G. L. Zelensky, O. V. Zelenskaya // Rice Growing (Risovodstvo). – Krasnodar, 2019. – № 2 (43). – P. 43-47.
7. Zelensky, G. L. Improving the technology of rice cultivation in protection areas (on the example of the educational farm “Kuban”) / G. L. Zelensky, M. I. Chebotarev, T. V. Logoyda, O. V. Zelenskaya, A. A. Salai // Proceedings of KubGAU. – 2018. – № 5 (74). – P. 53-57.
8. Zelensky, P.G. Evaluation of the ecological and economic efficiency of resource- and nature-saving technologies of rice cultivation / P.G. Zelensky, O.V. Zelenskaya // Rice Growing (Risovodstvo). – 2021. – № 4 (53). – P. 17-22. DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-17-22
9. Red Book of the Krasnodar Territory. Plants and Mushrooms / Adm. Krasnodar Terr., Resp. ed. S. A. Litvinskaya [et al.]. – 3rd ed. – Krasnodar, 2017. – 850 p.
10. Magomedov, N. R. Resource-saving herbicide-free rice cultivation technology in Dagestan / N. R. Magomedov, A. A. Abdullaev, D. Yu. Suleimanov, F. M. Kazimetova // Rice Growing (Risovodstvo). – 2019. – № 2 (43). – P. 57-60.
11. Maslivets, V. A. Intensive land use in rice crop rotations / V. A. Maslivets, N. N. Zdesenko. – Krasnodar: KubGAU,

2008. – 491 p.

12. Mirkin, B. M. Optimization of the structure of agroecosystems: content, problems, approach to implementation / B. M. Mirkin, R. M. Khaziakhmetov, A. I. Solomeshch // *Journal of General Biology*. – 1992. – Vol. 53. – № 1. – P. 18-30.

13. Ferrero, A. Weedy rice. Biological features and control / A. Ferrero // *FAO plant production and protection paper*. – Roma, 2003. – 120, add. 1. – P. 89-107.

14. Hoang, V.-N. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture / V.-N. Hoang, M. Alauddin // *Environ. Resource Econ.* – 2012. – Vol. 51. – P. 431-452. DOI 10.1007/s10640-011-9506-6

15. Moutinho, V. Economic-environmental efficiency of European agriculture – a generalized maximum entropy approach. / V. Moutinho, M. Robaina, P. Macedo // *Agric. Econ.* – 2018. – Vol. 64. – № 10. – P. 423-435.

16. Rice in the Global Economy: Strategic Research and Policy Issues for Food Security // Edited by S. Pandey, D. Byerlee, D. Dawe, A. Dobermann, S. Mohanty, S. Rozelle and B. Hardy. – IRRI, 2010. – 487 p.

17. Shetty, P. K. Innovations in rice production / P. K. Shetty, M. R. Hegde, M. Mahadevappa // *Published by National Institute of Advanced Studies*, 2013. – 250 p.

18. Zou, X. Cost-effectiveness analysis of water-saving irrigation technologies based on climate change response: A case study of China / X. Zou, Y. Li, R. Cremades, Q. Gao, Y. Wan, X. Qin // *Agricultural Water Management*. – 2013. – Vol. 129. – P. 9-20.

Ольга Всеволодовна Зеленская

Доцент кафедры ботаники и общей экологии

Факультет агрономии и экологии

E-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

Григорий Леонидович Зеленский

Главный научный сотрудник отдела селекции

E-mail: zelensky08@mail.ru

Все: ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»,
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

Olga Vsevolodovna Zelenskaya

Associate Professor of the Department of Botany and

General Ecology, Faculty of Agronomy and Ecology

E-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named
after I.T. Trubilin»,
13, Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Grigory Leonidovich Zelensky

Chief researcher of the breeding department

E-mail: zelensky08@mail.ru

All: FSBSI «FNC of rice»,
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-82-87
УДК 635.64:631.527.56

Козлова И. В.
г. Краснодар, Россия

НОВЫЙ СРЕДНЕСПЕЛЫЙ СОРТ ТОМАТА ВИКТОР

Овощеводство одна из важных и перспективных отраслей в Южном Федеральном округе. Для удовлетворения потребности населения и товаропроизводителей в плодах томата необходимо создание и внедрение новых сортов, обладающих высокой продуктивностью, повышенным качеством плодов, отвечающих современным технологиям производства и требованиям рынка, а так же имеющую приемлемую цену на семена. Сложные современные экономические условия, большая конкуренция с импортными сортами на рынке семян предъявляют новые требования к сортам томата. В рыночных условиях производители и потребители томатной продукции стали проявлять большой интерес к универсальным сортам, в частности пригодным как для консервирования, так и для потребления в свежем виде. В статье представлены результаты работы по созданию нового сорта томата Виктор универсального направления. Материалом для изучения послужили новые сортообразцы томата среднего срока созревания (в качестве стандарта использовали районированный сорт томата – Венета). Дана сравнительная характеристика за три года (2018-2020 гг.). Установлено превосходство нового сорта над стандартом по ряду признаков: по урожайности новый сорт Виктор превысил стандарт сорт Венета на 7,21 т/га (13,26 %); по средней массе плодов на 21,4 %. Новый сорт Виктор имеет отличные пищевые и биохимические характеристики, превышающие стандарт, как по содержанию сухого вещества в плодах (на 15,0 %), сахара (на 20,5 %), а также имеет более высокую дегустационную оценку овощных консервов. По результатам многолетних исследований сорт Виктор передан на государственное сортоиспытание в 2021 году и проходит экспертную оценку в 2022 году.

Ключевые слова: томат, сорт, универсальное назначение, биохимические показатели, ценные хозяйственные признаки.

A NEW MEDIUM-RIPENED VARIETY OF TOMATO VICTOR

Vegetable growing is one of the important and promising industries in the southern Federal District. To meet the needs of the population and commodity producers in tomato fruits, it is necessary to create and introduce new varieties with high productivity, improved fruit quality, meeting modern production technologies and market requirements, as well as having an acceptable price for seeds. Difficult modern economic conditions, great competition with imported varieties in the seed market impose new requirements on tomato varieties. In market conditions, producers and consumers of tomato products began to show great interest in universal varieties, in particular, suitable for both canning and fresh consumption. The article presents the results of work on the creation of a new variety of tomato Victor universal direction. The material for the study was new varieties of tomato of medium maturity (a zoned tomato variety – Veneta was used as a standard). A comparative characteristic for three years (2018-2020) is given. The superiority of the new variety over the standard has been established in a number of ways: in terms of yield, the new Victor variety exceeded the Veneta standard by 7.21 t/ha (13.26 %); in terms of average fruit weight by 21.4 %. The new Victor variety has excellent nutritional and biochemical characteristics exceeding the standard, both in terms of dry matter content in fruits (by 15.0 %), sugar (by 20.5 %), and also has a higher tasting rating of canned vegetables. According to the results of many years of research, the Victor variety was transferred to the state variety testing in 2021 and is undergoing expert evaluation in 2022.

Key words: tomato, variety, universal purpose, biochemical indicators, valuable economic signs.

Введение

Основной целью в стратегии развития сельского хозяйства является гарантия продовольственной безопасности Российской Федерации. Обеспечение населения России высококачественными продуктами питания в течение всего года является важной задачей, решить которую призвана «Государственная программа развития сельского хозяйства Российской Федерации», рассчитанная до 2025 года [1]. Овощеводство одна из важных и перспективных отраслей в Южном Федеральном округе.

По утверждению ряда авторов, под томатами в Краснодарском крае занято 0,58 тыс. га и объемы их производства удовлетворяют спрос потребителя не более чем на половину [11]. Одна из причин такого состояния – недостаток отечественных сортов, отвечающих требованиям, как потребителя, так и товарного производства.

По сравнению со многими овощными культурами, томат для России — культура относительно новая. Выращивать томаты начали в южных районах страны в XVIII веке. Одна из первых публи-

каций об этой культуре в России принадлежит основоположнику российской агрономии, ученому и исследователю Андрею Тимофеевичу Болотову. К середине XIX века культура томатов начала распространяться по огородам России в средних областях, а к концу XIX столетия широко распространилась и в северных районах страны [12].

В последние годы сортимент томата в России значительно расширился. Сложные современные экономические условия, большая конкуренция с импортными сортами на рынке семян предъявляют новые требования к сортам томата.

В южных регионах России для томата, особенно в период цветения растений и созревания плодов, наиболее неблагоприятными абиотическими факторами среды являются высокая температура воздуха и почвы, солнечная инсоляция, недостаток влаги в период вегетации. Неблагоприятный температурный режим часто выступает сдерживающим фактором получения высоких урожаев, вследствие опадения цветков и завязи [13]. Высокая инсоляция вызывает у сортов и гибридов со слабой облиственностью кустов «солнечные ожоги» плодов. Поэтому основное перспективное направление селекции томата для юга России – создание и внедрение в производство сортов и гибридов с сочетанием ценных хозяйственных признаков путем скрещивания линий с различными генотипами, адаптированных к природно-климатическим условиям юга России, сочетающих в себе высокую урожайность, хороший вкус и качество плодов и отвечающих требованиям производителей. Наряду с этим, необходимо учитывать, что создаваемые сорта должны быть со стабильной реализацией своих потенциальных возможностей, с высоким уровнем пластичности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды, обладать устойчивостью к наиболее вредоносным грибным и бактериальным заболеваниям распространенным в регионе [3].

Повторяющиеся с определенной периодичностью экстремальные погодные условия в центральной зоне Краснодарского края дают возможность отобрать наиболее адаптивный селекционный материал и выделить среди перспективных образцов наиболее стабильные по урожайности, устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам. В этом преимущество создаваемого нами сортимента томата перед ввозимым из-за рубежа, который часто высевается на поля без предварительных серьезных испытаний в регионах.

В рыночных условиях производители и потребители томатной продукции стали проявлять большой интерес к универсальным сортам, в частности пригодным как для консервирования, так и для потребления в свежем виде. Требуются сорта с детерминантным типом куста, округлыми или цилиндрическими плодами, гармоничным вкусом, высокой товарностью, имеющие плотную мякоть и не растрескивающуюся при консервации кожицу.

В Государственном реестре селекционных достижений допущенных к использованию на 2021 год насчитывается более 2550 сортов. Из них всего 35 сортов универсального назначения. Поэтому, актуальность создания новых сортов томата для товарного производства и личных подсобных хозяйств, отвечающих требованиям новых технологий, с одной стороны, и вкусам потребителей, с другой, сохраняется.

Сорта универсального назначения должны быть технологичными, обладать высокой продуктивностью, дружным формированием урожая завязыванием и созреванием плодов, иметь детерминантный тип куста, плоды должны легко отделяться от растений без плодоножек, но не осыпаться как до начала, так и в процессе уборки. Средняя масса плодов должна быть 60-100 г, плоды равномерно окрашены с высокими вкусовыми качествами, быть пригодны как для потребления в свежем виде, так и для переработки на томатопродукты [2].

Цель исследований

Оценить новые генотипы томата в конкурсном испытании и передать лучший из них на государственное сортоиспытание.

Материалы и методы

Научные исследования выполняли согласно государственному заданию и календарному плану НИР. Опыты закладывались в полевых условиях на базе отдела овощеводства с использованием селекционного материала ФГБНУ «ФНЦ риса» (г. Краснодар, пос. Белозерный).

Материалом для изучения послужили новые сортообразцы томата среднего срока созревания, включенные в конкурсное испытание в 2018 – 2020 гг. (в качестве стандарта использовали районированный сорт томата – Венета).

Исследования проводили в соответствии с «Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [9], учеты и наблюдения – по «Методике опытного дела в овощеводстве» [8]. Результаты исследований обработаны методами биометрической статистики [6, 10], анализ метеорологических показателей, их сопоставление со средними многолетними значениями – по данным метеостанции Краснодар-Круглик, г. Краснодар.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным малогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым [4]. В горизонте 0-30 см содержится: гумуса 2,2–2,4 %, общего азота 0,12–0,14 %, нитратного азота 40-45 мг/100 г почвы, подвижного фосфора 48 мг/100 г и обменного калия – 37 мг/100 г почвы. Почва опытного участка обладает благоприятными физическими и химическими свойствами, позволяющими возделывать на ней овощные культуры, в том числе и томат.

