

РИСОВОДСТВО

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»
Издаётся 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 Нянли (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. Гуторова (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

и лекарственные культуры (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, биологические, 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: arri_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. Sheudzen (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 NCFs 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: arri_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

Савенко Е.Г., Глазырина В.А., Шундрин Л.А. Вариабельность признаков в популяциях <i>DH</i> линий риса	6
Пустовалов Р.А., Коротенко Т.Л. Фенотипирование по морфологическим и агрономическим признакам агроэкоотипов мирового разнообразия риса в условиях Южного региона России	11
Юрченко С. А., Коротенко Т. Л. Оценка образцов коллекции ФНЦ риса на адаптивность к воздействию высоких температур в период цветения	20
Какунзе А. Ш., Жилина М. В., Зеленский Г. Л. Качество семян и продуктивность разнотипных сортов риса в зависимости от режима затопления	28
Брагина О.А. Углеводы в иммунитете растений риса	34
Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Гапишко Н.И., Симонова В.В. Накопление калия, кальция и натрия сортами риса отечественной селекции	42
Есаулова Л.В. Мировое производство риса и современное состояние рисоводческой отрасли в Российской Федерации	45
Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Верещагина С.А., Симонова В.В. Рисовая мука как функциональный продукт питания	51

СОДЕРЖАНИЕ

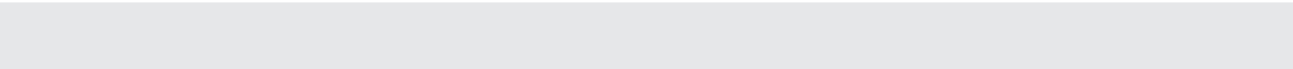
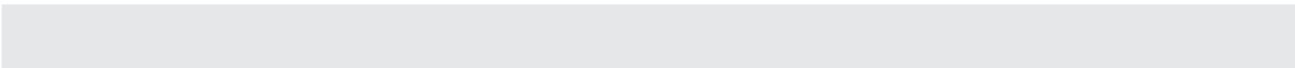
Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Дегтярева В.П., Хачмамук П.Н., Есипенко С.В., Перепелин М.А.	57
Влияние минеральных и органических удобрений на рост и развитие растений риса	
Тараненко В.В., Шарифуллин Р.С., Слепцова О.И.	63
Эффективность применения сорбента трепел на культуре картофеля в Центральной зоне Краснодарского края	
Слюсарев В.Н., Тешева С.А., Осипов А.В., Швец Т.В.	68
Влияние длительного возделывания сельскохозяйственных культур различными технологиями на свойства чернозема выщелоченного Западного Предкавказья	
Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Дегтярева В.П.	76
Влияние минеральных и органических удобрений на плодородие лугово- черноземной почвы рисового агроценоза	
Козлова И.В., Пищулин Г.В.	81
Влияние отдельных элементов возделывания на урожайность фасоли зерновой	
	
Конференция	87

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Savenko E. G., Glazyrina V. A., Shundrina L. A. Variability of traits in populations of rice <i>DH</i> lines	6
Pustovalov R. A., Korotenko T. L. Phenotyping according to morphological and agronomic characteristics of agroecotypes of the world variety of rice in the conditions of the Southern region of Russia	11
Yurchenko S. A., Korotenko T. L. Evaluation of samples of the rice FNC collection for adaptability to exposure to high temperatures during the flowering period	20
Kakunze A. C., Zhilina M. V., Zelensky G. L. Seed quality and productivity of different types of rice varieties under different flooding regimes	28
Bragina O.A. Carbohydrates in the immunity of rice plants	34
Konstantinovna G.J., Kharitonov E. M., Gapishko N.I., Simonova V. V. Accumulation of potassium, calcium and sodium by rice varieties of domestic breeding	42
Esaulova L.V. Global rice production and current state of rice-growing industry in the Russian Federation	45
Goncharova J. K., Kharitonov E. M., Vereshchagina S. A., Simonova V. V. Rice flour as a functional food	51

TABLE OF CONTENTS

Sheudzen A. K., Gutorova O. A., Bondareva T. N., Hurum K. H., Degtyareva V. P., Khachmamuk P. N., Esipenko S. V., Perepelin M. A.	57
Influence of mineral and organic fertilizers on the growth and development of rice plants	
Taranenko V. V., Sharifullin R. S., Sleptsova O. S.	63
Efficiency of using tripoli sorbent on potato crops in the Central zone of Krasnodar region	
Slyusarev V. N., Tesheva S. A., Osipov A. V., Shvets T. V.	68
Impact of long-term cultivation of agricultural crops with different technologies on properties of leached chernozem in Western Ciscaucasia	
Sheudzen A. K., Gutorova O. A., Degtyareva V. P.	76
Influence of mineral and organic fertilizers on the fertility of meadow-chernear soil of rice agriculture	
Kozlova I. V., Pishchulin G.V.	81
The influence of individual elements of cultivation on the yield of grain beans	
	
The conference	87

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-6-10
УДК: 57.085.23

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

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПРИЗНАКОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ ДН ЛИНИЙ РИСА

Для селекционных целей удвоенные гаплоиды должны быть генетически разнообразными, чтобы обеспечить достаточную генетическую изменчивость. Особая ценность гомозиготных линий в селекции зерновых культур заключается в том, что упрощается поиск ценных рекомбинантных генотипов. Целью исследований являлось ускоренное создание нового генетически стабильного материала риса с использованием гаметных технологий и изучение вариабельности признаков в популяциях созданных удвоенных гаплоидных (ДН) линий. В ходе исследований с использованием метода культуры пыльников *in vitro* создан новый генетически стабильный разнородный материал. В условиях вегетационного опыта изучены 3 ДН линии от растений F1 поколения, полученных в ходе гибридизации между российскими и китайскими образцами (доноры целевых генов Pi-z, Pi-ta и Pi-b) и 9 ДН линий от растений BC1 поколения, полученных в результате беккроссирования с целью введения генов устойчивости к широкому спектру рас пирикулярноза и генов расоспецифической устойчивости в элитные российские сорта. Проведено комплексное изучение и представлены характеристики потомства 12 андрогенных линий (R1) по хозяйственно биологическим признакам и элементам продуктивности. При анализе вариабельности признаков внутри популяций ДН линий отмечено варьирование по морфологическим и хозяйственно ценным признакам: периоду вегетации, высоте растений, элементам продуктивности. Поражения пирикулярнозом и полегания у изученных линий не отмечено.

Ключевые слова: рис, андрогенез, ДН линии, хозяйственно биологические признаки, элементы продуктивности.

VARIABILITY OF TRAITS IN POPULATIONS OF RICE DH LINES

For breeding purposes, double haploids must be genetically heterogeneous to ensure sufficient genetic variability. The special value of homozygous lines in the breeding of grain crops is that it simplifies the search for valuable recombinant genotypes. The aim of the research was to accelerate the development of a new genetically stable rice material using gamete technologies and to study the variability of traits in populations of developed double haploid (DH) lines. In the course of research using the method of anther culture *in vitro*, a new genetically stable heterogeneous material was developed. 3 DH lines from F1 generation plants, obtained during hybridization between Russian and Chinese samples (donors of target genes Pi-z, Pi-ta and Pi-b), and 9 DH lines from BC1 generation plants, obtained as a result of backcrossing to introduce genes of resistance to a wide range of blast races and race-specific resistance genes into elite Russian varieties, were studied in the conditions of vegetation experiment. A comprehensive study was carried out and the characteristics of the progeny of 12 androgenic lines (R1) according to economic and biological traits and productivity elements were presented. When analyzing the variability of traits within populations of DH lines, variation in morphological and economically valuable traits was noted: duration, plant height, productivity elements. Blast damage and lodging were not observed in the studied lines.

Key words: rice, androgenesis, DH lines, economic and biological traits, productivity elements.

Введение

Генетическую базу для реализации селекционных программ различных направлений обеспечивает предварительная работа по созданию источников и доноров селекционно важных признаков. Создание культурных сортов путем гибридизации требует времени и ресурсов. С момента скрещивания до получения фенотипически однородных линий проходит от 8 до 10 лет. Затем их оценивают в течение 3-х и более лет для выявления потенциальных кандидатов в сорта. Постоянный спрос на селекционные формы с отличительными признаками требует, чтобы современные методы селек-

ции растений ускоряли выведение новых сортов [2, 7, 8]. Эффективность создания генетической плазмы растений можно повысить путем выведения константных образцов с использованием современных методов биотехнологии. Стабилизация селекционного материала с помощью экспериментальной гаплоидии (культура изолированных пыльников *in vitro*) важная составляющая селекционной схемы. Удвоенные гаплоиды имеют многочисленные преимущества: разнообразие и гомогенность создаваемых линий; высокую эффективность отбора целевых генотипов, т.к. действие рецессивных генов проявляется наряду с доминантными

ми, поэтому в их популяции отмечается широкий размах варьирования по признакам, контролируемым рецессивными генами [6, 9]. *DH* с генами, определяющими продуктивность, устойчивость к болезням, биотическим и абиотическим факторам, представляют огромный интерес для практических селекционных целей [10, 13, 14,]. Вариации, наблюдаемые среди растений, регенерированных из культивируемых гаметных клеток, называются гаметохлониальными вариациями или гаметохлониальной изменчивостью [5, 15]. Гаметохлониальные изменения являются дополнительным источником генетической изменчивости, пригодным для использования в программах улучшения сельскохозяйственных культур по ряду признаков, таких как устойчивость к болезням, высота растений, количество побегов и урожайность, а также по различным биохимическим признакам [1, 11, 12].

Эффективность отбора в линиях *DH* выше, особенно при значительных вариациях доминирования [3]. Так, вариации по нескольким хозяйственно ценным признакам отмечены у *DH* пшеницы. Вариации признаков у тефы [*Eragrostis teff* (Zuccagni)], полученной с использованием гаметных клеток, обнаружены по высоте растений, длине метелки, размеру семян и срокам созревания, а дигаметоидные растения картофеля, полученные из пыльников, генетически отличались от тетраплоидных форм, а также растений-доноров пыльников. В настоящее время выделены гаметоклоны риса с устойчивостью к болезням. Heszky и Simon-Kiss (1992) протестировали несколько гаметохлониальных вариантов, имеющих происхождение через культуру пыльников риса. Один из них был выпущен как сорт *Dama*, устойчивый к *Piricularia oryzae* Cav. и обладающий хорошими кулинарными качествами. Датта (2005) отмечает, что биотехнологический и молекулярный анализы показали высокую степень генетической стабильности гаметоклонов и их потомства. Таким образом, культура пыльников может в определённой степени изменять характеристики растений, полученных из гаметных клеток, оказывая влияние на их использование в селекции растений и программах геномной инженерии и позволяет решать поставленные задачи в более короткий срок [4].

Цель исследований

Создать новый генетически стабильный разнообразный селекционный материал с использованием биотехнологических методов и изучить вариабельность признаков в популяциях *DH* линий риса.

Материалы и методы

Посев *DH* линий сухими семенами проводили вручную по 15 штук в 10-литровый сосуд с почвой на глубину 1-2 см. Растения выращивали в условиях открытой вегетационной площадки. Отмечали даты посева, всходов и вымётывания.

Результаты и обсуждение

В условиях вегетационного опыта изучены 3 *DH* линии от растений F_1 поколения, полученных в ходе гибридизации между российскими и китайскими образцами (доноры целевых генов *Pi-z*, *Pi-ta* и *Pi-b*) и 9 *DH* линий от растений BC_1 поколения, полученных в результате беккроссирования с целью введения генов устойчивости к широкому спектру рас пирикулярноза и генов расоспецифической устойчивости в элитные российские сорта.

При анализе вариабельности признаков в популяциях андрогенных линий отмечено варьирование по морфологическим и биологическим признакам, что явилось закономерностью для популяций *DH* всех изученных генотипов. Так, в популяции из двух линий F_1 Амелист х Longgeng 31 обе имели период вегетации 126 дней (позднеспелые). Метелки растения линий №№ 1 и 2 F_1 Амелист х Longgeng 31 сформировали длинные (до 16,0 см), но растения линии № 1 имели высоту 102 см (среднерослые), а растения линии №2 отнесены к высокорослым (116 см) ($HCP_{05} = 12,4$). Константные растения линии F_1 Патриот х Liaoxing 21, полученные от скрещивания сорта Патриот (вегетационный период - 115-133 дня, высота растений 95 -100 см) и китайского образца Liaoxing 21 (период вегетации 110 дней, высота растений - 88 см), проявили себя как раннеспелые (104 дня), среднерослые (82 см), с метелками средней длины. Линии F_1 Амелист х Longgeng 31 и F_1 Патриот х Liaoxing 21 имели среднюю массу 1000 зерен и низкие показатели пустозерности.