Метеорологические условия периодов вегетации томата в годы проведения конкурсного сортоиспытания (2018–2020 гг.) характеризовались неравномер-

ным выпадением осадков. В 2018 году наблюдалось отсутствие или незначительное выпадение осадков в первые декады мая, июня, июля и августа. Ливневые дожди прошли во второй декаде июля. Выпало 109,6 мм осадков при среднем многолетнем показателе 52 мм. В целом лето было очень засушливым.

Погодные условия периода вегетации томата в 2019 году были экстремальными. Они имели скачкообразный характер: сильное переувлажнение почвы в начальный период сменялась засушливым периодом; высокая температура воздуха во время цветения сменялась низкой в период налива и созревания плодов. Обильное выпадение осадков 5 - 6 июня, сопровождающееся шквалистым ветром и градом нанесли урон посадкам томата (посадки в течении двух суток были затоплены водой, были отбиты листья, цветочные кисти, поломаны верхушки растений).

Метеорологические условия вегетативного периода 2020 года незначительно отличались от прошлого года, по температурным показателям. Вегетационный период томата, начиная с июня по август, сопровождался высокими температурами, превышающими средние многолетние показатели. Осадки выпадали неравномерно. Большая часть осадков пришлось на май (145 % нормы) и 3-ю декаду июля (188 %). Июнь и август были засушливыми.

Агротехнические работы на опытном поле выполнялись в соответствии с рекомендациями по выращиванию томата [5]. Опытные деланки закладывали в четырехкратной повторности, размещение – систематическое со смещением по ярусам. Перед высадкой рассады локально в борозды вносили удобрение (нитроаммофоска), в норме $N_{60}P_{60}K_{60}$ по д. в. (350 кг/га в физических туках). Схема посадки ленточная двухстрочная (90 + 50) x 35 см. Орошение осуществлялось капельным способом. Предшественники – бахчевые культуры (2018 г.) озимая пшеница (2019 г.), и озимый чеснок (2020 г.). Плоды томата убирали по деланкам вручную с одновременным взвешиванием.

Результаты и обсуждение

В течении 2018–2020 годов на базе отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» проводилось конкурсное испытание и оценка пяти перспективных сортообразцов консервного и универсального назначения на

фоне стандартного сорта Венета. В результате был выделен сорт ЛГ –1181, который получил название «Виктор». Сорт был получен путем контролируемого скрещивания линии ЛК-2634 (ФГБНУ «ФНЦ риса») и сорта Карат (ООО НПП «Агровнедрение») с последующим отбором по признакам: урожайность, выравненность плодов по размеру и массе, плотность кожицы, гармоничность вкуса, облиственность куста, устойчивость к повышенным температурам.

Анализ сложившихся погодных условий в регионе за 2018–2020 гг. показал необходимость создания сортов и гибридов томата с повышенной устойчивостью к стрессовым условиям, одним из которых является высокая температура в период цветения и налива плодов.

По результатам лабораторных исследований выявлены сортообразцы, обладающие повышенной жароустойчивостью растений (ЛК-2840, ЛК-2704/09, ЛГ-1181), слабую органическую жароустойчивость проявили сорт ЛК-2839 [7].

Эти результаты подтверждает и урожайность образцов за 2018-2020 гг. Из полученных данных, представленных в таблице 1, видно, что образцы ЛК-2840, ЛК-2704/09 и ЛГ-1181 показали себя как высокопродуктивные (средняя урожайность товарных плодов 57,6 т/га, 57,92 и 61,59 т/га соответственно), а сорт ЛК-2839 низко продуктивный (48,57 т/га).

Большие различия между урожайностью сортообразцов по годам объясняются действием не только абиотических факторов, но и биотических (поражение растений болезнями и вирусами). Урожайность томата в 2019 году в связи с экстремальными погодными условиями (обильное выпадение осадков 5-6 июня, сопровождающееся шквалистым ветром и градом) и массовым поражением вирусными и микоплазменными болезнями была невысокой и составила 18,33–24,72 т/га. В 2018 и 2020 годах эпифитотий не наблюдалось. Урожайность в зависимости от образца варьировала в пределах 60,05–73,38 т/га (2018 г.) и 67,35–86,68 т/га (2020 г.). Сравнительная оценка показала, что новый сорт томата Виктор, в среднем за три года по урожайности плодов превосходил сорт Венета (стандарт) на 7,21 т/га, что соответствует прибавке урожая 13,26 %, но уступал по отдаче ранней урожайности на 12,6 %.

Таблица 1. Урожайность сортообразцов томата, 2018–2020 гг.

Название образца	Урожайность товарных плодов, т/га				Отдача раннего урожая,	
	2018	2019	2020	среднее	т/га	%
Венета (стандарт)	68,56	20,21	74,37	54,38	47,4	87,2
ЛК-2840	72,51	21,75	79,44	57,60	42,6	74,0
ЛГ-1181 («Виктор»)	73,38	24,72	86,68	61,59	45,8	74,6
ЛК-2704/09	69,43	22,44	81,90	57,92	40,3	69,5
ЛК-2839	60,05	18,33	67,35	48,57	30,2	62,2
ЛК-2926	68,19	19,58	75,32	54,36	47,9	88,1

Продолжение таблицы 1

Название образца	Урожайность товарных плодов, т/га				Отдача раннего урожая,	
	2018	2019	2020	среднее	т/га	%
Средне сортовая урожайность	68,68	21,17	77,51			
НСР ₀₅	2,12	1,79	3,25		2,08	

Анализ экспериментальных данных показывает, что сорт Виктор, хотя и был на уровне со стандартом по количеству плодов на растении (прибавка в пределах ошибки опыта), но за счет увеличения средней массы плодов на 21,4 % превосходил его

по продуктивности в среднем за 3 года на 0,21 кг (табл. 2). Плоды нового сорта были выровненными по размеру, имели кубовидную форму (индекс 1,08–1,17) с гладкой блестящей поверхностью, с 2–3 камерами, плотной мякотью и кожицей.

Таблица 2. Продуктивность растений и характеристика плодов нового сорта томата в конкурсном испытании.

Название сорта	Год испытания	Продуктивность одного растения, кг	Количество плодов на одном растении, штук	Масса плода, г	Индекс плода	Число гнезд (камер)
Венета (стандарт)	2018	1,66	24,0	67,9	1,19	2,4
	2019	0,50	24,1	20,5	1,03	2,3
	2020	1,82	21,9	82,6	1,26	2,3
	среднее	1,32	23,3	57,0	1,16	2,3
ЛГ-1181 (Виктор)	2018	1,86	22,5	82,3	1,17	2,6
	2019	0,61	22,1	27,6	1,08	2,1
	2020	2,12	21,7	97,8	1,14	2,8
	среднее	1,53	22,1	69,2	1,13	2,5
НСР ₀₅		0,14	1,31	6,58		

Для характеристики пищевых достоинств нового сорта определяли содержание сухого вещества, аскорбиновой кислоты, сахара, общей кислотности и вкусовых характеристик свежих плодов томата, а так же степень растрескивания кожицы при цельноплодном консервировании, вкус консервов после приготовления [14]. Новый сорт Виктор имеет отличные пищевые и биохимические характеристики. Как показано в таблице 3, содер-

жание сухого вещества в плодах томата этого сорта колебалось от 4,51 до 5,90 %, а сахаров от 1,77 до 2,74 %. В среднем, плоды данного сорта характеризуются прекрасным вкусом как в свежем виде (сахарокислотный индекс 7,07), так и овощных консервах - 4,6 баллов, привлекательным товарным видом (окраска, форма, размер), кожица плодов не растрескивается при цельноплодном консервировании.

Таблица 3. Показатели качества плодов томата (среднее за 2018–2020 гг.)

Сорт	Содержание сухого вещества, %		Содержание общего сахара, %		Сахарокислотный индекс		Вкус овощных консервов, балл	
	среднее	минимум	среднее	минимум	среднее	минимум	среднее	минимум
		максимум		максимум		максимум		максимум
Венета (стандарт)	4,59	4,06	1,95	1,60	6,66	4,71	4,2	4,0
		5,37		2,45		7,97		4,5
ЛГ-1181 (Виктор)	5,28	4,51	2,35	1,77	7,07	6,1	4,6	4,4
		5,90		2,74		8,1		4,9

Новый сорт томата универсального назначения Виктор (рис.), среднеспелый, от всходов до начала созревания 105–110 дней. Куст детерминантный, среднерослый, хорошо облиственный, полностью предохраняющий плоды от солнечных ожогов. Лист средней длины, дваждыперистый, зеленый. Соцветие простое, высота зало-

жения первого соцветия над 7 листом. Плоды на кусте выровнены по размеру, плотные, кубовидной формы (индекс 1,13), гладкие, блестящие, красного цвета, с 2–3 камерами, массой 70–100 г, с плотной кожицей. Длительное время могут сохраняться на кусте, не теряя товарных качеств. Содержат 5,28 % сухого вещества,

2,35 % сахара, 25,61 мг/% аскорбиновой кислоты, при общей кислотности 0,32. Сахарокислотный коэффициент равен 7,07, что подтверждает гармоничность их вкуса. Плодоножка с сочленением, но плоды не осыпаются, отделительный слой слабо развит, что дает возможность сбора

плодов без плодоножки. Сорту универсального назначения: предназначен для потребления в свежем виде, пригоден для цельноплодного консервирования и изготовления томатопродуктов. Сорту пригоден для выращивания в фермерских и личных подсобных хозяйствах.



Рисунок. Растение томата сорта Виктор

С 2021 года в отделе начата работа по введению в селекцию генетического материала от селекционных доноров, содержащего детерминанты устойчивости к патогенам: фитофторозу (Ph) и вирусу табачной мозаики (Тм). Для перехода к экологически чистому производству томатов необходимы конкурентоспособные и устойчивые к патогенам отечественные гибриды и сорта, создание которых основано на использовании доноров нового типа, полученных на основе линий с функциональной мужской стерильностью (ФМС) и комплексом хозяйственно-ценных признаков. Применение ДНК маркеров позволяет ускорить селекционный процесс. Исследования выполняются совместно с лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий при финансовой поддержке Кубанского научного фонда и Организации в рамках научного проекта №№ МИФ-П-20.1/1.

Выводы

По итогам многолетней комплексной оценки сортов в конкурсном сортоиспытании выделен универсальный сорт томата ЛГ-1181 (Виктор). Установлен ряд преимуществ нового сорта над стандартом. По урожайности новый сорт Виктор превысил стандартный сорт Венета на 7,21 т/га (13,26 %), по средней массе плодов на 21,4 %. Новый сорт Виктор имеет отличные пищевые и биохимические характеристики, превышающие стандарт по содержанию сухого вещества в плодах (на 15,0 %) и сахара (на 20,5 %), а также более высокую дегустационную оценку овощных консервов. По результатам многолетних исследований сорт Виктор передан на государственное сортоиспытание в 2021 году и проходит экспертную оценку в 2022 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ (с изменениями и дополнениями) / Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/194365>.
2. Бакулина, В. А. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов / В. А. Бакулина., К.

- А. Белехова, Г. В. Боос и др. - М.: Колос, 1982. - 415 с.
3. Бунин, М.С. Производство гибридных семян овощных культур: уч. Пособие / М. С. Бунин, Г. Ф. Монахос, В.И. Терехова. – М.: Изд-во РГАУ МСХА имени Тимирязева. – 2011. – 182 с.
 4. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы северного Кавказа) / В.Ф.Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. - Краснодар: СОВ, КУБАНЬ, 2002. - 728 с.
 5. Грушанин, А.И. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани. Рекомендации / Грушанин А.И., Есаулова Л.В. и др. – Краснодар: ЭДВИ, 2016. – 36 с.
 6. Дзюба, В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных: Методическое пособие. - Краснодар, 2007.- 76 с.
 7. Козлова, И.В. Оценка исходного материала в селекционном процессе жаростойких сортов томата для юга России /И.В. Козлова //Рисоводство. - Краснодар, 2020. - №4(49). - С.57-62.
 8. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.:РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИЯ, 2011. – 648 с.
 9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.– М., 2015.– 61с.
 10. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. - Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.
 11. Помидоры открытого грунта: площади и сборы в России в 2001-2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/pomidory-otkrytogo-grunta-ploshchadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2019-gg.html> (Дата обращения: 25.11.2020).
 12. История происхождения томатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberlesson.ru/kogda-v-rossii-pojavilis-pomidory> (Дата обращения:11.12.2020).
 13. Denton, Swarup V. Tomato cultivation and its potential in Nigeria //VI African Symposium on Horticultural Crops 123. – 1981. – P. 257-272.
 14. Coyago-Cruz, E. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties / Coyago-Cruz E. et al. //Food chemistry. – 2019. – V. 277. – P. 480-489.