Из шести линий популяции BC_1 ВНИИР 40/4-1 х Rongguang х ВНИИР 40/4-1 линии № 1, 2 и 3 - позднеспелые, линия № 4 - среднеспелая, а линии № 5 и 6 - раннеспелые. По высоте растений: 1-4 линии среднерослые, 5 и 6 - низкорослые. Расположение флагового листа у образцов варьировало от 55 до 80 градусов. Растения линии № 1 среднеустойчивы к полеганию, остальные линии - устойчивы. Важный хозяйственный признак, связанный с крупностью и выполненностью семян, характеризующий качество семенного материала - масса 1000 зерен: у 1-4 линий образца BC_1 ВНИИР 40/4-1 х Rongguang х ВНИИР 40/4-1 была высокой и составляла от 31,9 до 35,6 грамм, метелки линий длинные. Линии 5 и 6 имели короткие метелки, массу 1000 зерен соответственно 29,8 и 25,3 грамма. Признак «длина метелки» варьировал у линий данной популяции от 9,8 до 20,5 см ($HCP_{05} = 1,2$), период вегетации от 108 до 126 дней, высота растений от 63 до 110 см ($HCP_{05} = 12,4$), масса 1000 зерен от 25,3 до 35,6 г ($HCP_{05} = 2,8$) (табл. 1 и 2).

Из трёх линий популяции BC_1 (ВНИИР 6753 х Liaojing 168) х ВНИИР 6753 линия № 1 - позднеспелая (126 дней), а линии №№ 2 и 3 - раннеспелые (вегетационный период 99 и 94 дня соответственно), при периоде вегетации форм скрещивания ВНИИР 6753 и Liaojing 168 - 120 дней. Короткий вегетационный период является важнейшим признаком ценности

селекционного материала, позволяющем растениям вызревать раньше, его сокращение - немаловажное направление в селекции отечественного риса. Линии №№ 1 и 3 среднерослые, а № 2 – низ-

корослая. Масса 1000 зерен растений линий популяции BC₁ (ВНИИР 6753 x Liajing 168) x ВНИИР 6753 невысокая - от 20,0 до 24,8 грамм. Вторая линия выделялась средней пустозерностью (56,7%).

Таблица 1. Хозяйственно биологические характеристики DH линий, полученных из гибридов F₁ и BC₁ поколений, созданных с участием образцов, несущих гены устойчивости к пирикулярриозу, 2021 г.

Название образца	№ линии	Период вегетации, дн.	Высота растения, см	Кустистость	Форма куста*	Устойчивость к полеганию, балл**	Угол флагового листа, град.	Форма и положение метелки***
F ₁ Аметист x Longgeng 31	1	126	102	5	1	1	60	1
	2	126	116	5	1	1	65	1
F ₁ Патриот x Liaoxing 21	1	104	82	3	1	1	70	1
BC ₁ ВНИИР 40/4-1 x Rogiguang x ВНИИР 40/4-1	1	126	103	5	1	3	65	1, 3/1
	2	126	110	5	1	1	70	1
	3	126	106	5	1	1	80	1
	4	120	108	5	1	1	60	1
	5	108	63	5	1	1	60	1
	6	108	63	5	1	1	55	1
BC ₁ (ВНИИР 6753 x Liajing 168) x ВНИИР 6753	1	126	102	5	1	1	55	1
	2	99	76	5	1	1	65	3
	3	94	103	5	1	1	65	3
HCP ₀₅			12,4					

Примечание: * - прямостоячий; ** - 1 балл – устойчив; 2 балла – среднеустойчив;

*** - 1/1 – вертикальная компактная; 5/9 – среднеразвесистая поникающая; 3/1 – слаборазвесистая вертикальная

Таблица 2. Элементы продуктивности DH линий, полученных из гибридов F₁ и BC₁ поколений, созданных с участием образцов, несущих гены устойчивости к пирикулярриозу, 2021 г.

Название образца	№ линии	Длина метелки, см	Количество колосков в метелке, шт.	Количество пустых колосков, шт.	Пустозерность, %	Форма зерновки (l/b)	Масса зерна с метелки, г	Масса 1000 зерен, г
F ₁ Аметист x Longgeng 31	1	16,0	204	13	6,4	2,3	4,9	25,5
	2	15,7	137	31	22,6	1,8	4,0	28,0
F ₁ Патриот x Liaoxing 21	1	12,5	107	13	12,1	2,3	2,3	24,4
BC ₁ ВНИИР 40/4-1 x Rongguang x ВНИИР 40/4-1	1	20,5	231	45	19,5	2,3	5,1	33,3
	2	18,0	181	38	21,0	2,0	4,3	31,9
	3	19,7	239	70	29,3	2,3	3,7	32,5
	4	19,3	238	53	22,3	2,3	5,1	35,6
	5	11,0	104	21	20,2	2,3	2,3	29,8
	6	9,8	99	19	19,2	2,3	2,2	25,3
BC ₁ (ВНИИР 6753 x Liajing 168) x ВНИИР 6753	1	19,5	244	75	30,7	2,5	4,7	24,8
	2	17,0	217	123	56,7	2,3	1,8	20,0
	3	17,3	110	20	18,2	2,3	4,4	22,0
HCP ₀₅		1,2	28,3					2,8

Примечание: * - масса 1000 зерен при 14 % влажности

Все DH линии устойчивы к полеганию, имеют прямостоячий стебель, кроме линии № 1 популяции BC₁ ВНИИР 40/4-1 x Rongguang x ВНИИР 40/4-1, растения которой с небольшим наклоном/изгибом. Зерно у всех линий среднее (индекс l/b 2,3 – 2,5) округлое, кроме линии № 2 F₁ Аметист x Longgeng 31, у которой зерно короткое округлое (индекс l/b 1,8).

Выводы

В ходе исследований вследствие гаметоклональной изменчивости выявлена генетическая вариативность удвоенных гаплоидов риса *Oryza sativa* L., полученных в андрогенезе *in vitro* гибридных и

беккроссных растений. Создан новый генетически стабильный разнородный материал с периодом вегетации от 94 до 126 дней, низко- и среднерослыми неполегающими растениями, формирующими метелку массой от 1,8 до 5,1 грамма, длиной метелок от 12,5 до 20,5 см, несущими от 99 до 244 колосков, массой 1000 зерен от 20,0 до 35,6 г. Поражения пирикулярриозом и полегания у изученных линий не отмечено. Это перспективный гомозиготный материал, особая ценность которого в селекции зерновых культур заключается в том, что упрощается поиск ценных рекомбинантных генотипов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илюшко, М.В. Внутрикаллусная изменчивость удвоенных гаплоидов риса, полученных в андрогенезе *in vitro* / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, J.-M.Э. Deng L.-W. Zhang, D.-J. Liu, R. Zhang, C.C. Гученко // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – №3. – С. 533 – 543.
2. Круглова, Н.Н. Инновационная биотехнология андроклиной гаплоидии яровой мягкой пшеницы: эмбриологический подход / Н.Н. Круглова // Аграрная Россия. – 2009. – №1. – С.34-38.
3. Уразалиев, К.Р. Ускорение селекции пшеницы с использованием дигаплоидов, полученных методом культуры микроспор / К.Р. Уразалиев, Х.М. Орсини, А.М. Абекова, Т.А. Базылова, А.К. Даниярова // Бюллетень КазНУ. Серия: экологическая. – 2013. – № 2/2(38). – С. 369-374.
4. Belicuas, P.R. Androgenetic haploids and SSR markers as tools for the development of tropical maize hybrids / P.R. Belicuas, C.T. Guimarães, L.V. Paiva, J.M. Duarte, W.R. Maluf, E. Paiva // Euphytica. – 2007. – V. 156. – P. 95-102.
5. Bernardo, R. Should maize double haploids be induced among F₁ or F₂ / R. Bernardo // Plants Theor. Appl. Genet. – 2009. – V. 119. – P. 255-262.
6. Borràs, G. Genetic variability in duration of pre-heading phases and relationships with leaf appearance and tillering dynamics in a barley population / G. Borràs, I. Romagosa, F. van Eeuwijk, G.A. Slafer // Field crops research, august 2009. – V. 113. – № 2, 3. – P. 95-104.
7. Chapter, L. Innovations and new horizons in chromosome elimination-mediated DH breeding: five decades journey of speed breeding in wheat / L. Chapter, H.K. Chaudhary, N.V. Manoj, K. Singh // Improving cereal productivity through climate smart practices woodhead publishing series in food science, Technology and nutrition. – 2021. – P. 3-22.
8. Dwivedi, S.L. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding / S.L. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi, S. Sharma, H.D. Upadhyay, R. Ortiz // Biotechnology Advances, 1 november 2015. – V. 33. – Issue 6. – Part 1. – P. 812-829. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.001>.
9. Rukmini, M. Development and characterization of elite doubled haploid lines from two indica rice hybrids / M. Rukmini, J. Gundimeda, R. Narashima, R. Nageswara, K. Pankaj // Rice Science, november 2015. – V. 22. – №.6. – P. 290-299.
10. Rukmini, M. In vitro androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects / M. Rukmini, J. Gundimeda, R. Narashima // Rice Science. – 2016. – V. 23. – № 2. – P. 57-68, <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>.
11. Warzecha, T. Genotype-by-environment interaction of barley DH lines infected with *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. / T. Warzecha, T. Adamski, Z. Kaczmarek, M. Surma, J. Chełkowski, H. Wiśniewska, K. Krystkowiak, A. Kuczyńska // Field Crops Research, january 2011. –V. 120. – №. 1, 14. – P. 21-30.
12. Warzecha, T. Effect of *Fusarium culmorum* infection on selected physiological and biochemical parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) DH lines / T. Warzecha, E. Skrzypek, A. Sutkowska // Physiological and Molecular Plant Pathology, january 2015. – V. 89. – P. 62-69.
13. Wedzony, M. Progress in doubled haploid technology in higher plants / M. Wedzony, B.P. Foster, I. Zur, E. Golemić, M. Szechynska-Hebda, E. Dubas, G. Gotebiowska // Advanced in haploid production in higher plants. – SpringerScience + BusinessMedia B.V. – 2009. – P.1-35.
14. Weyen, J. Barley and wheat doubled haploids in breeding / J. Weyen, A. Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain // Advanced in haploid production in higher plants. – SpringerScience + BusinessMedia B.V. – 2009. – P. 179-189.
15. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) – doubled haploid production via induced embryogenesis // Plant cell tiss org cult. – 2003. – V. 73. – P. 213-230.

REFERENCES

1. Ilyushko, M.V. Intracallus variability of doubled rice haploids obtained in androgenesis *in vitro* / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, J.-M.Э. Deng L.-W. Zhang, D.-J. Liu, R. Zhang, S.S. Guchenko // Agricultural Biology. – 2020. – V. 55. – №. 3. – P. 533 – 543.
2. Kруглова, Н.Н. Innovative biotechnology of androclean haploidy of spring soft wheat: approach // Agrarian Russia. – 2009. – V. 1. – P. 34-38.
3. Urazaliev, K.R. Acceleration of wheat selection using digaploids obtained by the method of microspor culture / K.R. Urazaliev, Kh.M. Orsini, A.M. Abekova, T.A. Bazylowa, A.K. Daniyarova // KazNU Bulletin. Series: ecological. – 2013. – № 2/2(38). – P. 369-374.
4. Belicuas, P.R. Androgenetic haploids and SSR markers as tools for the development of tropical maize hybrids /

- P.R. Belicuas, C.T. Guimarães, L.V. Paiva, J.M. Duarte, W.R. Maluf, E. Paiva // *Euphytica*. - 2007. - V. 156. - P. 95-102.
5. Bernardo, R. Should maize double haploids be induced among F_1 or F_2 // *Plants Theor. Appl. Genet.* - 2009. - V. 119. - P. 255-262.
 6. Borràs, G. Genetic variability in duration of pre-heading phases and relationships with leaf appearance and tillering dynamics in a barley population / G. Borràs, I. Romagosa, F. van Eeuwijk, G.A. Slafer // *Field crops research*, august 2009. - V. 113. - №. 2, 3. - P. 95-104.
 7. Chapter, L. Innovations and new horizons in chromosome elimination-mediated DH breeding: five decades journey of speed breeding in wheat / L. Chapter, H.K. Chaudhary, N.V. Manoj, K. Singh / *Improving cereal productivity through climate smart practices woodhead publishing series in food science, Technology and nutrition*. - 2021. - P. 3-22.
 8. Dwivedi, S.L. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding / S.L. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi, S. Sharma, H.D. Upadhyay, R. Ortiz // *Biotechnology Advances*, 1 november 2015. - V. 33. - Issue 6. - Part 1. - P. 812-829. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.001>.
 9. Rukmini, M. Development and characterization of elite doubled haploid lines from two indica rice hybrids / Rukmini, J. Gundimeda, R. Narashima, R. Nageswara, K. Pankaj // *Rice Science*, november 2015. - V. 22. - №.6. - P. 290-299.
 10. Rukmini, M. In vitro androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects / M. Rukmini, J. Gundimeda, R. Narashima // *Rice Science*. - 2016. - V. 23. - № 2. - P. 57-68, <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>.
 11. Warzecha, T. Genotype-by-environment interaction of barley DH lines infected with *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. / T. Warzecha, T. Adamski, Z. Kaczmarek, M. Surma, J. Chelkowski, H. Wiśniewska, K. Krystkowiak, A. Kuczyńska // *Field Crops Research*, january 2011. - V. 120. - №. 1, 14. - P. 21-30.
 12. Warzecha, T. Effect of *Fusarium culmorum* infection on selected physiological and biochemical parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) DH lines / T. Warzecha, E. Skrzypek, A. Sutkowska // *Physiological and Molecular Plant Pathology*, january 2015. - V. 89. - P. 62-69.
 13. Wedzony, M. Progress in doubled haploid technology in higher plants / M. Wedzony, B.P. Foster, I. Zur, E. Golemić, M. Szechynska-Hebda, E. Dubas, G. Gotebiowska // *Advanced in haploid production in higher plants*. - SpringerScience + BusinessMedia B.V. - 2009. - P.1-35.
 14. Weyen, J. Barley and wheat doubled haploids in breeding / J. Weyen, A. Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain // *Advanced in haploid production in higher plants*. - SpringerScience + BusinessMedia B.V. - 2009. - P. 179-189.
 15. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) - doubled haploid production via induced embryogenesis // *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 Шундрина

Научный сотрудник лаборатории биотехнологии
и молекулярной биологии

Ludmila Anatolyevna Shundrina

Scientist of laboratory of the laboratory
of biotechnology and molecular

Все: ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, Россия, Краснодар, пос. 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 10.33775/1684-2464-2022-55-2-11-19

УДК: 633.18: 631.524.84: 631.524.022

Пустовалов Р.А., аспирант,
Коротенко Т.Л., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И АГРОНОМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ АГРОЭКОТИПОВ МИРОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РИСА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Потеря генетического разнообразия зерновых культур отрицательно сказывается на их способности справляться с экологическими и климатическими изменениями. Для расширения генетической основы современных сортов риса требуется привлечение нового исходного материала с ценными агрономическими признаками из контрастных агроэкологических регионов. Исходное генетическое несходство агроэкотипов риса различного происхождения позволяет объективно изучить экологическую пластичность культуры в условиях юга России для интенсификации селекционного процесса. В выборке сортов проводимого исследования содержатся не только географические экотипы, но и эдафические, с особенностями водных условий выращивания экотипа. Всего для изучения взято 90 сортов риса, дифференцированных по регионам их происхождения, из них 8 сортов кубанской селекции, которые выращивались на орошаемом участке научного центра по принятой в регионе технологии. Объект исследования – агроэкотипы риса, фенотипический полиморфизм, количественные и качественные признаки, адаптивные свойства. Цель исследования обусловлена недостаточной изученностью продуктивности и селекционной ценности интродуцированных форм различного агроэкотипа в составе генофонда «УНУ Коллекция риса», которые целесообразно использовать на практике в экологических условиях Кубани. В полевом эксперименте изучали морфо-биологические особенности роста растений, формирования элементов продуктивности и биологического урожая, устойчивость к полеганию и пирикулярриозу. В сравнении с отечественными сортами риса высокий Кхоз., отражающий долю зерна в общей наземной массе растений, отмечен у более 50 генотипов из 20 стран. В среднем по странам потенциал урожайности на уровне российских формировали сорта из Турции, Вьетнама, Италии, Венгрии, Мадагаскара, Чили и США. В стрессовых условиях засушливого лета 2020 г. имели преимущество агроэкотипы из азиатского, африканского и латиноамериканского рисосеющих регионов. Большинство признаков морфотипа растений показывали слабую или среднюю силу сопряженности с элементами продуктивности и урожайностью риса. В статье показан полиморфизм признаков агроэкотипов и приведены выделенные адаптивные интродуцированные сорта.

Ключевые слова: рис (*Oryza sativa*), интродукция, агроэкотип, количественные признаки, продуктивность, индекс урожая.

PHENOTYPING ACCORDING TO MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF AGROECOTYPES OF THE WORLD VARIETY OF RICE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN REGION OF RUSSIA

The loss of genetic diversity in cereal crops has a negative impact on their ability to cope with environmental and climate change. To expand the genetic basis of modern rice varieties, it is necessary to attract new source material with valuable agronomic traits from contrasting agroecological regions. The initial genetic dissimilarity of rice agroecotypes of various origins makes it possible to objectively study the ecological plasticity of the crop in the conditions of southern Russia in order to intensify the breeding process. The sample of cultivars of the ongoing study contains not only geographic ecotypes, but also edaphic ones, with the peculiarities of the aquatic growing conditions of the ecotype. In total, 90 varieties of rice, differentiated by regions of their origin, were taken for study, of which 8 varieties of Kuban selection were grown on the irrigated site of the scientific center according to the technology adopted in the region. The object of research is rice agroecotypes, phenotypic polymorphism, quantitative and qualitative traits, and adaptive properties. The purpose of the study is due to insufficient knowledge of the productivity and breeding value of the introduced forms of various agroecotypes in the gene pool "UNU Collection of rice", which should be used in practice in the environmental conditions of the Kuban. In a field experiment, we studied the morpho-biological characteristics of plant growth, the formation of productivity and biological yield elements, resistance to lodging and blast. In comparison with domestic rice varieties, high Kхоз., which reflects the share of grain in the total ground mass of plants, was noted in more than 50 genotypes from 20 countries. On average across countries, the yield potential at the Russian level was formed by varieties from Turkey, Vietnam, Italy, Hungary, Madagascar, Chile and the USA. In the stressful conditions of the dry summer of 2020, agroecotypes from the Asian, African and Latin American rice growing regions had an advantage. Most of the signs of the plant morphotype showed a weak or medium strength of conjugation with the elements of productivity and rice yield. The article shows the polymorphism of traits of agroecotypes and shows the identified adaptive introduced varieties.

Key words: rice (*Oryza sativa*), introduction, agroecotype, quantitative traits, productivity, yield index.

Введение

В любом регионе возделывания культуры развитие растений происходит в тесном взаимодействии генотипа с факторами внешней среды, при этом реакция на условия выращивания зависит от генотипа, соответственно не только фенология в разных экологических условиях может существенно отличаться, но и фенотип сорта, параметры урожайности [1]. Поэтому для интенсификации отбора исходных зарубежных форм для селекционных программ необходима экологическая оценка коллекций зародышевой плазмы, что расширит их использование мировым научным сообществом для улучшения риса [7, 19].

Практика производства риса в мире разнообразна, что объясняется широким спектром соответствующих агроклиматических условий [16, 17]. Agrata H.A. (2010) отмечает: «графические коэффициенты родословной модели продемонстрировали, что таксоны тропической *jaropica* появились в основном на американских континентах и в южной части Тихого океана, а японский умеренный экотип – в Европе и северной части Тихого океана вдали от экватора, что соответствовало реакции на температуру. Экотипы *indica* и *aus* были генетически очень разнообразными, в то время как растения подвида *jaropica* – нет» [4]. Экотипы – крупные экологические внутривидовые подразделения по внешнему облику (габитусу) растений, отражающему их приспособленность к условиям среды, могут различаться высотой растений, облиственностью, структурой продуктивности и др. Сортовое разнообразие риса вида *O. sativa* L. подразделяется по происхождению и морфологическим признакам на агроэкотипы, по срокам возделывания и сезонам подразделяют на: осенний, зимний, летний рис, по способам возделывания: затопляемый, глубоководный, орошаемый и суходольный. Культивируемый рис существенно отличается от своего дикого предка *O. rufipogon* в морфологии и адаптации среды [9, 21].

Ухудшение агробиоразнообразия сельскохозяйственных культур и генетическая однородность сортов делают зерновые культуры более уязвимыми в их реакции как на краткосрочные, так и на долгосрочные изменения климата [11]. Для увеличения генетического разнообразия внутри и между культурами используют ряд подходов, не исключая возвращение в селекционный процесс как стародавних, местных сортов, диких форм, так и традиционных сортов, семейных реликвий и смесей [20].

Li X. и Yan W. (2012) сообщают, что образцы риса из разных географических регионов по-разному реагировали на воздействие окружающей среды, при этом считают важным учитывать комплексный показатель – индекс урожая и вести поиск его ассоциаций со структурными элементами. Для отбора родительских форм под конкретные эко-

логические условия необходима информация о взаимодействии зародышевой плазмы и окружающей среды [13]. В любой селекционной программе необходимо проводить скрининг и идентифицировать фенотипически стабильные генотипы, которые могли бы работать одинаково в различных условиях окружающей среды [5, 8].

Селекционеры предполагают, что дальнейшее повышение урожайности может произойти за счет более эффективного накопления биомассы при сохранении индекса урожая (HI), увеличения количества метелок и числа колосков на метелку [18]. Кумулятивная падающая солнечная радиация связана с продолжительностью роста растений, а фотосинтетическая деятельность генотипа зависит от морфологических характеристик: площадь листа, угол наклона и ориентация [12]. Для усиления фотосинтеза методами генной инженерии потребуются: обширный генетический материал и специализированный опыт учреждений, именно поэтому Международный институт риса (IRRI) сформировал Консорциум C4 Rice [14].

В своих исследованиях итальянские ученые стремились охарактеризовать в группе из 40 сортов фенотипическое проявление четырнадцати признаков сельскохозяйственных культур, связанных с фенологией, архитектурой растений и урожайностью. Выявили, что наиболее урожайные генотипы имели сбалансированное соотношение между вегетативными и генеративными органами, а также пропорциональную продолжительность вегетативной и репродуктивной фаз [15].

К снижению продуктивности риса культурного посева приводят неблагоприятные условия окружающей среды, засуха, наводнения, а также засоленность почвы, особенно подвержены растения стрессу на репродуктивной стадии [6]. Эколого-географические зоны возделывания культуры со значительным числом современных сортов риса характеризуются большим разнообразием и изменчивостью признаков [10]. Для развития методологии рационального использования генофонда *O. sativa* L., обогащения отечественной генплазмы, определения параметров подбора исходных форм необходима количественная и качественная оценка биологического потенциала интродуцированных генотипов риса из разных эколого-географических зон в условиях южного региона России.

Цель исследований

Оценить агроэкотипы мирового разнообразия риса из коллекции «ФНЦ риса» по селекционной ценности для эффективного подбора источников признаков.

Материалы и методы

В семенной коллекции УНУ «ФНЦ риса» сохраняется более 7,3 тыс. образцов риса культурного посева из 42 стран мира [2]. В рамках международного сотрудничества образцы риса миро-

вой селекции поступают в коллекцию из разных унифицированных питомников сортоиспытания IRRI (Филиппины) в рамках «Международной сети INGER по Генетической оценке ресурсов риса» [3].

Для полевых исследований в 2019-2021 гг. были взяты интродуцированные сорта риса из отдаленных регионов мирового рисосеяния (из 25 рисопроизводящих стран мира). В выборку вошли генотипы из Азии (23 шт.), Северной и Южной Америки (10 шт.), Африки (9), Европы (16), Филиппинской (16), Восточной (10 шт.) и Иранской (7 шт.) эколого-географических групп (ЭГГ). Сорта риса дифференцированы в посеве по географическим зонам происхождения и странам, выращивались по принятой в регионе технологии искусственного орошения и получения всходов из-под слоя воды. В качестве стандартов в полевом опыте использованы 3 сорта кубанской селекции: скороспелый Новатор, среднеспелый Флагман, позднеспелый - Снежинка. Посев вручную под маркер, размер делянок 1,0 м² в двукратной повторности. Фенологические наблюдения, визуальнo-бальные оценки, биометрический анализ проведены по общепринятым методикам «ФНЦ риса», рассчитывали Кхоз., площадь флага и подфлага, учитывали биологический урожай с делянки. Обработку данных проводили в программах Statistica 12 и Excel.

Результаты и обсуждение

Использование неадаптированных интродуцированных сортов в селекционных программах является непростой задачей, поскольку включение интересующего признака может сопровождаться нежелательными признаками, которые не соответствуют требованиям селекционера. Отчасти эко-

логическая адаптивность сортов из географически отдаленных регионов выражается в приспособлении к климатическим условиям по скорости развития растений. В нашем эксперименте наибольшая вариация по скорости развития отмечена у растений агроэкоотипов из Кореи – 117-133 дней, Вьетнама – 111-132, Китая – 99-133, Филиппин – 106-142, Ирана – 108-140, Египта – 103-147, Бразилии – 104-134 дня. В среднем в условиях Кубани сорта риса из европейской и восточной экологических групп созревали за 106-108 дней. Причем, при сравнении среднegrupповых показателей за 2019, 2020 и 2021 года отмечено, что продолжительность периода вегетации у образцов уменьшилась на 5-7 дней, что возможно связано с их приспособляемостью к условиям региона после трех лет пересева агроэкоотипов.