REFERENCES

1. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1662-r dated November 17, 2008. About the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation (with amendments and additions) / GARANT system : <http://base.garant.ru/194365>.
2. Bakulina, V. A. Guidelines for the approbation of vegetable crops and fodder root crops / V. A. Bakulina., K. A. Belekhova, G. V. Boos, etc.// Edited by D. D. Brezhnev. - M. : Kolos, 1982. - 415 p.
3. Bunin, M.S. Production of hybrid seeds of vegetable crops: Textbook / M. S. Bunin, G. F. Monakhos, V.I. Terekhova. – М.: Publishing House of the Russian State Agricultural Academy named after Timiryazev. – 2011. – 182 p.
4. Valkov, V.F. Soil science (soils of the North Caucasus)/ V.F.Valkov, Yu.A. Shtompel, V.I. Tulpanov. - Krasnodar: SOV, KUBAN, 2002. - 728 p.
5. Grushanin, A.I. Technology of growing tomatoes in the open ground in the Kuban. Recommendations / A.I. Grushanin, L.V. Esaulova et al. – Krasnodar, 2016. – 36 p.
6. Dzyuba, V.A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data: A methodological guide. - Krasnodar, 2007.- 76 p.
7. Kozlova, I.V. Evaluation of the source material in the breeding process of heat-resistant tomato varieties for the South of Russia / I.V. Kozlova // Rice growing. – 2020. - № 4(49). - P. 57-62.
8. Litvinov, S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. – М.: Russian Agricultural Academy, 2011. – 648 p.
9. Methodology of State variety testing of agricultural crops. – М., 2015. – 61 p.
10. Sheudzhen, A.H. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation their results / A.H. Sheudzhen, T.N. Bondareva. - Майкоп: JSC “Polygraph-YUG”, 2015. – 664 p.
11. Tomatoes of the open ground: areas and collections in Russia in 2001-2019. [electronic resource]. – Access mode: <https://agrovesti.net/library/industry/vegetables/pomidory-otkrytogo-grunta-ploshchadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2019-gg.html> (Accessed: 11/25/2020).
12. The history of the origin of tomatoes [Electronic resource]. – Access mode: <https://cyberlesson.ru/kogda-v-rossii-pojavilis-pomidory> (Date of application:11.12.2020).
13. Denton, Swarup V. Tomato cultivation and its potential in Nigeria //VI African Symposium on Horticultural Crops 123. – 1981. – P. 257-272.
14. Coyago-Cruz, E. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties / Coyago-Cruz E. et al. //Food chemistry. – 2019. – V. 277. – P. 480-489.

Ирина Викторовна Козлова

Научный сотрудник отдела
овощекартофелеводства

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

Irina Viktorovna Kozlova

Researcher at the Department of Vegetable and
potato Growing

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-88-94
УДК 631.81: 635.61.

Лазько В.Э., канд. с.-х. наук,
Якимова О.В.,
Ковалева Е.В.
г. Краснодар, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГРУППЫ ЭПИБРАССИНОЛИДА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВСХОДОВ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ОТ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

В статье показаны результаты изучения эффективности замачивания семян перед посевом в растворе препаратов группы эпибрасинолидов для защиты и сохранения всходов бахчевых и тыквенных культур от низкотемпературных стрессов в весенний период. Объектами исследований были препараты Эпин Экстра и Эпин Плюс, которые позволяют преодолевать воздействия низкотемпературных стрессов, повышают иммунитет, оказывают стимулирующее действие на прорастание семян и рост растения овощных культур. В ходе проведенных исследований установлено, что препараты группы эпибрасинолидов способствуют значительному сохранению всходов бахчевых и тыквенных культур при длительном воздействии низких температур. Замачивание семян арбуза сорта Терский ранний перед посевом в растворе препаратов группы эпибрасинолидов обеспечило сохранность всходов от 24,2 до 35,3 %, в то время как в контрольном варианте гибель растений составляла 100 %. Наибольшее антистрессовое воздействие на арбузе имел препарат Эпин Экстра. Меньшую эффективность по защите всходов показали препараты на дыне, сохранилось - 21,1-27,3 % растений. Максимальное количество проростков осталось при использовании препарата Эпин Плюс. Меньший ущерб низкие температуры наносят тыкве. Без обработки семян сохранилось от 41,3 до 65,5 % растений. Замачивание семян перед посевом в растворах препаратов группы эпибрасинолидов способствовало сохранению количества растений крупноплодной тыквы сорта Мраморная на 7,4 -20,0 %, мускатной тыквы сорта Прикубанская на 4,0-5,4 %. Лучший защитный эффект на крупноплодной тыкве показал препарат Эпин Экстра, а на мускатной тыкве больше сохранилось растений при использовании препарата Эпин Плюс. Следует отметить, что замачивание семян в растворах препаратов группы эпибрасинолидов, для защиты всходов бахчевых и тыквенных культур от повреждения низкими температурами, является эффективной технологической операцией, позволяющий сгладить воздействие стресс-фактора.

Ключевые слова: криопротектор, препараты группы эпибрасинолидов, Эпин Экстра, Эпин Плюс, низкотемпературный стресс, всходы, бахчевые культуры.

THE USE OF PREPARATIONS OF THE EPIBRASSINOLIDE GROUP FOR THE PROTECTION OF GURNS SHEDOUTS FROM LOW TEMPERATURES

The effectiveness of seed soaking before sowing in a solution of preparations of the epibrassinolide group for the protection and preservation of seedlings of gourds and gourds from low-temperature stresses in the spring was studied. The objects of research were preparations Epin Extra and Epin Plus, which allow to overcome the effects of low-temperature stresses, increase immunity, and have a stimulating effect on seed germination and plant growth of vegetable crops. In the course of the studies, it was found that preparations of the epibrassinolide group contribute to a significant preservation of seedlings of gourds and gourds during prolonged exposure to low temperatures. Soaking watermelon seeds of the Tersky early variety before sowing in a solution of drugs from the epibrassinolide group ensured the safety of seedlings from 24.2 to 35.3 %, while in the control variant, the death of plants was 100 %. Epin Extra had the greatest anti-stress effect on watermelon. Preparations on melon showed less efficiency in protecting seedlings, 21.1-27.3 % of plants survived. The maximum number of seedlings remained when using Epin Plus. Low temperatures cause less damage to the pumpkin. From 41.3 to 65.5 % of plants survived without seed treatment. Soaking seeds before sowing in solutions of preparations of the epibrassinolide group contributed to the preservation of the number of plants of large-fruited pumpkin of the Marble variety by 7.4-20.0 %, and of nutmeg pumpkin of the Prikubanskaya variety by 4.0-5.4 %. The best protective effect on large-fruited pumpkin was shown by Epin Extra, and on nutmeg pumpkin, more plants were preserved when using Epin Plus. It should be noted that soaking seeds in solutions of preparations of the epibrassinolide group, to protect seedlings of melons and pumpkin crops from damage by low temperatures, is an effective technological operation that makes it possible to smooth out the impact of the stress factor.

Key words: cryoprotectant, preparations of the epibrassinolide group, Epin Extra, Epin Plus, low-temperature stress, seedlings, melons.

Введение

В Краснодарском крае часто весна наступает рано. В конце марта – начале апреля температура воздуха достигает 25-27 °С. Почва прогревается до 12-14 °С, что позволяет начать посевы уже в середине апреля. Но часто в третьей декаде апреля и в первой декаде мая температура может опускаться до биологического минимума для бахчевых культур (10 °С), что пагубно влияет на посевы и может вызвать повреждение всходов и даже гибель.

Температуры, близкие и ниже биологического минимума для бахчевых культур (10 °С), влияют на физиологию растений, а при достижении критических величин приводят к их гибели. Чтобы сэкономить имеющиеся ресурсы, растения уменьшают дыхание и выработку энергии. При этом снижается фотосинтетическая активность, возникает дефицит углеводов. При длительном стрессе растения начинают активно расходовать запасы белков и углеводов, чтобы поддержать функционирование клеток, начинается распад клеток и растение гибнет [2, 5, 14].

Для того, чтобы получить всходы бахчевых культур необходимо применять технологические операции, позволяющие сгладить воздействия стрессовых факторов.

Одним из современных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур является использование криопротекторов, таких как Эпин, Экстра и Эпин Плюс, относящиеся к препаратам группы эфирбрасинолидов, для защиты растений от низкотемпературных стрессов. Применение криопротекторов группы эфирбрасинолидов помогают преодолеть воздействия низкотемпературных стрессов, повышать иммунитет, оказывать стимулирующее воздействие на прорастание семян и рост растения [1, 6, 12, 15].

Препарат Эпин Экстра и Эпин Плюс рекомендуются использовать на овощных культурах для повышения защитных свойств от неблагоприятных условий среды, усиления ростовых процессов и увеличения урожайности. Препараты группы эфирбрасинолидов – это регуляторы и адаптогены широкого спектра действия, обладающие сильным антистрессовым действием. Это искусственно созданный аналог природного биостимулятора растений, адаптоген с ярко выраженным антистрессовым действием. Эпин активизирует собственные защитные функции растений, вырабатывая у них иммунитет перед агрессивной окружающей средой (перепадами температур, засухой, заморозками, ливнями и т.д.) [10, 11, 16].

В состав эпина входит вещество – эфирбрасинолид, синтезированное посредством нано технологий. Именно эфирбрасинолид отвечает за активацию биологических процессов в растениях, буквально спасая их при низких температурах и болезнях в момент стресса [3, 4, 13]. Однако нет рекомендаций по практическому применению пре-

паратов группы эфирбрасинолидов на посевах бахчевых культур

Цель исследований

Изучить эффективность применения препаратов Эпин Экстра и Эпин Плюс для защиты всходов бахчевых культур от низкотемпературных стрессов в начале вегетации в весенний период.

Материалы и методы

Исследования были проведены в центральной зоне Краснодарского края на семеноводческих участках бахчевых и тыквенных культур отдела овощекартофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса». Работа проводилась в соответствии с методическими указаниями: «Методикой полевого опыта в овощеводстве» С.С. Литвинова [9]. Статистическая обработка результатов опытов – по Б.А. Доспехову и В.А. Дзюбе; анализ метеорологических условий по данным АМП «ФНЦ риса» Краснодар [7, 8].

Схема посева. Повторность опыта трехкратная. Площадь опытной делянки 151 м², схема посева – 2,1 x 0,9 м. Посев осуществлен семенами категории ОС (селекционный материал), вручную с 18 и 19 апреля 2022 г., при прогреве почвы на глубине 10 см – 14 °С. Посев был проведен 18-19.04.2022 по схеме 2,1x0,7 м для дыни и арбуза, 2,1x0,9 м для тыквы. Глубина заделки семян 2...3 см. Густота посева из расчета 5-6 тыс. штук растений на гектар. Минеральное удобрение нитроаммофоску (N₁₆P₁₆K₁₆) вносили при посеве локально (в створе посевного ряда). Нормы внесения минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ кг д. в./га (по 375 кг/га физических туков). Расположение вариантов систематическое. Предшественники – фасоль, томат, перец.

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки), замачивание в воде.

2. Замачивание семян Эпин Экстра. Норма расхода препарата 200 мл/т.

3. Замачивание семян Эпин Плюс. Норма расхода препарата 200 мл/т.

Для закладки опыта семена замачивали в одном литре рабочего раствора в течении 1 часа. Расход препаратов Эпин Экстра и Эпин Плюс для тыквы крупноплодной сорта Мраморная - 0,03 мл на 150 гр семян; тыквы мускатной сорта Прикубанская - 0,03 мл на 150 гр семян; дыни сорта Золотистая - 0,01 мл на 50 гр семян и арбуза сорта Терский ранний - 0,02 мл на 100 гр семян.