По высоте растений у исследуемых агроэкоотипов отмечен существенный полиморфизм признака в пределах 65-153 см. Географическая изменчивость признака «высота растений»: низкорослые растения выявлены среди сортов из Индии, Кореи, Японии и Китая, Таиланда и Египта, а высокорослые – из Индонезии, Филиппин, Узбекистана, Бразилии, Ирана, Мадагаскара и Чили. Такие характеристики, как размер листовой поверхности, продолжительность ее жизнедеятельности, угол наклона флагового листа оказывают влияние на уровень продуктивности растений риса. На рисунке 1 показана вариабельность признака «угол отклонения флага» от соломины, коэффициент вариации (по Б.А. Доспехову, 1979) составил CV = 63,2 %, на долю сортов риса с эректоидным типом листа (5-15 градусов) приходится 28 %.

Summary: Угол отклонения флага

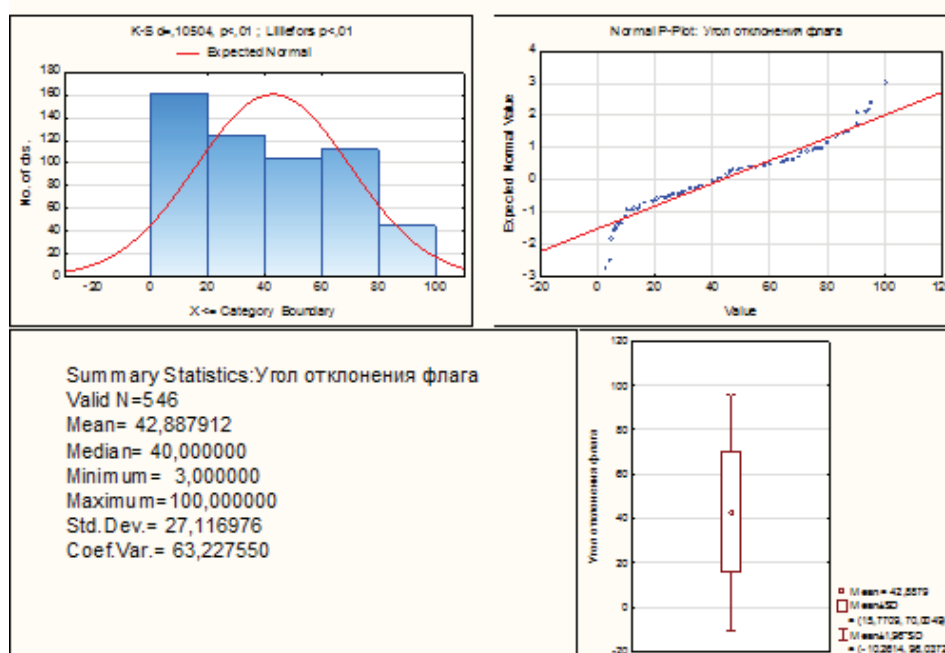


Рисунок 1. Полиморфизм агроэкоотипов по признаку «угол отклонения флаг-листа»

Средние значения площади флагового листа у исследуемых генотипов риса в условиях южного региона России по странам их происхождения варьировали в пределах 16,22-60,85 см². Причем наименьшие показатели были у группы сортов из Камеруна и Франции, наибольшие – у сортов из Индонезии, Филиппин и Бразилии. Отмечена следующая закономерность, что у всех агроэкоотипов площадь флагового листа превышала площадь подфлагового. Мы сфокусировали внимание не только на генотипических различиях между сорта-

ми по продуктивности, но и на среднегрупповых показателях по странам и экологическим зонам. Усредненные экспериментальные данные количественных признаков приведены в таблице 1. В разрезе стран происхождения у риса отмечен широкий полиморфизм признака «число колосков на метелке» – от 62,5 до 134,5 шт., а внутри групп наибольший размах варьирования по данному признаку у сортов из Китая – 39 - 199 шт. и Египта – 53-209 шт. По весу метелки у исследуемых агроэкоотипов также существенная вариация: 1,45-3,55 г.

Таблица 1. Сравнительная оценка географической изменчивости количественных признаков морфотипа и элементов продуктивности агроэкоотипов в экологических условиях Кубани по странам и ЭГ группам, 2020-2021 гг. (Хср.)

Эколого-географическая группа (ЭГГ)	Страна	Площадь флагового листа, см ²	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Масса зерна с метелки, г	Плотность метелки, шт./см
Восточная	Россия-Приморье	60,85	16,5	62,5	1,85	4,05
	Корея	38,42	17,5	127,0	2,15	6,75
	Япония	45,92	19,0	134,5	2,05	8,15
Южноазиатская	Индия	46,65	21,5	85,2	1,91	4,13
	Вьетнам	36,92	18,2	120,0	2,20	6,77
	Китай	51,65	18,1	119,5	2,65	6,75
	Индонезия	58,55	16,5	109,5	2,25	7,11
	Таиланд	33,37	19,5	106,5	2,10	5,60
	Турция	43,46	17,1	95,5	2,50	5,91
Филиппинская	Филиппины IRRI	54,86	19,4	134,0	2,21	6,23
Среднеазиатская	Афганистан	45,22	23,0	81,5	2,15	4,01
	Узбекистан	43,58	21,1	128,5	3,55	5,78
	Казахстан	40,67	16,5	126,5	3,30	7,29
Иранская	Иран	30,96	23,0	81,5	1,45	3,99
Европейская	Россия	37,71	19,1	109,5	2,62	6,65
	Италия	32,23	16,5	94,5	2,45	5,84
	Франция	20,05	13,5	88,0	1,92	7,14
	Венгрия	34,64	17,5	91,5	2,50	5,61
	Болгария	36,45	18,1	98,0	2,95	5,15
Африканская	Египет	47,23	17,2	131,0	2,33	8,08
	Мадагаскар	39,72	20,5	111,5	2,41	5,37
	Камерун	25,67	17,5	123,5	2,35	8,18
Латино-американская	США	33,74	15,5	101,5	2,72	7,12
	Бразилия	50,31	19,5	95,5	1,95	5,18
	Чили	39,21	21,5	92,5	2,70	4,32
НСР ₀₅		7,2		8,4	0,21	

Полученная информация свидетельствует о том, что в экологических условиях Кубани группа сортов из Китая, Узбекистана, Болгарии Казахстана и США сформировала более продуктивную метелку в сравнении с отечественными сортами риса, а генотипы из Индии, Ирана, Франции и Брази-

лии формировали менее продуктивную метелку, но большую биомассу растений. Ключевую роль в определении целесообразности использования исходной формы в программе скрещиваний играют такие параметры сорта, как «доля зерна в общей биомассе растения» и «биологический урожай

зерна с квадратного метра». На рисунке 2 представлена дифференциация образцов в группы по величине биологического урожая зерна с делянки.

Вариабельность в опыте по данному признаку находилась в пределах 273-1233 г/м², средняя вели-

чина урожайности составляла в 2021 г. – 710 г/м², а в 2020 г – 796 г/м², коэффициент вариации составил CV = 27,8 %. Следует отметить, что наиболее многочисленная группа сортов формировала биологический урожай в пределах 700-800 г/м².

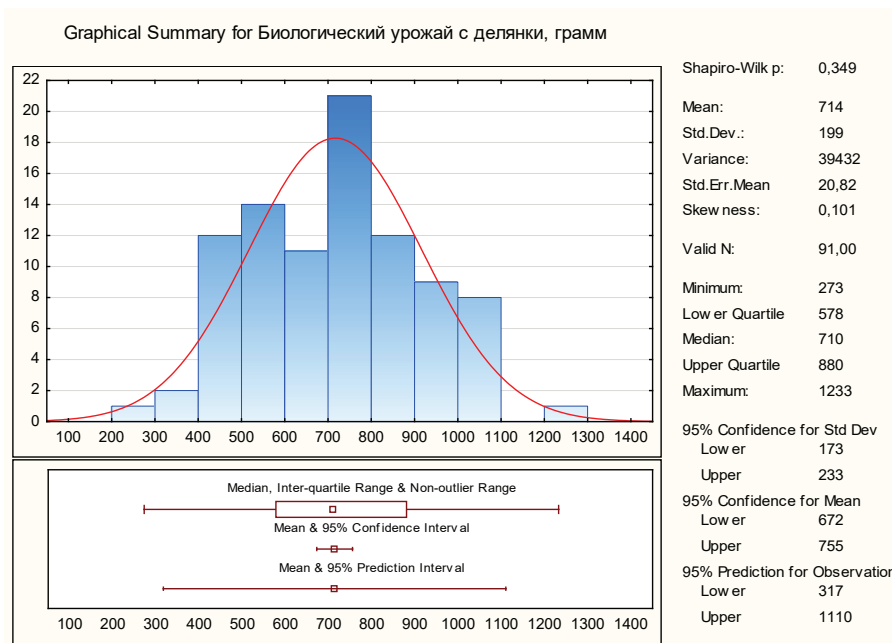


Рисунок 2. Диапазон распределения образцов по формированию биологического урожая с делянки, 2021 г.

Достигнутые итоги эксперимента по оценке обширного генетического разнообразия в экологических условиях возделывания Краснодарского края указывают на то, что большинство признаков морфотипа растений проявляли слабую или среднюю силу сопряженности с элементами продуктивности и биологической урожайностью агроэкоотипов риса. Высокая урожайность и качество зерна это два основных аспекта успешности сорта. Корреляционный анализ показал, чем выше масса зерна с метелки, тем выше биологический урожай с делянки, показатель коэффициента корреляции (r) = 0,91, зависимость прямолинейная (рис. 3).

Рассматривая результаты анализа данных оценки элементов продуктивности у 90 агроэкоотипов различного происхождения, получили тенденцию: чтобы получать у сорта риса урожай более 1 кг/м², масса зерна с метелки должна достигать 3,0 и более грамм.

Плотность метелки и процент стерильных колосков играют существенную роль в определении параметров продуктивности растений. Показатель «пустозерности колосков» у исследуемых сортов варьировал в пределах от 3 до 47 %, наибольшая доля сортов имела величину признака в пределах 20 - 30 %, а наиболее продуктивные формы риса формировали метелку с долей фертильных колосков – 85 - 90 %. Биологическая урожайность образца также тесно взаимосвязана с плотностью метелки и массой 1000 зерен. Генотипические

различия у исследуемых образцов по показателю признака «плотность метелки» – от 3 до 14 шт./см, доля образцов с плотной компактной метелкой составляла 27 %.

Из рисунка 4 видно, что исследуемые образцы обладают обширным разнообразием по крупности зерна, масса 1000 зерен в пределах 15-38 грамм и обеспечивают платформу для дальнейшего селекционного улучшения. Большинство агроэкоотипов мирового разнообразия формировали зерновки (весом за 1000 штук) в пределах от 20 до 30 грамм.

На рисунке 5 показан полиморфизм интродуцированных генотипов по селекционному показателю – Кхоз. По доле зерна в биомассе растения риса вариация у исследуемых агроэкоотипов существенная от 23 до 61 %. У отечественных сортов риса этот показатель за годы исследований находился в пределах 46-58 %. Высокий Кхоз., более 50 единиц, отражающий долю зерна в общей наземной массе растений, на уровне российских сортов формировали генотипы из Китая, Турции, Афганистана, Казахстана, Италии, Франции, Венгрии и Болгарии.

Если анализировать в целом, за три года продуктивность агроэкоотипов риса по ЭГГ происхождения, то при возделывании риса по принятой в регионе технологии на уровне отечественных сортов находились генотипы из азиатских стран и латино-американской группы.

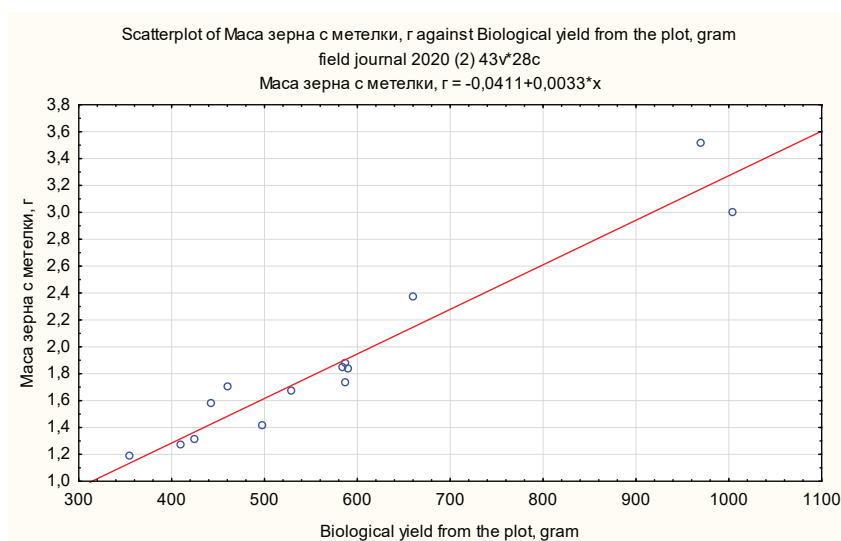


Рисунок 3. Взаимосвязь биологического урожая с делянки (грамм/м²) с величиной «массы зерна с метелки», 2020 г.

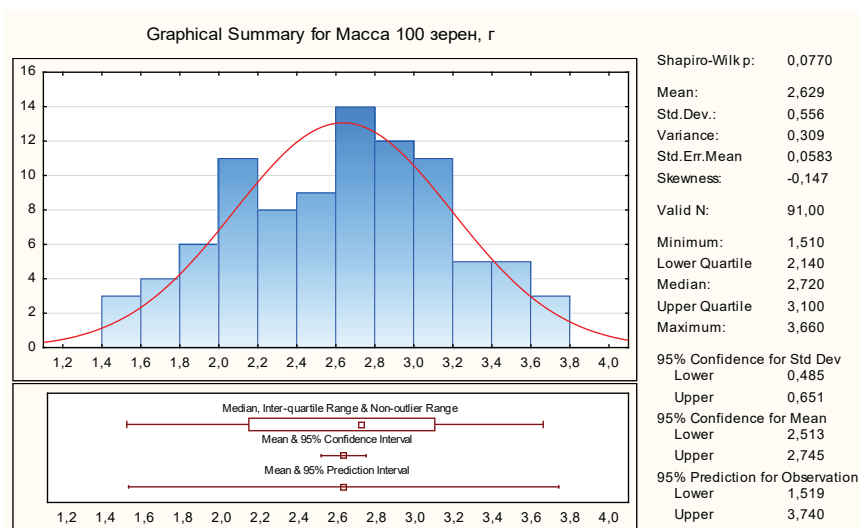


Рисунок 4. Полиморфизм исследуемых агроэко типов риса по крупности зерна, «масса 100 зерен», грамм

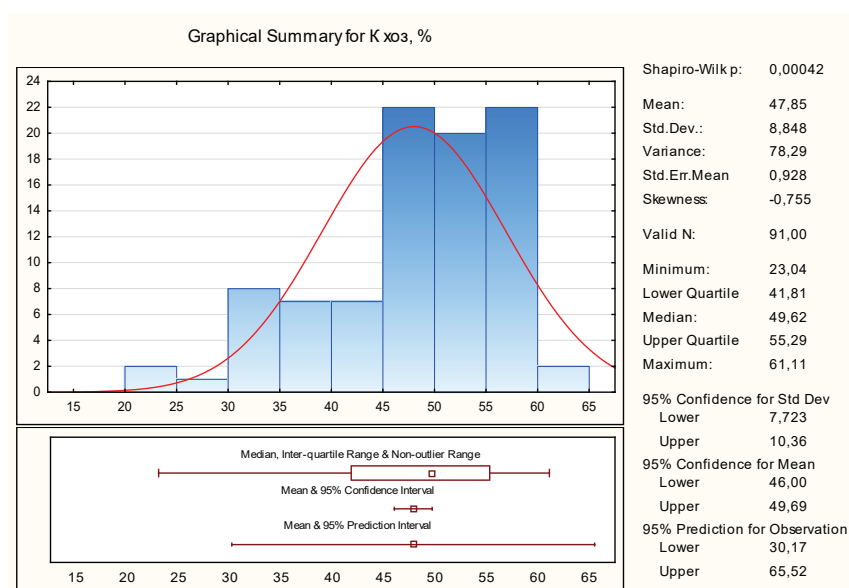


Рисунок 5. Диапазон распределения исследуемых агроэко типов риса по величине Кхоз, %

Выводы

Для большинства агроэкоотипов риса благоприятные слабозасушливые климатические условия в регионе сложились в 2021 году для полноценного развития растений и формирования биологической урожайности. У ряда агроэкоотипов прибавка урожайности к показателю 2020 г. составляла от 67,25 до 182,25 г/м². Из числа изученных сортов высокий биологический урожай с делянки (903,75 - 1015 грамм/м²) в 2021 г. сформировали агроэкоотипы из Узбекистана, Казахстана, Болгарии и США.

По крупности зерна между сортами внутри групп вариабельность была существенной, крупнозерновые формы риса (32,8-36 г) выявлены из стран: Узбекистан, Казахстан, Венгрия и Болгария. Мелкозерные сорта (с массой до 20 г) происхождением из Кореи, Египта и Филиппин. Меньшую долю стерильных колосков на метелке формировали сорта из Индонезии, Казахстана и Болгарии. Существенно более высокий процент стерильных колосков показали агроэкоотипы из Приморья, Японии, Ин-

дии, Египта и США.

Для селекционного использования с хорошими агрономическими признаками в сравнении с отечественными сортами риса выделены: SUWEON 392-14, Gayabyeo (Корея); Sakigake, Jap3127 (Япония); Konsak (Индия); WJ 16 (Вьетнам); Si Feng 69, LH-1, Zhong zao 4 (Китай); Tunca (Турция); Kanjanaburi (Таиланд); Jstigboe, Mustigillik (Узбекистан); Маржан, Арал-7, Каз НИИР5 (Казахстан); Sandora, Rotundus (Венгрия); Plovdiv 22 (Болгария); Sole, LIETO (Италия); Ri 1812084 (Иран); IR 13 к 120, IRT16228, OM 2502, IRBN-063, TP-13800, IRT16228 (Филиппины); Пак-3, DHAM (Мадагаскар); Wab 96, Sakha 105 (Египет); Pratao (Камерун); M 202-451, Prev, L 202-61 (США), Blucbelle (Бразилия); Brilluante inia, Arroz Buit (Чили).

Полученная информация по фенотипированию агроэкоотипов в экологических условиях юга России необходима для дальнейшего понимания важности генразнообразия риса и дает представление о потенциальных возможностях сортов из географически удаленных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кильчевский, А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Обоснование метода / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. 21. – № 9. – С. 1481-1489.
2. Коротенко, Т.Л., Гаркуша, С.В., Лозовой, А.С. Банк данных образцов коллекции риса посевного (ORYZA SATIVA L.) / Свидетельство о регистрации базы данных RU 2016620143, 01.02.2016.
3. Пустовалов, Р.А. Оценка интродуцированных агроэкоотипов ORYZA S. L. по устойчивости к полеганию растений для расширения генофонда коллекции «ВНИИ риса» / Р.А. Пустовалов, Т.Л. Коротенко // В кн.: Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых // Матер. VII Междунар. научно-практической конф. – Краснодар, 2019. – С. 396-397.
4. Agrama, H. A. Genetic structure associated with diversity and geographic distribution in the USDA rice world collection / H. A. Agrama, W. Yan, M. Jia, R. Fjellstrom, A. M. McClung // Natural Science. – Copyright, 2010. – V. 2. – P. 247-291.
5. Anitha, T.L. Simulation of genotype performances across a larger number of environments for rice breeding using ORYZA2000 / Tao Li Anitha, K. Raman, Manuel Marcaidall et al. // Field Crops Research. – 2013. – V. 149. – P. 312-321.
6. Afshari, R. Investigation of Morphological, Yield and Yield Components of Aerobic and Lowland Rice Genotypes (Oryza sativa L.) Under Normal and Drought Stress Conditions / R. Afshari, A. Sabouri, M. Esfahani, A. K. Ghasemi // Journal of Crop Breeding. – Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2018. – V. 10 (25). – P. 118-128. DOI: <https://doi.org/10.29252/jcb.10.25.118>
7. Bhaskar, C. Rice: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement / C. Bhaskar, S.R. Patra, N. Umakanta, M. Trilochan. – Academic Press, 2016. – P. 1-80.
8. Ghrilahre, S.K. G x E Interaction and Adaptability of Rice Cultivars in SRI and Normal Production Systems / S.K. Ghrilahre, A.K. Sarial // Cereal Research Communications. – Copyright Akademai Kiado, 2011. – V.39(4). – P. 589-597. DOI: 10.1556/CRC.39.2011.4.14
9. Jing, Q. Adaptation and performance of rice genotypes in tropical and subtropical environments / Q. Jing, J.H.J. Spiertz, H. Hengsdijk, H.van Keulen, W. Cao, T. Dai // NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences. – Taylor&Francis, 2010. – V. 57 (2). – P. 149-157.
10. Juan, L. Genetic Diversity and Population Structure of Rice Varieties Cultivated in Temperate Regions / L. Reig-Valiente Juan, J. Viruel, E. Sales, et al. // Rice. – Springer Nature, 2016. – 9 (58). <https://doi.org/10.1186/s12284-016-0130-5>.
11. Keneni, G. Genetic vulnerability of modern crop cultivars: causes, mechanism and remedies / G. Keneni, E. Bekele, M. Imtiaz, K. Dagne // International Journal of Plant Research. – Scientific&Academic Publishing, 2012. – V.2(3). – P. 69-79. DOI: 10.5923/j.plant.20120203.05
12. Liu, K. High radiation use efficiency improves yield in the recently developed elite hybrid rice Y-liangyou 900 / K. Liu // Field Cr. Research. – 2020. – V. 253. – 107804 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107804>.
13. Li, X. Unraveling the Complex Trait of Harvest Index with Association Mapping in Rice (Oryza sativa L.) / X. Li, W. Yan, H. Agrama, L. Jia et al. // PLoS ONE. – 2012. – V. 7(1): e29350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029350>
14. Mitchell, P.L. Supercharging rice photosynthesis to increase yield / P.L. Mitchell, J.E. Sheehy // New Phytologist. – John Wiley & Sons, 2006. – V. 171. – P. 688-693. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01855.x>
15. Mongiano, G. Phenotypic variability in Italian rice germplasm / G. Mongiano, P. Titone, S. Pagnoncelli, et al. //

European J. of Agronomy. – Elsevier, 2020. – V.120. 126131 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126131>

16. Nayar, N.M. Rice in the world / N.M. Nayar // Amsterdam: Academic press. – 2014. – P. 1-14 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-417177-0.00001-2>
17. Pinto, T.T. Phenotypic characterization of dryland rice (*Oryza sativa* L.) germplasm conserved in situ (on farm) in a crop-diversity microcenter in southern Brazil / T.T. Pinto, O. R. Maghelly // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2019. – V.66. – P.415–427. DOI: 10.1007/s10722-018-0720-8.
18. Takai, T. Identifying key traits in high-yielding rice cultivars for adaptability to both temperate and tropical environments / T. Takai, P. Lumanglas, E.V. Simon, Y. Arai-Sanoh, H. Asai, N. Kobayashi // The Crop Journal. – Elsevier, 2019. – V. 7(5). – P.685-693. DOI: 10.1016/j.cj.2019.06.004
19. Uphoff, N. Improving the phenotypic expression of rice genotypes: Rethinking “intensification” for production systems and selection practices for rice breeding / N. Uphoff, V. Fasoula, A. Iswandi, A. Kassam, A. K. Thakur // The Crop Journal. – Elsevier, 2015. – V. 3 (3). – P. 174-89 <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.001>
20. Wolfe, M. S. The increased use of diversity in cereal cropping requires more descriptive precision / M. S. Wolfe, S. Ceccarelli // Journal of the Science of Food and Agriculture. – John Wiley & Sons, 2020. – V.100(11). – P. 4119-4123. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9906>
21. Wei, X. Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice / X. Wei, X. Huang // Rice. – China: Fourth Edition, AACC International Press, 2019. – P. 1-29. 0.1016/B978-0-12-811508-4.00001-0.