Результаты и обсуждение

Весна в 2022 году началась рано. С 11 апреля температура воздуха поднялась до 23 °С. Ночью температура воздуха не опускалась ниже 11...15° С. Почва на глубине 10 см за неделю прогрелась до 12...14 °С. Первые всходы стали появляться через 10 дней. Сумма активных температур за период от посева до появления всходов составила 217 °С. Температурный баланс воздуха и почвы способствовал дружному прорастанию семян.

По всем культурам было заметное сдерживание отрастания и появления всходов семян, обработанных Эпин Плюс.

В первой декаде мая погодные условия значительно ухудшились. Дневная температура воздуха снижалась до 9 °С. Ночью опускалась до 7 °С, что значительно ниже биологического минимума

(10 °С) для бахчевых и тыквенных культур (рис. 1). Температурный стресс имел длительный и интенсивный характер (более 10 дней), в результате чего стало заметно снижение фотосинтетической активности и дыхания у растений. По всем вариантам опыта, появившиеся всходы начинали желтеть, терять тургор, вплоть до гибели растений (рис. 2-7).

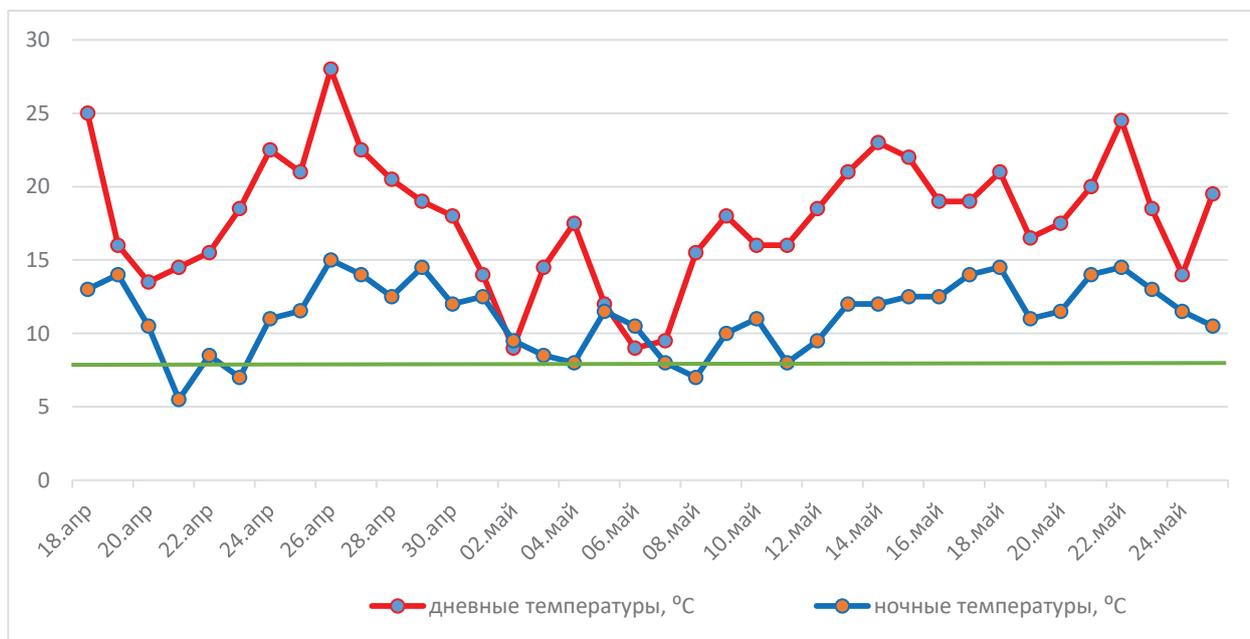


Рисунок 1. Температура воздуха по данным АМП «ФНЦ риса» в период с 18.04. по 25.05.2022 года



Рисунок 2. Арбуз Терский ранний контроль



Рисунок 3. Арбуз Терский ранний Эпин Экстра



Рисунок 4. Арбуз Терский ранний Эпин Плюс

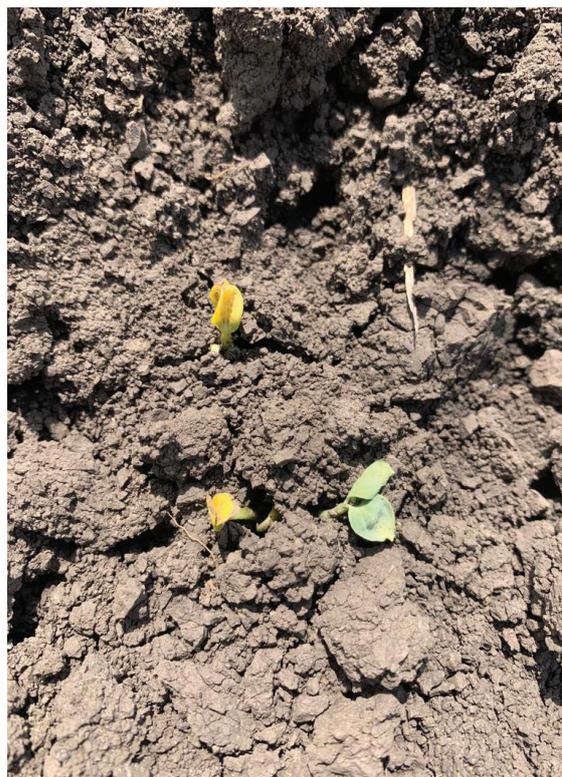


Рисунок 5. Дыня Золотистая контроль



Рисунок 6. Дыня Золотистая Эпин Экстра

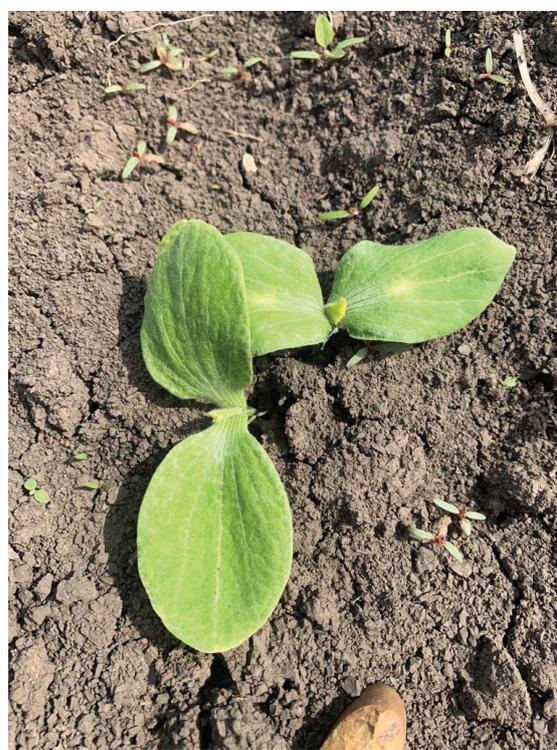


Рисунок 7. Тыква Мраморная Эпин Экстра

Результаты, представленные в таблице 1, демонстрируют, как обработка семян криопротекторами группы эписиннолидов способствовали подготовке и усилению устойчивости растений к неблагоприятным температурным условиям. В динамике видно, как появляющиеся всходы в контрольных вариантах поражались больше всего, особенно на арбузе сорта Терский ранний, у которого гибель всходов составила 100 %. Благодаря обработке семян препаратами группы эписиннолидов, к наступлению стабильного теплого периода, сохранилось от 24,2 до 35,3 % растений. На арбузе более эффективное антистрессовое воздействие оказал препарат Эпин Экстра. Разница по эффективности между препаратами была более 10 %.

У тыквы крупноплодной сорта Мраморная к концу второй декады мая в контрольном варианте осталось 41,3 % растений. Максимально сохранились всходы в варианте обработки семян Эпин Экстра – 61,3 %. Практически на пределе экономической целесообразности (50 %) дальнейшего продолжения выращивания культуры, осталось растений в варианте замачивания семян Эпин Плюс. Потери всходов без обработки семян составили 58,9 %.

Тыква мускатная сорта Прикубанская имеет лучшую генетическую устойчивость в начальный период роста к низкотемпературным стрессам. Всходы семян, обработанные криопротекторами в меньшей степени, повреждались и погибали. Лучшие результаты показал препарат Эпин Плюс – сохранилось более 70 % всходов тыквы мускатной сорта Прикубанская.

Дыня сорта Золотистая более теплолюбивая, в сравнении с тыквой. Низкие температуры повлияли как на отрастание, так и на сохранность имеющих всходов. Для большинства наклюнувшихся семян не хватило активного тепла. В таблице 1 видно, как отрастали, повреждались и погибали всходы. С наступлением стабильной теплой погоды в контрольном варианте осталось 16,0 % растений. Обработка семян способствовала большему сохранению всходов. Максимальное количество (27,3 %) сохранилось при обработке – Эпин Плюс, более чем на 10 % в сравнении с контрольным вариантом. Замачивание в растворе препарата Эпин Экстра способствовало сохранению 21,1 % всходов, что больше на 5,1 %, чем в варианте без обработки.

Таблица 1. Влияние обработки семян криопротекторами Эпин Плюс и Эпин Экстра на сохранение всходов при низкотемпературном стрессе, 2022 год

Вариант	29.04		08.05		11.05		19.05	
	целые	поврежденные	целые	поврежденные	целые	поврежденные	целые	поврежденные
Тыква Мраморная								
Контроль	1,1	-	-	21,3	36,1	4,0	41,3	-
Эпин Экстра	1,0	-	57,3	-	50,7	2,7	61,3	-
Эпин Плюс	-	-	37,3	-	46,7	2,7	48,7	-
	-		$F_{\text{факт.}} 183,11 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 83,31 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 71,69 > F_{\text{теор.}} 3,92$	
Тыква Прикубанская								
Контроль	3,0	-	54,7	5,3	50,7	22,7	65,3	-
Эпин Экстра	5,7	-	65,3	2,7	62,7	22,0	69,3	-
Эпин Плюс	0,7	-	55,3	1,3	59,3	9,3	70,7	-
	-		$F_{\text{факт.}} 232,21 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 23,37 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 173,71 > F_{\text{теор.}} 3,92$	
Дыня Золотистая								
Контроль	1,3	-	24,0	-	26,7	2,7	16,0	-
Эпин Экстра	1,3	-	17,3	-	18,7	8,0	21,1	-
Эпин Плюс	0,7	-	26,7	-	27,1	66,7	27,3	-
	-		$F_{\text{факт.}} 60,13 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 0,22 < F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 39,24 > F_{\text{теор.}} 3,92$	
Арбуз Терский ранний								
Контроль	1,7	-	-	12,0	2,7	1,3	-	-
Эпин Экстра	1,7	-	24,0	10,7	34,7	26,7	35,3	-
Эпин Плюс	1,0	-	29,3	6,7	22,7	17,3	24,2	-
	-		$F_{\text{факт.}} 8,82 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 17,01 > F_{\text{теор.}} 3,92$		$F_{\text{факт.}} 4,69 > F_{\text{теор.}} 3,92$	

Выводы

Замачивание семян перед посевом бахчевых и тыквенных культур в растворах препаратов Эпин Экстра и Эпин Плюс показали высокую эффективность, в сравнении с контрольными вариантами, по защите и сохранению всходов:

- препарат Эпин Экстра задерживает появление всходов на 3-5 дней.

- препарат Эпин Экстра обеспечил максимальную сохранность всходов тыквы сорта Мраморная - 61 % и арбуза сорта Терский ранний - 35,3 %.