REFERENCES

1. Kilchevsky, A.V. Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. Justification of the method / A.V. Kilchevsky, L.V. Khotyleva // Genetics. – 1985. – V. 21. – № 9. – P. 1481-1489.
2. Korotenko, T.L., Garkusha, S.V., Lozovoy, A.S. Database of samples of the collection of rice (*ORYZA SATIVA* L.) / Certificate of registration of the database RU 2016620143, 01.02.2016.
3. Pustovalov, R.A. Evaluation of the introduced agroecotypes of *ORYZA* S. L. in terms of resistance to lodging of plants to expand the gene pool of the collection of the All-Russian Research Institute of Rice / R.A. Pustovalov, T.L. Korotenko // In the book: Ecology and melioration of agricultural landscapes: prospects and achievements of young scientists // Mater.VII Intern. Scientific and Practical Conf. – Krasnodar, 2019. – P. 396-397.
4. Agrama, H. A. Genetic structure associated with diversity and geographic distribution in the USDA rice world collection / H. A. Agrama, W. Yan, M. Jia, R. Fjellstrom, A. M. McClung // Natural Science. – Copyright, 2010. – V. 2. – P. 247-291.
5. Anitha, T.L. Simulation of genotype performances across a larger number of environments for rice breeding using ORYZA2000 / Tao Li Anitha, K. Raman, Manuel Marcaidall et al. // Field Crops Research. – 2013. – V. 149. – P. 312-321.
6. Afshari, R. Investigation of Morphological, Yield and Yield Components of Aerobic and Lowland Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.) Under Normal and Drought Stress Conditions / R. Afshari, A. Sabouri, M. Esfahani, A. K. Ghasemi // Journal of Crop Breeding. – Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2018. – V. 10 (25). – P. 118-128. DOI: <https://doi.org/10.29252/jcb.10.25.118>
7. Bhaskar, C. Rice: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement / C. Bhaskar, S.R. Patra, N. Umakanta, M. Trilochan. – Academic Press, 2016. – P. 1-80.
8. Ghritlahre, S.K. G x E Interaction and Adaptability of Rice Cultivars in SRI and Normal Production Systems / S.K. Ghritlahre, A.K. Sarial // Cereal Research Communications. – Copyright Akademiai Kiado, 2011. – V.39(4). – P. 589-597. DOI: 10.1556/CRC.39.2011.4.14
9. Jing, Q. Adaptation and performance of rice genotypes in tropical and subtropical environments / Q. Jing, J.H.J. Spiertz, H. Hengsdijk, H.van Keulen, W. Cao, T. Dai // NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences. – Taylor&Francis, 2010. – V. 57 (2). – P. 149-157.
10. Juan, L. Genetic Diversity and Population Structure of Rice Varieties Cultivated in Temperate Regions / L. Reig-Valiente Juan, J. Viruel, E. Sales, et al. // Rice. – Springer Nature, 2016. – 9 (58). <https://doi.org/10.1186/s12284-016-0130-5>.
11. Keneni, G. Genetic vulnerability of modern crop cultivars: causes, mechanism and remedies / G. Keneni, E. Bekele, M. Imtiaz, K. Dagne // International Journal of Plant Research. – Scientific&Academic Publishing, 2012. – V.2(3). – P. 69-79. DOI: 10.5923/j.plant.20120203.05
12. Liu, K. High radiation use efficiency improves yield in the recently developed elite hybrid rice Y-liangyou 900 / K. Liu // Field Cr. Research. – 2020. – V. 253. – 107804 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107804>.
13. Li, X. Unraveling the Complex Trait of Harvest Index with Association Mapping in Rice (*Oryza sativa* L.) / X. Li, W. Yan, H. Agrama, L. Jia et al. // PLoS ONE. – 2012. – V. 7(1): e29350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029350>
14. Mitchell, P.L. Supercharging rice photosynthesis to increase yield / P.L. Mitchell, J.E. Sheehy // New Phytologist. – John Wiley & Sons, 2006. – V. 171. – P. 688-693. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01855.x>
15. Mongiano, G. Phenotypic variability in Italian rice germplasm / G. Mongiano, P. Titone, S. Pagnoncelli, et al. // European J. of Agronomy. – Elsevier, 2020. – V.120. 126131 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126131>
16. Nayar, N.M. Rice in the world / N.M. Nayar // Amsterdam: Academic press. – 2014. – P. 1-14 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-417177-0.00001-2>
17. Pinto, T.T. Phenotypic characterization of dryland rice (*Oryza sativa* L.) germplasm conserved in situ (on farm) in a crop-diversity microcenter in southern Brazil / T.T. Pinto, O. R. Maghelly // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2019. – V.66. – P.415–427. DOI: 10.1007/s10722-018-0720-8.
18. Takai, T. Identifying key traits in high-yielding rice cultivars for adaptability to both temperate and tropical

environments / T. Takai, P. Lumanglas, E.V. Simon, Y. Arai-Sanoh, H. Asai, N. Kobayashi // The Crop Journal. – Elsevier, 2019. – V. 7(5). – P.685-693. DOI: 10.1016/j.cj.2019.06.004

19. Uphoff, N. Improving the phenotypic expression of rice genotypes: Rethinking “intensification” for production systems and selection practices for rice breeding / N. Uphoff, V. Fasoula, A. Iswandi, A. Kassam, A. K. Thakur // The Crop Journal. – Elsevier, 2015. – V. 3 (3). – P. 174-89 <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.001>

20. Wolfe, M. S. The increased use of diversity in cereal cropping requires more descriptive precision / M. S. Wolfe, S. Ceccarelli // Journal of the Science of Food and Agriculture. – John Wiley & Sons, 2020. – V.100(11). – P. 4119-4123. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9906>

21. Wei, X. Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice / X. Wei, X. Huang // Rice. – China: Fourth Edition, AACC International Press, 2019. – P. 1-29. 0.1016/B978-0-12-811508-4.00001-0.

Руслан Александрович Пустовалов

Аспирант

E-mail: pustovaloff.ruslan@yandex.ru

Ruslan Alexandrovic Pustovalov

Post graduate student

E-mail: pustovaloff.ruslan@yandex.ru

Татьяна Леонидовна Коротенко

Руководитель группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур», ведущий научный сотрудник отдела селекции,
E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

Tatiana Leonidovna Korotenko

Head of the USU group «Collection of genetic resources of rice, vegetables and melons»
Leading Researcher of the breeding department,
E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-20-27
УДК: 633.18: 631.524.85: 631.524.022

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

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ФНЦ РИСА НА АДАПТИВНОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОД ЦВЕТЕНИЯ

Рис является одной из наиболее значимых зерновых культур в мире. Наблюдаемые климатические изменения негативно сказываются на урожайности риса. Воздействие высоких температур во время цветения и в фазу налива зерна вызывает стерильность колосков, снижая продуктивность растения. Таким образом, для селекционных программ необходимо вести отбор наиболее адаптивных исходных форм к этому негативному фактору. Данное исследование нацелено на проведение оценки набора образцов УНУ «Биоресурсная коллекция риса» на устойчивость к температурному стрессу в период цветения растений. В ходе работы 55 коллекционных образцов изучены на адаптивность риса к высоким температурам в период цветения, путем посева в различные сроки и искусственного создания высоких температур в исследуемую фенофазу. В качестве показателей адаптивности образцов к температурному стрессу использовали величину пустозерности, продолжительность вегетационного периода и стабильность показателя «масса 1000 зерен». В статье показаны результаты сравнительной оценки продуктивности растений при выращивании их в оптимальных и стрессовых условиях, представлены толерантные генотипы. В ходе исследования было установлено, что при более позднем сроке посева практически у всех исследуемых образцов сокращался вегетационный период. Отмечено, что повышенные температуры воздуха в период цветения у большинства исследуемых образцов риса вызывали увеличение количества стерильных колосков и снижение массы зерновки. Представлено 17 наиболее перспективных ген-источников риса, толерантных к воздействию высокой температуры в период цветения из коллекции УНУ ФНЦ риса.

Ключевые слова: рис, высокая температура, пустозерность, масса 1000 зерен.

EVALUATION OF SAMPLES OF THE RICE FSC COLLECTION FOR ADAPTABILITY TO EXPOSURE TO HIGH TEMPERATURES DURING THE FLOWERING PERIOD

Rice is one of the most important grain crops in the world. The observed climatic changes have a negative impact on rice yields. Exposure to high temperatures during flowering and in the phase of grain filling causes sterility of spikelets, reducing the productivity of the plant. Thus, for breeding programs it is necessary to select the most adaptive initial forms to this negative factor. This study aims to evaluate a set of specimens of "Bioresource Rice Collection" for resistance to temperature stress during flowering of plants. In the course of the work, 55 collection samples were studied for rice adaptability to high temperatures during flowering by sowing at different dates and artificial creation of high temperatures during the studied phenophase. As indicators of adaptability of samples to temperature stress the value of hollowiness, duration of vegetation period and stability of indicator "mass of 1000 grains" were used. The article shows the results of comparative evaluation of plant productivity when growing them under optimal and stressful conditions, tolerant genotypes are presented. In the course of the study it was found that at a later sowing date in almost all the studied samples the growing season was reduced. It was noted that increased air temperatures during flowering in most of the studied samples of rice caused an increase in the number of sterile spikelets and reduction of grain weight. Seventeen most promising rice source genes tolerant to high temperatures during flowering from the collection of the UNU Rice Research Center are presented.

Keywords: rice, heat stress, grain sterility, weight of 1000 grains.

Введение

Рис является одной из наиболее значимых зерновых культур и составляет 23 % в мировом потреблении населением калорий. В 2020 году посевные площади этой культуры составили 167 млн. га во всем мире и было получено 784 млн. тонн риса. В мировом севообороте культуры Россия находится на 35 месте и от ее производства наша страна получает зерна немногим больше 1,0 млн. тонн в год [6].

Отмечается, что с конца XIX века средняя температура в мире повысилась, и каждое из последних

трех десятилетий было последовательно теплее, чем все предыдущие (IPCC, 2021). Так как культура рис очень отзывчива к условиям выращивания, а прогнозируемые изменения температуры поверхности Земли включают повышение средней на 1,4– 5,8 °C к 2100 году, то возможны снижение урожайности и потери в производстве продуктов из риса [7, 9]. Рис очень чувствителен к температурным стрессам как на вегетативной, так и на репродуктивной стадии, а накопление биомассы в период до цветения является важным фактором, определяю-

щим массу зерна с единицы площади. Высокая температура в период цветения нарушает раскрытие пыльника, что приводит к низкому выходу пыльцы и снижению количества оплодотворенных зерновок [2]. Установлено, что высокие температуры влияют и на качества зерна [4, 5].

На отзывчивость риса к высоким температурам указывает ряд научных исследований. Бейкер и др. (1992) установили, что снижение урожайности риса составляло около 7-8 % на каждый 1°C увеличения дневного максимума и ночного минимума температур [3]. Так же было установлено, что высокая температура во время цветения вызывает пустозерность колосков, а в фазе налива зерна - сокращает ее продолжительность, что снижает массу 1000 зерен [10, 11]. Наблюдаемые изменения в фенологии растений ученые связывают со способностью генотипов адаптироваться к различным температурным режимам [5].

В качестве морфологических показателей засухоустойчивости растений, используемых в качестве прикладных критериев отбора исходных форм для селекции, рассматривают: скручивание листьев, уменьшение общей площади листьев, стабильное количество колосков, высота растений, проводимость устьиц, относительное содержание и потенциальное количество влаги в листьях [8, 10].

Таким образом крайне важно иметь представление об адаптивности к воздействию высокой температуры в период цветения генетического разнообразия риса, собранного в коллекции «УНУ ФНЦ риса», чтобы обеспечить необходимым исходным материалом селекционные программы, нацеленные на устойчивость к данному стресс-фактору.

Цель исследований

Провести оценку набора образцов УНУ «Биоресурсная коллекция риса» на устойчивость к температурному стрессу.

Материалы и методы

В 2019-2020 гг. на вегетационной площадке ФГБНУ «ФНЦриса» для оценки воздействия высоких температур была проведена закладка опыта в двух вариантах, в каждом из которых использовался идентичный набор генотипов в количестве 55 сортов риса из 20 стран: Азербайджан, Бурунди, Вьетнам, Египет, Заир, Индия, Индонезия, Иран, Италия, Китай, Непал, Россия, США, Таиланд, Турция, Узбекистан, Филиппины, Франция, Чили, Япония. Стандартами являлись засухоустойчивые сорта-эталонные зарубежной селекции: Pokkali (№ 03864/ Узбекистан), N 22 (№ 111-09/ Филиппины), IR 28 (№ 105-12, 9-13/ Филиппины) и IR-72 (№ 175-06/ Филиппины). Эксперимент предполагал разные сроки посева: 30 апреля («контроль») и 20 мая (в дальнейшем «вариант»), а для усиления воздействия температурного стресса

и искусственного повышения температуры образцы «варианта» переносили на период цветения в «поликарбонатный домик», где дневная температура в июле-августе достигала 40 °C и выше. Посев, наблюдения и агрономические мероприятия проводили по методике «ВНИИ риса» [1]. В качестве показателей адаптивности образцов к высокой температуре в период цветения использовали величину пустозерности, продолжительность вегетационного периода и стабильность показателя «масса 1000 зерен».

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования по оценке влияния высокой температуры в период цветения на продуктивность растения риса подтвердили негативное воздействие данного фактора. Набор сортов включал генотипы разных групп спелости, поэтому цветение образцов на «контроле» проходило в период с 10 июля по 7 сентября, максимальная суточная температура в этот период варьировала от 24,3 до 37,7 °C. Массовое цветение растений риса на «варианте» проходило с 25 июля по 11 сентября, максимальная суточная температура при искусственном ее повышении в этот период варьировала от 34,6 до 39,8 °C. Одним из факторов, ограничивающих продуктивность растений, является воздействие высоких температур в период цветения. Проведена регистрация температур в эту фазу для сортов разных групп спелости и результаты представлены на рисунках 1 и 2. Среднегрупповые показатели пустозерности и массы 1000 зерен сортов по группам спелости наложены на график температур на рисунке 1. Из графика видно, что прослеживается тенденция на увеличение процента пустых колосков и снижение массы 1000 зерен при повышении температуры воздуха в период цветения.

Однако, реакция на температурный стресс образцов различных групп спелости отличается. У образцов среднепоздней группы при повышении температуры воздуха на 1,6 °C пустозерность увеличилась на 5,8 %, масса 1000 зерен снизилась на 3,7 г, а в группе позднеспелых образцов - при увеличении температуры воздуха на 3,8 °C среднегрупповой показатель «пустозерности» увеличился на 3,1 %, а «массы 1000 зерен» снизился на 1,9 г. Среднеспелые образцы попали в более жаркие условия: температура на «варианте» превысила контроль на 6,6 °C, что повлекло за собой значительное повышение пустозерности (на 15 % относительно контроля) и снижение массы 1000 зерен на 1,4 г. Лучшие показатели между вариантами по пустозерности были зафиксированы у позднеспелой группы сортов (увеличение на 3,1 %), а по массе 1000 зерен у раннеспелой группы образцов с разницей в 0,5 г.

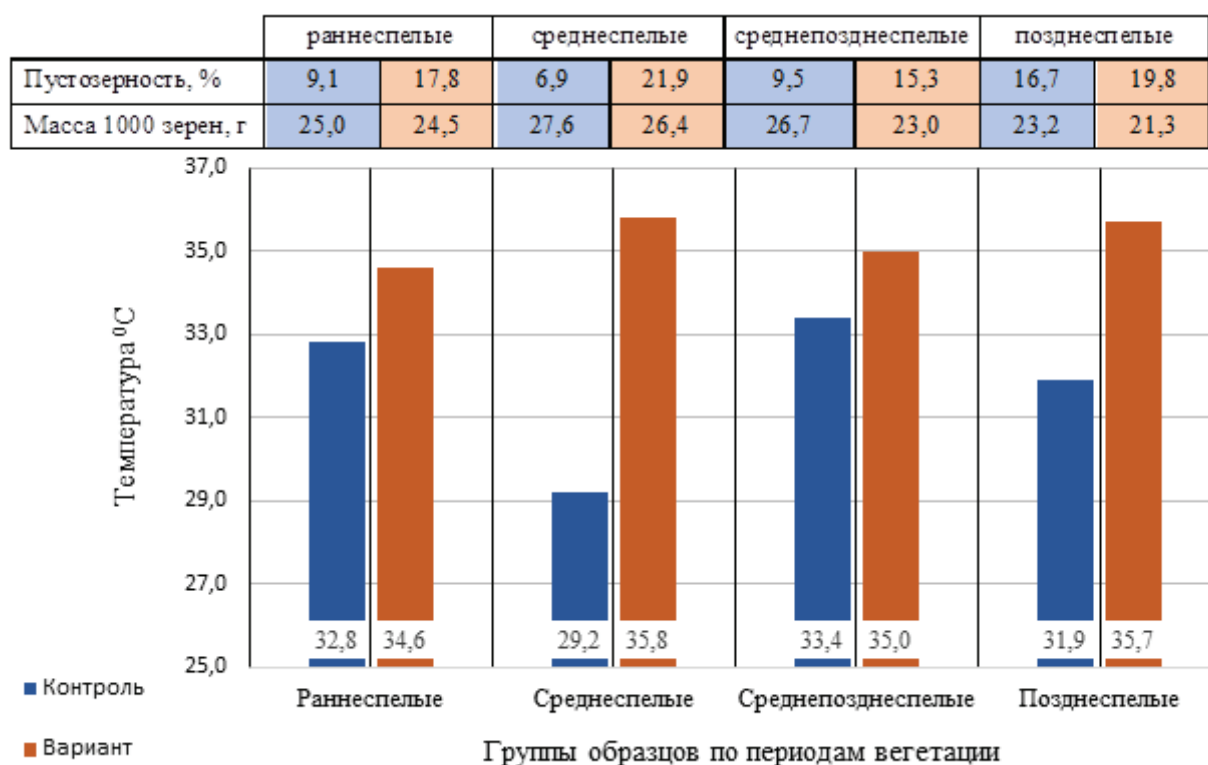


Рисунок 1. Реакция образцов различных групп спелости на воздействие температур воздуха в период цветения по признакам «пустозерность» и «масса 1000 зерен»

При искусственно созданных стрессовых условиях температура воздуха в период цветения у разных групп спелости (вариант) различалась незначительно (в пределах 1,2 °C), а различия по показателям исследуемых признаков существенные. В частности, адаптивность генотипов раннеспелых групп проявлялась в сохранении крупности зерновки при стрессе, а сортов позднеспелой группы - сохранении фертильности колосков, пустозерность колосков среднеспелых образцов заведомо ниже на контроле, но значительно повышается в стрессовых условиях воздействия высоких температур воздуха.

Экспериментальные данные биометрического анализа всех исследуемых генотипов показали, что в среднем «вариант» превысил «контроль» по пустозерности на 6,7 %, а показатель «массы 1000 зерен» снизился на 0,7 г. Однако, в условиях воздействия высоких температур воздуха у ряда образцов, напротив, зафиксировано снижение процента пустых колосков и увеличение крупности зерна. Для визуального восприятия результатов исследования данные наложены на точечную диаграмму, где горизонтальная ось - показатель пустозерности, а вертикальная ось - массы 1000 зерен (рис. 2). Точки на данной диаграмме показывают, насколько увеличился или уменьшился показатель одного из признаков сортообразца (№ каталога) на варианте относительно контроля. В ходе

анализа диаграммы образцы разделили на 5 групп, представленных в таблице 1.

Группа 1 представлена наиболее адаптивными образцами, в среднем по группе пустозерность снизилась на - 3,99 %, а масса 1000 зерен увеличилась на +1,23 г. Масса зерна с метелки увеличилась на +0,77 г, вегетационный период сократился на 12 дней (табл. 2).

Группа 2 характеризуется слабовосприимчивыми к высоким температурам образцами по признаку «пустозерность», среднее количество пустых колосков сократилось на - 2,99 %, но и масса 1000 зерен была снижена на -3,04 г. Однако масса зерна с метелки в среднем увеличилась на +0,34 г, за исключением образцов № 24-07 и 111-09. Вегетационный период сократился на стрессе в среднем на 10 дней.

В группу 3 включены образцы со средней адаптивностью, у которых отмечено увеличение процента пустых зерен на +12,74 %, но и прибавка массы 1000 зерен на +1,33 г. Показатели «массы зерна с метелки» в среднем на контроле и варианте остались равны, однако внутри группы распределение было следующим: образцы по номерам каталога 1814, 7979, 04943 прибавили величину по данному признаку, а образцы № 256-08, 39-09, 03864, 04924 - снизили. Вегетационный период стал короче на 10 дней по сравнению с контролем.

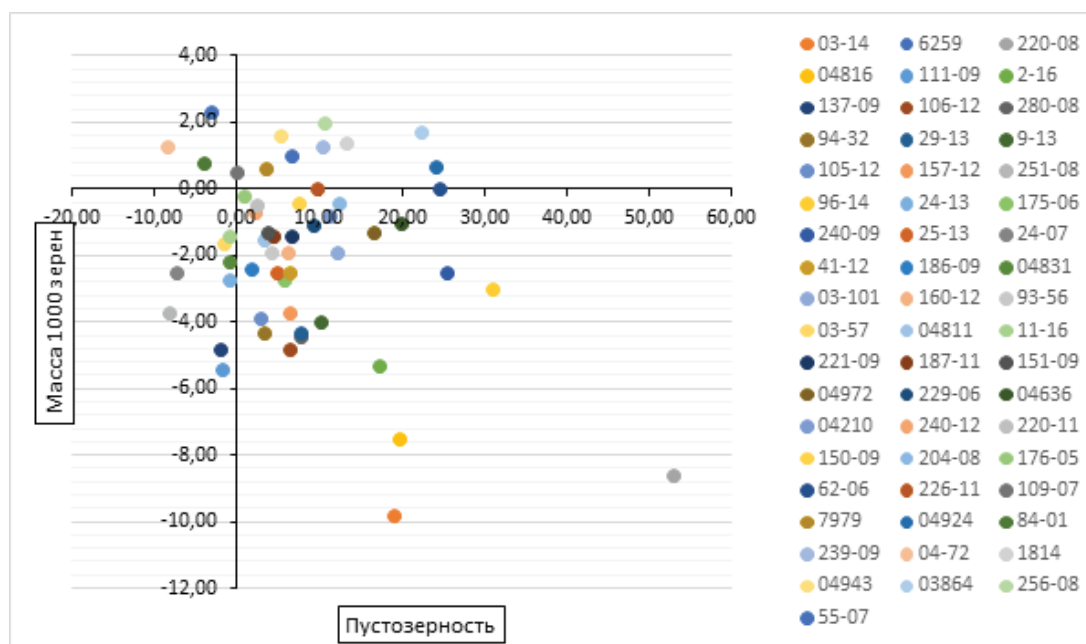


Рисунок 2. Показатели элементов продуктивности риса (пустозерность, масса 1000 зерен) при реакции на стресс, представлены в виде разницы между контролем и вариантом

Таблица 1. Ранжирование образцов в группы по адаптивности растений к стресс-фактору путем оценки признаков «масса 1000 зерен» и «пустозерность». Образцы представлены номерами по каталогу «ФНЦ риса»

Группа 1*	Группа 2*	Группа 3*	Группа 4*	Группа 5*			
55-07 04-72 84-01 109-07	11-16 03-57 04831 24-13 251-08 137-09 111-09	7979 04943 256-08 239-09 1814 03864 04924	62-06 226-11	221-09 187-11 151-09 04972 229-06 04636 04210 240-12 220-11	150-09 204-08 176-05 176-05 04811 03-101 160-12 93-56 41-12	186-09 175-06 240-09 25-13 96-14 106-12 280-08 94-32 29-13	9-13 105-12 157-12 2-16 03-14 6259 220-08 04816

Примечание: критерии ранжирования образцов:

группа 1* - снижение пустозерности и увеличение массы 1000 зерен;

группа 2* - снижение пустозерности и массы 1000 зерен;

группа 3* - увеличение пустозерности и массы 1000 зерен;

группа 4* - увеличение пустозерности, а масса 1000 осталась без изменения;

группа 5* - увеличение пустозерности и снижение массы 1000 зерен.

Группа 4 представлена двумя образцами, у которых масса 1000 зерен на контроле и варианте оставалась неизменной. Следует отметить, что продуктивность метелки у образца № 62-06 была стабильной, а у образца № 226-11 наблюдалась прибавка массы зерна с метелки на 0,17 г. При этом пустозерность увеличилась на 17,1 %, а вегетационный период сократился на 13 дней.

В пятую группу вошли образцы наиболее восприимчивые к воздействию повышенных температур. В среднем по группе пустозерность увеличилась на 10,5 %, а масса 1000 зерен снизилась на 0,70 г. Вегетационный период сократился на 11 дней, а масса зерна с метелки уменьшилась на 0,25 г. Результаты оценки продуктивности образцов данной группы представлены в таблице 3.