- препарат Эпин Плюс показал лучшие результаты по защите всходов от низкотемпературных стрессов. Сохранилось растений: на тыкве сорта Прикубанская - 70,7 % и дыне сорта Золотистая - 27,3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будыкина, Н. П. Оценка препарата эпин экстра на способность индуцировать повышение устойчивости растений к охлаждению / Н. П. Будыкина, Л. В. Тимейко, Т. Ф. Алексеева, Т. С. Гоголева // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: Материалы Междунар. конф. (Кировск, 2630 авг. 2006 г.). - Кировск, 2006. - Т. II. - С. 218-221.
2. Будыкина, Н. П. Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений / Н. П. Будыкина, Т. Ф. Алексеева, Н. И. Хилков // Агротехнический вестник. - 2007. - № 6. - С.24-26.
3. Будыкина, Н. П. Использование препарата эпин экстра в агротехнологии выращивания томата в пленочных теплицах европейского Северо-Запада России / Н. П. Будыкина, Т. Ф. Алексеева, Н. И. Хилков // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Интенсификация и оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных растений». - Орел, 2009. - С.48-52.
4. Будыкина, Н.П. Эффективность препаратов эпин-экстра и циркон / Н. П. Будыкина, Т.Ф. Алексеева, С.Н. Дроздов // Картофель и овощи. - 2007. - № 2. - С. 21.
5. Будыкина, Н.П. Эффективность препарата эпин-экстра при выращивании сладкого перца (*Capsicum annuum* L.) в защищенном грунте в условиях Северо-Запада России/ Н. П. Будыкина, Т.Г. Шибяева, А.Ф. Титов // Агротехника. - 2013. - № 11. - С. 38-44.
6. Волобуева, О.Г. Влияние препарата эпин-экстра на содержание фитогормонов в растениях сои разных сортов и эффективность симбиоза / О. Г. Волобуева // Агротехника. - 2015. - № 7. - С. 34-41.
7. Дзюба, В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методическое пособие. - Краснодар, 2007. - 76 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для высш. учеб. заведений/ Б. А. Доспехов - изд. 5-е, доп. и перераб. стер. изд. - М.: Альянс, 2014. - 351 с.
9. Литвинов, С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. - М., 2011. - 648 с.
10. Малхасян, А.Б. Применение регуляторов роста на различных сортах столовой моркови / А.Б. Малхасян, Л.И. Ялович, Н.А. Китаева // Аграр. наука.- 2015. - № 2. - С. 14-15.
11. Мухортов, С.Я. Применение регуляторов роста на разных корнеплодных растениях / С.Я. Мухортов, А.В. Королев, М.А. Салимов // Сб. научн. тр. "Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции". М.: ВНИИО, 2014. - Вып. 1. - С. 364-368.
12. Нарезная, Е. Д. Эффективность и экологически безопасные приемы возделывания сахарной свеклы при использовании эпина и эпина экстра / Е.Д. Нарезная // Полифункциональность действия брассиностероидов. - М.: НЭСТ М, 2007.- С. 182-187.
13. Прусакова, Л.Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л.Д. Прусакова, Н.Н. Малеванная, С.Л. Белоухов, В.В. Вакуленко // Агротехника. - 2005. - № 11. - С. 76-78.
14. Прусакова, Л.Д. Применение брассиностероидов в экстремальных для растений условиях/ Л.Д. Прусакова, С.И. Чижова // Агротехника. - 2005. - № 7. - С. 87-94.
15. Садовая аптека. Эпин./ Времена года. - 2010. - № 4. - С. 25.
16. Шаповал, О.А. Перспективы использования регуляторов роста растений / О.А. Шаповал, В.В. Вакуленко, И.П. Мажарова // Плодородие. - 2006. - № 6. - С. 13-14.

REFERENCES

1. Budykina, N. P. Evaluation of the drug epin extra for the ability to induce an increase in plant resistance to cooling / N. P. Budykina, L. V. Timeiko, T. F. Alekseeva, T. S. Gogoleva // Stability of ecosystems and the problem of biodiversity conservation on North.: Materials of the International conf. (Kirovsk, 2630 Aug. 2006). - Kirovsk, 2006.- V. II. - P. 218-221.
2. Budykina, N. P. Evaluation of the biopotential of new plant growth regulators / N. P. Budykina, T. F. Alekseeva, N. I. Khilkov // Agrochemical Bulletin. - 2007. - № 6. - P.24-26.
3. Budykina, N. P. The use of epin extra in the agrotechnology of growing tomato in film greenhouses of the European North-West of Russia / N. P. Budykina, T. F. Alekseeva, N. I. Khilkov // Proceedings of the Intern. scientific-practical. conf. "Intensification and optimization of the production process of agricultural plants". - Eagle, 2009. - P. 48-52.
4. Budykina, N.P. The effectiveness of preparations epin-extra and zircon / N. P. Budykina, T.F. Alekseeva, S.N. Drozdov // Potatoes and vegetables. - 2007. - № 2. - P. 21.
5. Budykina, I.P. The effectiveness of epin-extra in the cultivation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in protected ground in the conditions of the North-West of Russia / N. P. Budykina, T.G. Shibaeva, A.F. Titov // Agrochemistry. - 2013. - № 11. - P. 38-44.
6. Volobueva, O.G. Influence of the drug Epin-extra on the content of phytohormones in soybean plants of different varieties and the effectiveness of symbiosis / O.G. Volobueva // Agrochemistry. - 2015. - № 7. - P. 34-41.
7. Dzyuba, V.A. Multifactor experiments and methods of biometric analysis of experimental data / V.A. Dzyuba // Toolkit. - Krasnodar, 2007. - 76 p.
8. Dospikhov, B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher textbook institutions / B. A. Dospikhov - ed. 5th, add. and reworked. erased ed. — М.: Alliance, 2014. — 351 p.
9. Litvinov, S.S. The methodology of experimental work in vegetable growing. - М., 2011. - 648 p.
10. Malkhasyan, A.B. The use of growth regulators on various varieties of table carrots / A.B. Malkhasyan, L.I. Yalovik,

N.A. Kitaeva // Agrar. the science. - 2015. - № 2. - P. 14–15.

11. Mukhortov, S.Ya. The use of growth regulators on different root plants / Mukhortov S.Ya., A.V. Korolev, M.A. Salimov // Sat. scientific tr. "Ecological problems of modern vegetable growing and the quality of vegetable products". - M.: VNIIO, 2014. - Issue 1. - P. 364–368.

12. Narezhnaya, E. D. Efficiency and environmentally friendly methods of sugar beet cultivation using epin and extra epin / E. D. Narezhnaya // Polyfunctionality of the action of brassinosteroids. - M.: NEST M, 2007. - P. 182-187.

13. Prusakova, L.D. Plant growth regulators with anti-stress and immunoprotective properties / L.D. Prusakova, N.N. Malevannaya, S.L. Belopukhov, V.V. Vakulenko // Agrochemistry. - 2005. - № 11. - P. 76–78.

14. Prusakova, L.D. The use of brassinosteroids in extreme conditions for plants / L.D. Prusakova, S.I. Chizhova // Agrochemistry. - 2005. - № 7. - P. 87–94.

15. Garden pharmacy. Epin. / Seasons, 2010. - № 4. - P. 25.

16. Shapoval, O.A. Prospects for the use of plant growth regulators / O.A. Shapoval, V.V. Vakulenko, I.P. Mozharova // Fertility. - 2006. - № 6. - P. 13–14.

Виктор Эдуардович Лазко

Ведущий научный сотрудник лаборатории
бахчевых и луковых культур
E-mail: lazko62@mail.ru

Viktor Eduardovich Lazko

Leading Researcher,
Laboratory of Melon and Onion Crops
E-mail: lazko62@mail.ru

Ольга Владимировна Якимова

Научный сотрудник лаборатории бахчевых
и луковых культур
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

Olga Vladimirovna Yakimova

Researcher of the Laboratory of melons and onions
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

Екатерина Викторовна Ковалева

Младший научный сотрудник лаборатории
бахчевых и луковых культур
E-mail: evik22041976@mail.ru

Ekaterina Viktorovna Kovaleva

Junior researcher of the laboratory of melons and onions
E-mail: evik22041976@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

All: FSBSI «FSC of rice»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-95-101
УДК 633.18:681.518

Скаженник М.А., д-р биол. наук,
Гаркуша С.В., д-р с.-х. наук,
Ковалев В.С., д-р с.-х. наук,
Петрушин А.Ф., канд. тех. наук,
Киселев Е.Н., канд. геогр. наук,
Чижиков В.Н., канд. с.-х. наук,
Митрофанов Е.П.,
Пшеницына Т.С.
г. Краснодар, Россия

МОНИТОРИНГ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ РИСА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Программа «Цифровая экономика РФ» предусматривает выполнение мероприятий по разработке и созданию системы геоинформационного мониторинга и поддержки принятия решений в растениеводстве. Целью исследований явилось изучение продукционного процесса агрофитоценозов риса и разработка научно обоснованных способов мониторинга физиологического состояния посевов в течение вегетации и прогнозирования урожая. Проведены исследования продукционного процесса агрофитоценозов риса с использованием геоинформационного мониторинга для разработки методики автоматизированного картографирования и прогнозирования урожайности. Определены оптические свойства (вегетационный индекс NDVI) ценозов сортов и их связи с морфологическими признаками растений и урожайностью для мониторинга состояния посевов. Показано, что величина вегетационного индекса имеет положительную связь с признаками фотосинтетической деятельности растений и их азотным статусом. Получено уравнение линейной регрессии, которое оценивает степень связи урожайности с NDVI, индексом листовой поверхности (ИЛП) и надземной биомассой. Установленные связи позволяют с большей достоверностью получать информацию о физиологическом состоянии и продукционном процессе посевов риса, используя для этого данные дистанционного зондирования и наземных систем. Полученные результаты совершенствуют методику мониторинга состояния посевов риса и являются основой для формирования информационной системы по применению прецизионных технологий в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: рис, фотосинтетическая деятельность, геоинформационный мониторинг, вегетационный индекс, беспилотный летательный аппарат, урожайность.

MONITORING OF RICE AGROPHYTOCENOSES ON THE BASIS OF GEOINFORMATION SYSTEMS

The program "Digital Economy of the Russian Federation" provides for the implementation of measures to develop and create a system of geoinformation monitoring and decision support in crop production. The purpose of the research was to study the production process of rice agrophytocenoses and develop scientifically based methods for monitoring the physiological state of crops during the growing season and predicting the harvest. Studies of the production process of rice agrophytocenoses were carried out using geoinformation monitoring to develop a methodology for automated mapping and yield forecasting. Optical properties (vegetation index NDVI) of cultivar cenoses and their relationship with morphophysiological characteristics of plants and yield were determined to monitor the state of crops. It is shown that the value of the vegetation index has a positive relationship with the signs of photosynthetic activity of plants and their nitrogen status. A linear regression equation is derived that estimates the extent to which yield is related to NDVI, leaf area index (FLI), and aboveground biomass. The established links will make it possible to obtain more reliable information about the physiological state and production process of rice crops, using remote sensing data and ground-based systems for this. The results obtained improve the method of monitoring the state of rice crops and are the basis for the formation of an information system for the use of precision technologies in agriculture.

Key words: rice, photosynthetic activity, geoinformation monitoring, vegetation index, unmanned aerial vehicle, productivity.

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) все шире применяются в сельском хозяйстве и направлены в основном на инвентаризацию сельхозугодий, выделения участков эрозии, заболачивания, засоленности и опустынивания. В последние годы приобретают интерес исследования,

которые проводятся в различных регионах России, позволяющие прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур [9]. В Краснодарском крае такие работы практически не ведутся, не до конца разработаны общие подходы и методология оценки продуктивности растений на основе их оптико-биологических свойств. Проводятся иссле-

дования, раскрывающие специфику взаимосвязи продуктивности растений с данными дистанционного зондирования в различных почвенно-климатических условиях, которые позволят повысить точность прогноза [10].

Для оценки степени развития посевов, обычно используют их вегетационные индексы [11]. Это одно из важных направлений мониторинга сельскохозяйственного назначения, которое связано с разработкой подходов по применению спектральных (вегетационных) индексов для автоматизированного картографирования оценки состояния посевов [1]. Особую актуальность представляет регулярный мониторинг спектра для сельскохозяйственных культур, который интенсивно меняет свое состояние и спектральные свойства на протяжении вегетационного сезона [7].

Технология дистанционного зондирования различных зерновых культур часто оказывалась подходящим инструментом для контроля сельскохозяйственного урожая [14]. В частности, дистанционное зондирование на основе беспилотного летательного аппарата включает очень точный контроль отдельных зон через более низкие высоты полета и данные с высоким разрешением [16]. В последние годы исследования, основанные на беспилотном летательном аппарате гиперспектральных систем записи, дали положительные результаты [12]. По сравнению с укомплектованными, основанными на самолете системами, датчики меньшего размера, легче и менее дорогостоящие во время сбора и обработки [18]. Большой потенциал по этой технологии был продемонстрирован другими учеными [13].

Так как урожай зерна не имеет никакого непосредственного влияния на коэффициент отражения зерновых культур, это должно быть получено косвенно, оценив другие биофизические параметры [23]. Хотя ряд исследователей показали, что оценка урожая зерна непосредственно от спектров отражения статистически возможна, было наконец определено, что эти отношения могут только быть объяснены косвенно биофизическими и биохимическими свойствами [15, 20, 22]. Среди других свойств растений содержание хлорофилла (CHL) и индекс листовой поверхности (LAI) коррелировали с урожаем зерна, который может быть оценен надежно по данным дистанционного зондирования различных агроценозов [14, 17]. Кроме того, минеральный азот почвы естественно имеет сильное влияние на развитие растений и таким образом на синтез хлорофилла листьев и, следовательно, эти параметры могут также быть взяты в качестве индикаторов для поглощения азота [19]. Поэтому в этом исследовании цифровые изображения NDVI в период кущения определялись и коррелировались с урожайностью. Полученные результаты закладывают основу для

последующей разработки методики автоматизированного картографирования состояния рисовых посевов и прогнозирования урожайности риса в условиях Краснодарского края.

Цель исследований

Изучить продукционный процесс агрофитоценозов риса и разработать научно обоснованные способы мониторинга физиологического состояния посевов в течение вегетации и прогнозирования урожая.

Материалы и методы

Вегетационно-микрополевые опыты проводились в бетонных резервуарах площадью 3,6 м², заполненных лугово-черноземной почвой, взятой с рисовых чеков при разном уровне минерального питания: 1 - контроль (без удобрений); 2 - N₁₂P₆K₆ (средний фон); 3 - N₂₄P₁₂K₁₂ (оптимальный фон); 3 - N₃₆P₁₈K₁₈ (высокий фон) г д. в. на м² [8]. Исследовали сорта: Рапан (st), Визит, Флагман, (интенсивный тип), Станичный, Соната, Атлант (экстенсивный тип) при густоте всходов – 300 шт./м². Фенологические наблюдения за посевами и биометрический анализ растений по количественным признакам, определяющим урожайность зерна, проводились по методике, принятой во «ФНЦ риса». В течение вегетационного периода выполнялись следующие измерения: сырой и сухой надземной массы побегов и их отдельных органов (листьев, стебля с влагалищами листьев, метелки), площади листовой поверхности с помощью портативного счетчика площади листьев LI-3000A. На основании этих измерений рассчитывали фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза [5]. Донорно-акцепторные отношения изучали по массе побега и его отдельных органов. Определение индекса NDVI проводилось спектрометром GreenSeeker Handheld Crop Sensor. Экспресс-контроль обеспеченности растений риса азотом определяли прибором «N-tester». Верификация оптико-биологических свойств растений проходила в 2021 году на тестовом полигоне «ФНЦ риса» в период фазы кущения для оптимизации продукционного процесса риса с помощью БПЛА с мультиспектральной камерой. Объект исследования сорт Рапан 2 на разных фонах внесения азотных удобрений: N₁₁₅ и N₁₃₈ кг д.в.га. Площадь делянки 10 м² в четырехкратной повторности. Норма высева 700 шт./м². Обработка данных съемки осуществлялась в программном комплексе Agisoft Photoscan.

Результаты и обсуждение

Фотосинтетическую деятельность растений интенсивных и экстенсивных сортов риса на разных фонах минерального питания изучали по количественным параметрам признаков: листовой поверхности посевов, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, биомассы растений с единицы площади. Резуль-

таты этих исследований показали, что на среднем фоне питания ($N_{12}P_6K_6$) из-за недостатка азота растения слабо кустились, посевы имели пониженную площадь листовой поверхности и поглощали не полностью падающую на них энергию ФАР, что привело к уменьшению фотосинтетического потенциала и к снижению образования биомассы ценоза у исследуемых типов сортов риса. На оптимальном и высоком фонах минерального питания ($N_{24}P_{12}K_{12}$ и $N_{36}P_{18}K_{18}$) параметры изучаемых признаков фотосинтетической деятельности растений значительно возросли, однако их связь с величинами хозяйственного урожая сортов на одном фоне минерального питания не наблюдалось. Она хорошо проявлялась у изучаемых генотипов с ростом уровня минерального питания растений. В

связи с этим параметры признаков, характеризующие фотосинтетическую деятельность растений на разных фонах NPK, имеют важное значение при оценке уровня обеспеченности посевов риса элементами минерального питания [6].

Характер распределения ассимилятов по развивающимся органам побега разных типов сортов риса в период выхода в трубку оказывает значительное влияние на неодинаковое развитие вегетативных и генеративных органов, приводящее к разной доле стеблей и метелок в общей надземной биомассе посева в период цветения, что является главной причиной неодинаковой величины коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$, %) – доли зерна в общей надземной массе посева в полную спелость (рис. 1).

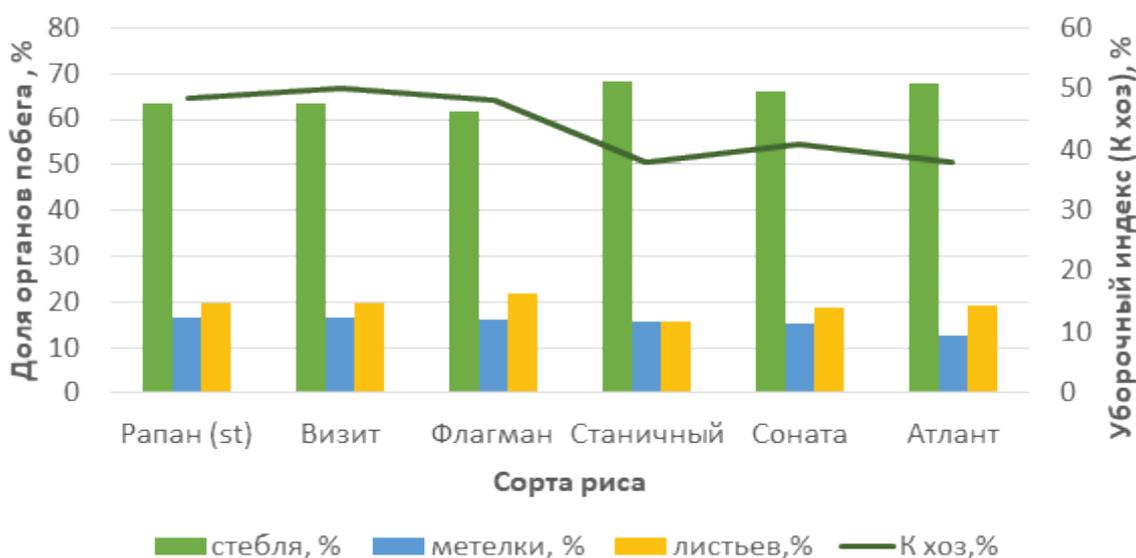


Рисунок 1. Доля органов побега сортов риса в фазу цветения и их связь с $K_{хоз}$, на фоне $N_{24}P_{12}K_{12}$

Фосфор и калий содержатся в почвах рисовых чеков Кубани в достаточном количестве. А так как рисовые посевы орошаются водой, то повышается доступность этих элементов в результате восстановительных процессов. По мере роста растений риса поглощаются эти элементы избирательно и по потребности. Поэтому при внесении фосфора и калия необходимо учитывать содержание и превращение их в почвах под рис [2].

Вегетационный индекс, как и площадь фотосинтетической поверхности и содержание хлорофилла в листьях является оптико-биологической характеристикой растений [11]. Его следует учитывать при оценке степени развития посевов и при прогнозировании их урожайности. Для получения достоверных данных о физиологическом состоянии и продукционном процессе зерновых культур перед исследователями встает необходимость установления механизмов и закономерностей связи этих признаков. Дистанционное зондирование

представляет данные для подобного изучения [14].

Исследованы оптико-биологические свойства растений пшеницы, что позволяет характеризовать состояние их посевов [4]. Используется БГЛА и на посевах риса для определения потребности в удобрениях [21]. Однако не исследованы оптико-биологические свойства разных генотипов риса с целью прогнозирования состояния их посевов. Изучение этих вопросов имеет важное значение для общей физиологии растений и особенно для физиологии, селекции и технологии возделывания риса.

Одним из важных жизнеобеспечивающих факторов внешней среды для сортов риса является оптимальное обеспечение их посевов азотом в онтогенезе, о котором можно судить по содержанию этого элемента в надземной массе. На фоне $N_{24}P_{12}K_{12}$ концентрация азота в растениях была в пределах оптимума 3,97-4,41 % [2]. Полученные данные согласуются с показаниями N-тестера, определяющего интенсивность окраски листьев

в период вегетации растений и его данные тесно связаны с величинами ИЛП и фитомассой в фазу кущения (6 листьев): $r = 0,92 \pm 0,08 - 0,91 \pm 0,09$.

Значения вегетационного индекса, полученные с помощью спектрометра GreenSeeker Handheld Crop Sensor, варьировали от 0,18 до 0,77 единиц в

зависимости от фона минерального питания и имели положительную связь с признаками фотосинтетической деятельности растений и их азотным статусом. Получено уравнение линейной регрессии, позволяющее оценить степень связи урожайности с вегетационным индексом NDVI (рис. 2).

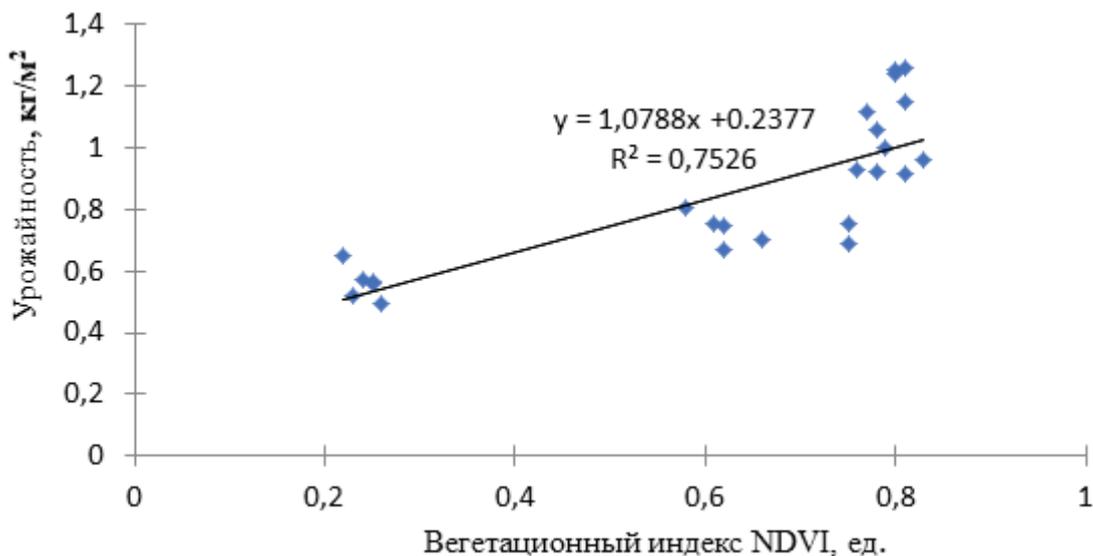


Рисунок 2. Связь урожайности с вегетационным индексом NDVI в фазу кущения

Для анализа связи вегетационного индекса, индекса листовой поверхности и надземной фитомассы в фазу кущения с урожайностью (Y) использовали линейную множественную функцию: $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$

$+ b_3x_3$ (x_1 – NDVI; x_2 – ИЛП; x_3 – надземная биомасса) (табл. 1). Коэффициент детерминации равен 0,8222. Полученное уравнение позволяет судить о состоянии посевов риса и прогнозировать его урожайность.

Таблица 1. Уравнение зависимости урожайности от NDVI, ИЛП и наземной биомассы

Уравнение	Уровень значимости				R ²	p-value
	Коэф.1	Коэф. 2	Коэф. 3	Коэф. 4		
$Y = 1,001X_1 - 0,052X_2 + 0,001X_3 + 0,268$	0,004	0,76	0,67	0,002	0,8222	1×10^{-7}

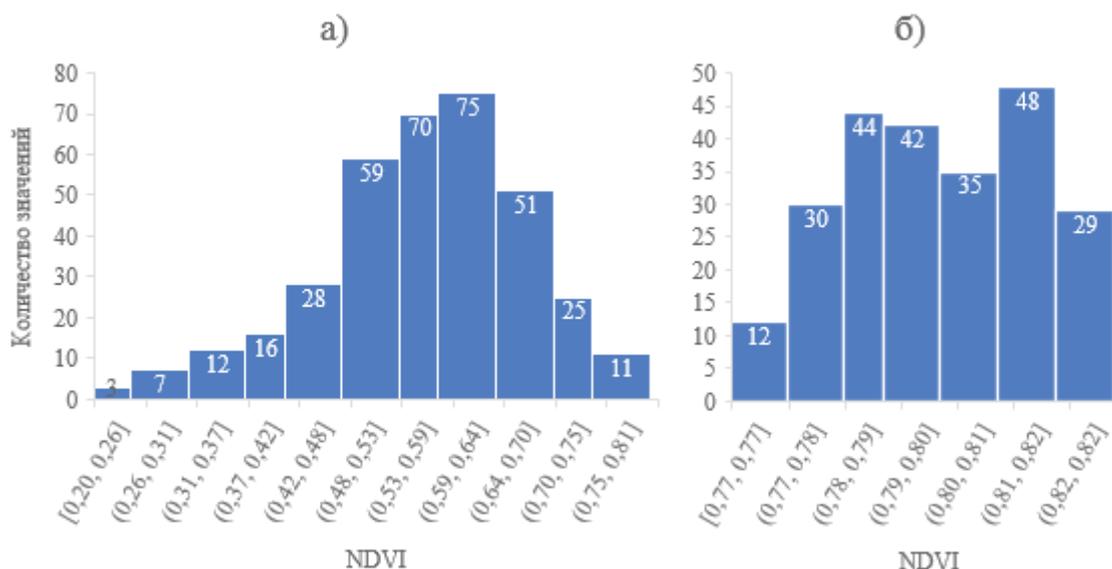


Рисунок 2. Гистограммы распределения вегетационного индекса NDVI по полю № 9 в период кущения: а) на фоне N₁₁₅, б) на фоне N₁₃₈

Как показали результаты многих исследователей, повышение продуктивности злаков в том числе и риса произошло не за счет интенсивности фотосинтеза, а в результате более оптимальных изменений донорно-акцепторных отношений в растении, приводящим к увеличению притока метаболитов к генеративным органам, что увеличивает массу зерна в метелке, а, следовательно, и урожайность посевов [2, 3]. В результате этого повысилась урожайность интенсивных сортов риса.

Кроме того, проведена верификация оптико-биологических свойств растений на тестовом поле № 9 «ФНЦ риса» по данным спектральной аэрофото-съемки с применением БПЛА. Гистограммы, отражающие распределение вегетационного индекса для сорта Рапан 2, приведены на рисунке 2.

Из краткого обзора вида частотного распределения переменных можно сделать следующие выводы. На поле 9 (сорт Рапан 2) гистограммы, отражающие распределение вегетационного индекса по данным съемки с БПЛА в период кущения, отражают его варьирование в зависимости от фона азотного питания с преобладанием в диапазоне 0,48-0,64 при

N_{115} и 0,77-0,82 при N_{138} , что соответствует средней и оптимальной обеспеченности азотом посевов риса сорта Рапан 2. При внесении N_{115} урожайность составила 6,7 т/га, на фоне N_{138} она увеличилась до 7,1 т/га. Диагностика тестовых участков, опирающаяся на средства дистанционного зондирования, позволяет проводить мониторинг состояния посевов.

Выводы

Различная величина уборочного индекса ($K_{\text{уб}}$) объясняется неодинаковым характером распределения образованных в ходе фотосинтеза ассимилятов по органам растений, приводящем к разной урожайности сортов риса. Поэтому для получения высокопродуктивных посевов необходимо создавать оптимальное азотное питание растений, направленное на увеличение продуктивных органов в структуре урожая. Оптико-биологическая диагностика позволяет контролировать содержание азота на отдельных этапах онтогенеза, на основе чего совершенствовать схему внесения азотных удобрений под рис. Полученное уравнение регрессии позволяет прогнозировать урожайность риса с использованием оптических характеристик растений риса.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-416-230021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барталев, С.А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова / С.А. Барталев, Е.А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 197-214.
2. Воробьев, Н.В. Физиологические основы формирования урожая риса / Н.В. Воробьев. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – 405 с.
3. Коломейченко, В.В. Продукционные процессы в посевах / В.В. Коломейченко. – Орёл: ОрёлГАУ, 2020. – 452 с.
4. Петрушин, А.Ф. Опыт использования БПЛА для мониторинга состояния сельскохозяйственных земель / А.Ф. Петрушин, Е.П. Метрофанов // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием). – Санкт-Петербург, 2015. – С. 81-84.
5. Скаженник, М.А. Методы физиологических исследований в рисоводстве / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, О.А. Досеева // Фотосинтетическая деятельность и продукционные процессы фитоценозов. – Орёл. – 2014. – С. 109-128.
6. Скаженник, М.А. Продукционный процесс агрофитоценозов риса в связи с их состоянием / М.А. Скаженник, С.В. Гаркуша, В.С. Ковалев [и др.] // Рисоводство. – 2020. – № 3. – С. 30-37. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-30-37
7. Терехин, Э.А. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния сельскохозяйственных культур / Э.А. Терехин // Исследование земли из космоса. – 2015. – № 1. – С. 23-31. DOI: 10.7868/S02059614150101
8. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Ч. 2. Методика агрохимических исследований: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 703 с.
9. Шеуджен, А.Х. Агрохимический сервис: учебное пособие / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 21 с.
10. Якушев, В.В. Точное земледелие: теория и практика / В.В. Якушев. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
11. Якушев, В.П. Дистанционные методы и средства в информационном обеспечении точного земледелия: состояние и перспективы / В.П. Якушев // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. Санкт-Петербург. 26-28 сентября 2018. – СПб: ФГБНУ АФИ, 2018. – С. 3-11. DOI: 10/25695/agrophisica.2018.2.18484
12. Aasen, H. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: A review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows / H. Aasen, E. Honkavaara, A. Lucieer [et al.] // Remote Sens. – 2018. – V. 10. – P.1091. <https://doi.org/10.3390/rs10071091>
13. Adão, T. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry / T. Adão, J. Hruška, L. Pádua [et al.] // Remote Sens. – 2017. – V. 9. – P. 1110. <https://doi.org/10.3390/rs9111110>
14. Duan, Bo Remote Estimation of Rice Yield With Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data and Spectral Mixture Analysis / Bo Duan, Shenghui Fang, Renshan Zhu [et al.] // Frontiers in Plant Science. – Vol. – 10. – 2019. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00204/full> (дата обращения 12.12.2019)
15. Herrmann, I. Leaf and canopy level detection of Fusarium virguliforme (sudden death syndrome) in soybean / I. Herrmann, S.K. Vosberg, P. Ravindran [et al.] // Remote Sens. – 2018. – V. 10. – P. 426. <https://doi.org/10.3390/rs10030426>
16. Hunt, E.R. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture? / E.R. Hunt, C.S.T. Daughtry. // Int. J. Remote Sens. – 2017. – V. 39. – P. 1-32.

17. Liu, X. Canopy chlorophyll density-based index for estimating nitrogen status and predicting grain yield in rice /X. Liu, K. Zhang, Z. Zhang [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2017. – V.8. – P. 1–12.
18. Manfreda, S. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring / S. Manfreda, M.F. McCabe, P.E. Miller [et al.] // *Remote Sens.* – 2018. – V. 10. – P. 641. <https://doi.org/10.3390/rs10040641>
19. Muñoz-Huerta, R.F. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: Advantages, disadvantages and recent advances / R.F. Muñoz-Huerta, R.G. Guevara-Gonzalez, L.M. Contreras-Medina [et al.] // *Sensors.* – 2013. – V.13. – P. 10823–10843.
20. Overgaard, S.I.; Isaksson, T.; Kvaalc, K.; Korsæth, A. Comparisons of two hand-held, multispectral field radiometers and a hyperspectral airborne imager in terms of predicting spring wheat grain yield and quality by means of powered partial least squares regression / S.L. Overgaard, T. Isaksson, K. Kvaalc [et al.] // *J. Near Infrared Spectrosc.* – 2010. – V. 18. – P. 247–261.
21. Rizky, Aidil P.P. Multi-copter development as a tool to determine the fertility of rice plants in the v12vegetation phase using aerial photos / Aidil P.P. Rizky, Mohamad S. Liyantono // *Procedia Environmental Sciences.* – 2015. – V. 24. – P. 258–265.
22. Weber, V.S. Prediction of grain yield using reflectance spectra of canopy and leaves in maize plants grown under different water regimes / V.S. Weber, J.L. Araus, J.E. Cairns [et al.] // *F. Crop. Res.* – 2012. – 128. – P. 82–90.
23. Zhou, X. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery / X. Zhou, H.B. Zheng, X.Q. Xu [et al.] // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* – 2017. – Vol. 130. – P. 246–255 [Электронный ресурс]. URL:

REFERENCES

1. Bartalev, S.A. Research and development of IKI RAS on the development of methods for satellite monitoring of vegetation / S.A. Bartalev, E.A. Lupyan // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space.* – 2013. – V. 10. – № 1. – P. 197–214.
2. Vorobyov, N.V. Physiological bases of rice yield formation / N.V. Vorobyov Krasnodar: Enlightenment-South, 2013. – 405 p.
3. Kolomeichenko, V.V. Production processes in crops / V.V. Kolomeichenko. - Orel: OryolGAU, 2020. – 452 p.
4. Petrushin, A.F. Experience in the use of UAVs for monitoring the state of agricultural land / A.F. Petrushin, E.P. Metrofanov // *Application of Earth Remote Sensing in Agriculture: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference (with international participation).* - St. Petersburg, 2015. – P. 81–84.
5. Skazhennik, M.A. Methods of physiological research in rice growing / M.A. Skazhennik, N.V. Vorobyov, O.A. Doseeva // *Photosynthetic activity and production processes of phytocenoses.* - Eagle. – 2014. – P. 109–128.
6. Skazhennik, M.A. Production process of rice agrophytocenoses in connection with their state / M.A. Skazhennik, Garkusha S.V., V.S. Kovalev [et al.] // *Risovodstvo.* – 2020. – № 3. – P 30–37. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-30-37
7. Terekhin E.A. Estimation of seasonal values of the vegetation index (NDVI) for detection and analysis of the state of agricultural crops / E.A. Terekhin // *Exploration of the earth from space.* – 2015. – № 1. – P. 23–31. DOI: 10.7868/S02059614150101
8. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry. Part 2. Methods of agrochemical research: textbook allowance / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondarev. - Krasnodar: KubGAU, 2015. – 703 p.
9. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemical service: textbook / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondarev. - Krasnodar: KubGAU, – 2019. – 21 p.
10. Yakushev, V.V. Precision agriculture: theory and practice / V.V. Yakushev. - St. Petersburg: FGBNU AFI, 2016. – 364 p.
11. Yakushev, V.P. Remote methods and means in information support of precision agriculture: state and prospects / V.P. Yakushev // *The use of Earth remote sensing in agriculture: materials of the II All-Russian scientific conference with international participation.* St. Petersburg. September 26–28, 2018. – St. Petersburg: FGBNU AFI, 2018. – P. 3–11. DOI: 10/25695/agrophisica.2018.2.18484
12. Aasen, H. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: A review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows / H. Aasen, E. Honkavaara, A. Lucieer [et al.] // *Remote Sens.* – 2018. – V. 10. – P.1091. <https://doi.org/10.3390/rs10071091et al>
13. Adão, T. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry / T. Adão, J. Hruška, L. Pádua [et al.] // *Remote Sens.* – 2017. – V. 9. – P. 1110. <https://doi.org/10.3390/rs9111110>
14. Duan, Bo Remote Estimation of Rice Yield With Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data and Spectral Mixture Analysis / Bo Duan, Shenghui Fang, Renshan Zhu [et al.] // *Frontiers in Plant Science.* – Vol. – 10. – 2019. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00204/full> (дата обращения 12.12.2019)
15. Herrmann, I. Leaf and canopy level detection of *Fusarium virguliforme* (sudden death syndrome) in soybean / I. Herrmann, S.K. Vosberg, P. Ravindran [et al.] // *Remote Sens.* – 2018. – V. 10. – P. 426. <https://doi.org/10.3390/rs10030426>
16. Hunt, E.R. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture? / E.R. Hunt, C.S.T. Daughtry. // *Int. J. Remote Sens.* – 2017. – V. 39. – P. 1–32.
17. Liu, X. Canopy chlorophyll density-based index for estimating nitrogen status and predicting grain yield in rice /X. Liu, K. Zhang, Z. Zhang [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2017. – V.8. – P. 1–12.
18. Manfreda, S. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring / S. Manfreda, M.F. McCabe, P.E. Miller [et al.] // *Remote Sens.* – 2018. – V. 10. – P. 641. <https://doi.org/10.3390/rs10040641>
19. Muñoz-Huerta, R.F. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: Advantages, disadvantages and recent advances / R.F. Muñoz-Huerta, R.G. Guevara-Gonzalez, L.M. Contreras-Medina [et al.] // *Sensors.* – 2013. – V.13. – P. 10823–10843.
20. Overgaard, S.I. Comparisons of two hand-held, multispectral field radiometers and a hyperspectral airborne imager in terms of predicting spring wheat grain yield and quality by means of powered partial least squares regression / S.L. Overgaard, T. Isaksson, K. Kvaalc [et al.] // *J. Near Infrared Spectrosc.* – 2010. – V. 18. – P. 247–261.
21. Rizky, Aidil P.P. Multi-copter development as a tool to determine the fertility of rice plants in the v12vegetation phase using aerial photos / Aidil P.P. Rizky, Mohamad S. Liyantono // *Procedia Environmental Sciences.* – 2015. – V. 24. – P. 258–265.
22. Weber, V.S. Prediction of grain yield using reflectance spectra of canopy and leaves in maize plants grown under different water regimes / V.S. Weber, J.L. Araus, J.E. Cairns [et al.] // *F. Crop. Res.* – 2012. – 128. – P. 82–90.

23. Zhou, X. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery / X. Zhou, H.B. Zheng, X.Q. Xu [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2017. – Vol. 130. – P. 246-255 [Электронный ресурс]. URL:

Михаил Александрович Скаженник

Заведующий лабораторией физиологии
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 139
E-mail: sma_49@mail.ru

Mikhail Alexandrovich Skazhennik

Head laboratory of physiology
Tel.: 8(861)205-15-55 доб. 139
E-mail: sma_49@mail.ru

Сергей Валентинович Гаркуша

Директор
Тел.: (861)229-43-03, факс: (861)229-41-98
E-mail: arri_kub@mail.ru

Sergey Valentinovich Garkusha

Director
Tel.: (861)229-43-03, факс: (861)229-41-98
E-mail: arri_kub@mail.ru

Виктор Савельевич Ковалев

Заместитель директора
Тел.: (861)229-43-03, факс: (861)229-41-98
E-mail: arri_kub@mail.ru

Victor Savelevich Kovalyov

Deputy director
Tel.: (861)229-43-03, fax: (861)229-41-98
E-mail: arri_kub@mail.ru

Татьяна Семеновна Пшеницына

Старший научный сотрудник лаборатории физиологии
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 139

Tatyana Semenovna Pshenitsyna

Senior Researcher of the Laboratory of Physiology
Tel.: 8(861)205-15-55 доб. 139

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

All: Federal Rice Research Center
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

Алексей Федорович Петрушин

Ведущий научный сотрудник
Тел.: 8-911-917-89-36
Email: alfiks@mail.ru

Alexey Fyodorovich Petrushin

Leading scientist employee
Tel.: 8-911-917-89-36
Email: alfiks@mail.ru

Евгений Павлович Митрофанов

Младший научный сотрудник
Тел.: 8-981-759-77-73
Email: mjeka@bk.ru

Evgeny Pavlovich Mitrofanov

Junior Researcher
Tel.: 8-981-759-77-73
Email: mjeka@bk.ru

Все: ФГБНУ «АФИ»
195220, Санкт Петербург, Гражданский проспект, 14

All: Agrophysical Research Institute
14, Grazhdanskiy pr., Saint-Petersburg, 195220, Russia

Евгений Николаевич Киселев

Доцент
Тел. +7(903)452-98-29,
E-mail: enkiselev@gmail.com

Evgeny Nikolaevich Kiselev

Associate Professor
Tel +7 (903) 4529829
E-mail: enkiselev@gmail.com

Все: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

All: Kuban State University
149, st. Stavropol, Krasnodar, 350040, Russia

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ АВТОРСКИХ ОРИГИНАЛОВ

К публикации принимаются ранее не опубликованные статьи на русском и английском языках. Рукописи представляются на твердом и электронном носителях или по e-mail на адрес arri_kub@mail.ru с пометкой «**В редакцию журнала**». Название файла должно содержать указание полугодия и года выпуска номера и фамилию автора латиницей, например, «**1(2014)Ivanova.doc**». Допустимые форматы файлов: **.doc, .docx, .rtf**. В отдельных случаях редакция может попросить представить отдельные файлы изображений или текст также в формате **.pdf**, либо в печатном варианте.

Структура статьи

- УДК;
- инициалы и фамилия, ученая степень автора/авторов и указание города и страны;
- название статьи, аннотация и ключевые слова на русском и английском языках;
- текст статьи;
- список литературы;
- информация об авторе/авторах с указанием их фамилии, имени и отчества (полностью), должности и контактных данных (информация о месте работы, почтовый адрес, e-mail, контактный телефон) на русском и английском языках.

Статью рекомендуется чётко структурировать. Примерная структура: обзор, проблема, гипотезы, материал и методы, изложение, аргументация, обсуждение, выводы. Формально структуру статьи желательно отразить в заголовках внутри текста, выделенных **полужирным** шрифтом.

В случае необходимости перевод редактируется или осуществляется редакцией журнала.

Форматирование текста

Пожалуйста, избегайте собственного форматирования. Окончательное форматирование осуществляется редакцией.

- поля: верхнее, нижнее, правое – 1,5 см, левое – 2 см; шрифт – Times New Roman, 12 кегль; интервал полуторный; абзацный отступ – 1,25 см; без переносов;
- используйте *курсив* или **полужирный курсив** для примеров, а также наиболее важных терминов и понятий;
- избегайте использования подчёркиваний;
- таблицы и рисунки должны иметь отдельную нумерацию (например, **Таблица 1**, **Рисунок 1**) и быть озаглавлены, ссылки на них обязательны в тексте статьи. Название таблиц размещается над левым верхним углом таблицы, название рисунка – под рисунком по центру;
- в случае необходимости можно использовать обычные (не концевые!) пронумерованные сноски

Оформление ссылок и списка литературы

Библиографический список приводится в конце статьи в алфавитном порядке в виде пронумерованного списка источников под названием **ЛИТЕРАТУРА**. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

- | | |
|---------------------|---|
| Книги | Сметанин, А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Аprod. – Краснодар, 1972. – 156 с.
Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. / А. А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с; Т. 2. – 785 с.
Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
Система рисоводства Краснодарского края / под. ред. Е. М. Харитоновна. – Краснодар, 2011. – 316 с. |
| Авторефераты | Ляховкин, А. Г. Мировой генофонд риса (<i>Oryza sativa</i> L.) в связи с проблемами селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. Г. Ляховкин. – Ленинград, 1989. – 58 с. |
| Диссертации | Ковалев, В. С. Селекция сортов риса для Краснодарского края и Адыгеи и разработка принципов их рационального использования: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме научного доклада : 06.01.05 : защищена 25.03.1999 / В. С. Ковалев. – Краснодар, 1999. – 49 с. |
| Газеты, журналы | Рисоводство: научно-производственный журнал / учредитель: ГНУ «ВНИИ риса» Россельхозакадемии. – 2013, № 1 (22). – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – ISSN 1684-2464. |
| Статьи | Кумейко, Ю. В. Влияние ингибитора нитрификации на показатели, характеризующие режим азотного питания растений риса / Ю. В. Кумейко // Рисоводство. – Краснодар, 2013. – № 1 (22). – С. 66-70.
Чижикова, Н. П. Эволюция минералогического состава и микростроения основных типов почв Кубани при рисосеянии / Н. П. Чижикова, М. П. Верба // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: Материалы 2-го съезда Белорусского общества почвоведов. – Минск, 2001. – Кн.1. – С. 232-233. |
| Электронные ресурсы | Зеленский, Г. Л. Российские сорта риса для детского и лечебного питания [Электронный ресурс] / Г. Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2011. – № 72 (08). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2011/08/pdf/01.pdf (Дата обращения: 1.10.2014). |
| Зарубежные издания | Satake, T. High Temperature-Induced Sterility in Indica Rice in the Flowering Stage / T. Satake, S. Yoshida // Japanese Journal of Crop Science. – 1978. – № 47. – P. 6-17. |

Ссылки на зарубежные издания размещаются в алфавитном порядке, после отечественных. В тексте статьи ссылка на источник делается путем указания в квадратных скобках порядкового номера цитируемой литературы, например, [1].

Возвращение рукописи автору на доработку не означает, что статья принята к печати. После получения доработанного текста рукопись вновь рассматривается редколлегией. Доработанный текст необходимо вернуть вместе с ответом на все замечания рецензента. Датой поступления считается день получения редакцией финального варианта статьи.

Редколлегия сборника оставляет за собой право отклонять статьи, оформление и/или содержание которых не соответствует изложенным требованиям, а также статьи, получившие отрицательные оценки рецензентов.

Очередность публикации принятых материалов устанавливается в соответствии с внутренним планом редакции.

FORMATTING REQUIREMENTS

Preparing the manuscript

Editorial address

Please send your manuscripts as an e-mail attachment to the following address: **arri_kub@mail.ru**,
“Attn. Editors of the Magazine”.

Languages

Manuscripts can be written in English or in Russian. In view of academic globalization, English articles are especially welcome.

File format

Please prepare the text of your manuscript and submit it as a **.doc, .docx, .rtf file**. Sometimes we may ask for a **.pdf** file for our reference, or for separate **.jpg** files.

Manuscript materials should be ordered as follows:

- authors' names, academic credentials, city and country;
- abstract of approximately 100 words and its Russian translation 5-7 key words;
- body of work;
- list of references and sources;
- information about the authors including full names, affiliation and contacts including mailing and e-mail addresses;
- If needed, translation can be effected by the editors.

Basic formatting

- Do not format the text, use standard paper size to A4
 - Set line spacing to 1.5
 - Use the same font (Times New Roman, point 12) throughout the document
 - Use *italics* or **boldface italics** to draw the readers' attention to particular aspects of the text
 - Tables and figures should be numbered separately (**Table 1, Figure 1, etc.**)
 - Use footnotes
- Final formatting will be done by the editors.

Bibliographical references

At the end of the manuscript, provide a full bibliography with the heading: **REFERENCES**.

Arrange the entries **alphabetically** by surnames of authors.

Some examples of references are given below.

- Books and monographs Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia / edited by R. B. Matthews, M. J. Kroppf, D. Bachelet, H. H. van Laar. – Wallingford: CAB INTERNATIONAL. – 289 p.
 Yoshida, S. Fundamentals of Rice Crop Science / S. Yoshida. – Los Banos, 1981. – 269 pp.
- Journal articles Satake, T. High Temperature-Induced Sterility in Indica Rice in the Flowering Stage / T. Satake, S. Yoshida // Japanese Journal of Crop Science. – 1978. – № 47. – P. 6-17
- Online sources Vaghefi, N. The Economic Impacts of Climate Change on the Rice Production in Malaysia [Electronic source] / N. Vaghefi, M. Nasir Shamsudin, A. Makmom, M. Bagheri // International Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 6, Issue 1. – Pp. 67-74. – Access mode: <http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2011.67.74> (Accessed 1.10.2014).

References in the text and in the footnotes should include the number of the publication as in the references list enclosed in square brackets, Eg.: [1].

<p>Подписано в печать 25.09.2022 Формат 60*84/8 Бумага офсетная Усл. печатн. листов 12,5 Заказ № 1590. Тираж 500 экз.</p>	<p>Тираж изготовлен в типографии ИП Копыльцов П.И., 394052, г. Воронеж, ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.</p>
---	--