Таблица 2. Показатели продуктивности растений коллекционных сортообразцов при оптимальных (контроль) и стрессовых (вариант) условиях в период цветения

Номер по каталогу	Название сорта/ сортообразца	Вегетационный период, дней		Пустозерность, %		Масса зерна с метелки, г		Масса 1000 зерен, г	
		кон-ль	вариант	кон-ль	вариант	кон-ль	вариант	кон-ль	вариант
Группа 1: Снижение пустозерности и увеличение массы 1000 зерен									
55-07	AA 30833/06 IR BB 53	141	126	11,33	8,10	1,31	1,61	21,80	24,10
04-72	CN-52	132	118	43,46	34,95	1,08	3,10	31,60	32,90
84-01	Saturn	100	89	12,43	8,33	1,80	1,98	23,10	23,90
109-07	Tatsumi - mochi	116	107	4,34	4,23	1,57	2,15	25,70	26,20
Среднее по группе		122,25	110,00	17,89	13,90	1,44	2,21	25,55	26,78
Группа 2: Снижение пустозерности и массы 1000 зерен									
111-09	N22 - стандарт	121	124	11,06	9,11	1,15	1,00	22,20	16,80
11-16	Sole	121	107	15,45	14,43	1,83	2,06	29,70	28,30
03-57	CSR 28	143	128	12,60	11,07	1,16	1,65	21,90	20,30
04831	Sakmalc	118	104	8,95	8,05	2,28	2,89	29,00	26,80
24-13	Yunjing 23	123	112	4,37	3,43	1,68	2,19	23,90	21,20
24-07	AA 1366/06 PSB Rc28	135	127	22,52	15,21	1,20	1,08	22,50	20,00
251-08	ПВ-1 IR 74506-28-4-3-3-2-1	124	111	14,72	6,46	1,24	1,74	24,00	20,30
137-09	WJ 1	124	112	5,86	3,86	1,87	2,55	26,00	21,20
Среднее по группе		126,13	115,63	11,94	8,95	1,55	1,89	24,90	21,86
Группа 3: Увеличение пустозерности и массы 1000 зерен									
03864	Pokkali - стандарт	115	104	4,46	26,65	1,41	1,34	24,00	25,70
7979	Irat B* Dourado	107	96	6,02	9,54	2,27	2,52	25,60	26,20
04943	Дигаплоид лс-100/320	114	106	7,90	13,10	1,42	1,75	25,40	27,00
256-08	ПВ-1 Selection From kokal	116	104	8,73	19,25	1,96	1,70	28,00	30,00
239-09	Sakna 101	101	94	12,17	22,60	2,23	2,12	24,40	25,70
1814	Амирхан	118	105	4,62	17,84	1,66	1,82	29,80	31,20
04924	Дигаплоид лин /111	117	107	5,49	29,58	2,13	1,85	24,60	25,30
Среднее по группе		112,57	102,29	7,06	19,79	1,87	1,87	25,97	27,30
Группа 4: Увеличение пустозерности, а масса 1000 осталась без изменения									
226-11	AA 24661/10 PSB Rc28	140	123	11,16	20,83	1,11	1,28	19,70	19,70
62-06	Weiyon-77	108	98	6,48	31,04	1,39	1,39	21,50	21,50
Среднее по группе		124,00	110,50	8,82	25,93	1,25	1,33	20,60	20,60

Анализируя данные таблицы 2, можно выделить наиболее перспективные генотипы по устойчивости к воздействию высоких температур воздуха в период цветения по ряду элементов продуктивности растений. Так, образцы под номерами 04831 (Sakmalc / Турция) и 7979 (Irat B* Dourado/ Заир) в совокупности всех признаков показали наилучшие результаты на двух вариантах выращивания: показатели «пустозерность» ниже 10 %, «масса 1000 зерен» – выше 25 г., а метелка формировалась массой более 2 г. В сравнении со стандартами

засухоустойчивости выделен и образец № 109–07 (Tatsumi – mochi / Япония): показатели «пустозерность» на двух вариантах ниже 15 %, масса 1000 зерен превышала 25 г., а масса зерна с метелки больше двух граммов даже в условиях стресса. Все описанные выше образцы могут быть рекомендованы для селекции в качестве устойчивого исходного материала к данному стресс-фактору.

В ходе статистического анализа данных образцов пятой группы выявлены генотипы с пустозер-

ностью ниже 15 при выращивании в стрессовых условиях, что считается невысоким показателем и требует дальнейших исследований (табл. 3). При этом даже сорта-стандарты, считающиеся в международной практике засухоустойчивыми, имели показатели пустозерности колосков на стрессе от 18 до 27 %.

Представленные в таблице 3 коллекционные образцы характеризуются сокращением длительности вегетационного периода в среднем на 10,7 дней, снижением массы 1000 зерен на 2,15 г. и увеличением пустозерности на 4,88 %, массы зерна с

метелки на 0,22 г. относительно контроля. В данной таблице представлены генотипы с низким процентом пустозерности на варианте, также следует выделить образцы с небольшой разницей признака «масса 1000 зерен». Незначительное снижение крупности зерна на варианте зафиксировано у образцов: № 150-09 (WJ 16/ Вьетнам), 176-05 (HR 2274-PSB Rc28/ Филиппины), 220-11 (Chaite 6/ Непал), 240-12 (AA 34061/2011 MILYANG 54/ Филиппины). Однако, образец №150-09 сильнее других отреагировал на стресс повышением пустозерности на 7,38%.

Таблица 3. Показатели продуктивности растений ряда коллекционных сортообразцов при оптимальных (контроль) и стрессовых (вариант) условиях в период цветения, образцы группы 5

Номер по каталогу	Название сорта/ сортообразца	Вегетационный период, дней		Пустозерность, %		Масса зерна с метелки, г		Масса 1000 зерен, г	
		кон-ль	вариант	кон-ль	вариант	кон-ль	вариант	кон-ль	вариант
105-12	IR 28 – стандарт	127	121	15,83	18,68	1,18	1,21	23,90	20,00
9-13	IR 28 – стандарт	127	120	16,67	26,89	1,04	1,06	23,80	19,80
175-06	IR-72 – стандарт	130	122	15,99	21,71	1,26	1,58	23,00	20,30
160-12	WAB 96-1-1	109	100	7,58	13,74	2,57	2,50	23,40	21,50
240-12	AA 34061/2011 Mi Lyang 54	109	96	13,05	15,12	2,10	2,83	31,90	31,20
151-09	WJ 17	110	98	4,90	8,68	2,22	2,80	26,40	25,10
229-06	AA 02734/05 03 Po 087	110	101	4,58	13,74	2,31	3,30	24,80	23,70
150-09	WJ 16	116	106	8,30	15,68	2,23	2,60	27,90	27,50
94-32	84029-TR 757-6-2	116	107	8,37	11,51	2,44	2,54	34,00	29,70
93-56	Sinbu-12	120	107	9,80	13,91	1,47	1,26	25,00	23,10
157-12	Sadri	121	107	7,22	13,47	1,47	1,55	27,80	24,10
04811	Cerere	122	112	7,18	10,33	1,42	2,14	27,70	26,20
25-13	LH 1	124	110	5,31	10,05	2,43	2,38	26,70	24,20
186-09	IRLON PSB Rc 4	127	118	3,58	5,18	1,29	1,37	24,20	21,80
221-09	AA 34949/08 DRT-325	127	113	7,37	13,97	1,93	1,86	24,60	23,20
176-05	HR 2274-PSB Rc28	135	125	14,65	15,57	1,08	1,46	20,10	19,90
220-11	Chaite 6	135	119	8,58	10,97	1,60	2,09	22,20	21,70
29-13	Weed Tolerant Rice	143	134	6,96	14,56	1,95	1,48	22,50	18,20
Среднее по группе		122,67	112,00	9,22	14,10	1,78	2,00	25,55	23,40

Коэффициент вариации (CV, %) дает представление об изменчивости признака от среднего значения. Результаты статистического анализа показали, что вариабельность признака «пустозерность» выше, чем признака «масса зерна с метелки» (табл. 4). У наиболее адаптивных образцов первой группы зафиксировано понижение CV, % признака «пустозерность» в среднем на 4,07 % на стрессе, а коэффициент вариации признака «масса зерна с метелки»

снижен на 5,31 %, что говорит о высокой адаптивности растений этой группы к стресс-фактору.

Анализ коэффициентов вариаций дает представление об изменчивости образцов как на контрольном варианте, так и на стрессе. Генотип, имеющий низкий показатель CV, % на стрессе, имеет большую ценность для селекции, фенотипически образец стабилизируется с положительной реакцией на стресс.

Таблица 4. Показатели коэффициентов вариации (CV, %) признаков «пустозерность» и «масса зерна с метелки» в ранжированных группах образцов

Признак	Вариант	Значение CV, %	Группы ранжирования				
			Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
Пустозерность	Контроль	Min	17,77	8,02	7,34	18,54	11,60
		Max	27,51	24,02	36,48	30,53	35,69
		Среднее	23,67	17,55	24,81	24,54	22,29
	Вариант	Min	11,92	18,94	8,87	26,81	7,84
		Max	25,65	41,98	42,41	31,32	34,91
		Среднее	19,61	25,73	22,51	29,07	23,33
Масса зерна с метелки	Контроль	Min	2,61	1,90	1,08	7,33	0,75
		Max	41,06	20,71	23,57	14,06	19,00
		Среднее	15,77	11,99	11,29	10,70	10,88
	Вариант	Min	7,25	4,13	10,01	5,74	2,17
		Max	16,10	23,83	20,52	7,33	25,59
		Среднее	10,46	10,68	14,94	6,54	12,05

Наибольшее влияние высокотемпературного стресса на изменчивость признака «пустозерность» зафиксировано у образцов второй группы, различия между вариантами были в пределах 8,17 %. Разница величины коэффициента вариации образцов пятой группы по признаку «пустозерность» между вариантами оказалась наименьшей и в среднем составила 1,04 %. Расчет коэффициентов вариации показал, что у всех образцов данной группы стабильно увеличивалось количество пустых зерен при стрессовых условиях.

Выводы

В ходе исследования было установлено, что при смещении срока посева (с 30 апреля на 20 мая) у растений исследуемых образцов сокращался вегетационный период. Исключением являлись сортообразцы № 111-09 (N22/ Филиппины), 03-101 (Jin 23B/Китай) и 6259 (Африканский/ Бурунди).

Устойчивость к высокой температуре у раннеспелых сортов проявлялась в сохранении крупности зерновки при стрессе, а у сортов позднеспелой группы - сохранении фертильности колосков. Сорты риса среднеспелой группы имели низкие показатели стерильности колосков в сравнении с другими группами спелости, однако их реакция на температурный стресс была выше относительно

растений позднеспелой группы.

Отмечено, что при повышении температуры воздуха в период цветения у большинства исследуемых образцов риса увеличивалось количество стерильных колосков и снижалась масса зерновки. Однако имелись адаптивные к стрессу генотипы, которые в условиях воздействия высоких температур воздуха сохраняли свои показатели по хозяйственно-ценным признакам.

Выделено 17 наиболее перспективных ген-источников риса, толерантных к воздействию высокой температуры в период цветения: № 04811 (Cerere / Италия), № 04831 (Sakmalc / Турция), № 04943 (Дигаллоид лс-100/320 / Россия), № 7979 (Irat B* Dourado / Заир), № 62-06 (Weliyon-77 / Индия), № 24-07 (AA 1366/06 PSB Rc28 / Филиппины), № 55-07 (AA 30833/06 IR BB 53 / Филиппины), № 109-07 (Tatsumi – mochi / Япония), № 251-08 (ПВ - 1 IR 74 506 - 28... / Филиппины), № 137-09 (WJ - 1 / Вьетнам), № 151-09 (WJ - 17 / Вьетнам), № 186-09 (IRLON PSB Rc 4 / Филиппины), № 239-09 (Sakna 101 / Египет), № 220-11 (Chaite 6 / Непал), № 240-12 (AA34061/2011 Mi Lyang 54 / Филиппины), № 24-13 (Yunjing 23 / Китай), № 84-01 (Saturn/ США), которые рекомендованы в качестве исходного материала для селекции на адаптивность к внешним стрессорам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюба, В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных/ В. А. Дзюба// Методические рекомендации. - Краснодар, 2007. - 76 с.
2. Arshad, M. S. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice/ M. S. Arshad, M. Farooq, F. Asch, J. S. Krishna, et al.// Plant Physiology and Biochemistry. – 2017. – V. 115. – P. 57-72.
3. Baker, J. T. Response of rice to carbon dioxide and temperature/ J. T. Baker, L. H. Allen Jr, K. J. Boote // Agricultural and Forest Meteorology. - 1992. - № 3-4 (60). - P. 153-166.
4. Kobata, T. High risk of the formation of milky white rice kernels in cultivars with higher potential grain growth rate under elevated temperatures/ T. Kobata, N. Miya, N. T. Anh //Plant production science. – 2011. – № 4 (14). – P. 359-364.

5. Kobata, T. High temperatures during the grain-filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice/ T. Kobata, N. Uemuki // *Agronomy Journal*. - 2004. - № 2 (96). - P. 406-414
6. Kostylev, P.I. Upland rice breeding for drought tolerance (review)/ P.I. Kostylev, A. A. Aksenov // *Grain Economy of Russia*. - 2021. - P. 15-22.
7. Krishnan, P. High-Temperature Effects on Rice Growth, Yield, and Grain Quality/ P. Krishnan, B. Ramakrishnan, K. R. Reddy, V. R. Reddy // *Advances in Agronomy*. - 2011.- № 111. - P. 87-206.
8. Mardita, S. Morphological Indices of Drought Tolerant of Some Paddy Varieties (*Oryza sativa* L.) In West Sumatera Using Standard Evaluation System (SES) For Rice / *Bioscience*. - 2018.- V.3 (1). - P. 60 - 68. DOI: <https://doi.org/10.24036/0201931103278-0-00>
9. Parry, M. L. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC / M. L. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. Van der Linden, C. Hanson // Cambridge University Press. - 2007. - 982 p.
10. Tian, X. H. High temperature stress on rice anthesis: research progress and prospects/ X. H. Tian, M. Tsutomu, S. H. Li, J. C. Lin // *Ying Yong Sheng tai xue bao The Journal of Applied Ecology*. - 2007. - № 11 (18). - P. 2632-2636.
11. Xie, X. J. High temperature harm at flowering in Yangtze River basin in recent 55 years/ X. J. Xie, B. B. Li, Y. X. Li, S. H. Shen // *Jiangsu J. Agric. Sci.* - 2009. - V. 25. P. 28-32.

REFERENCES

1. Dzyuba, V.A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data / V.A. Dzyuba // *Methodological guidelines*. - Krasnodar. - 2007. - 76 p.
2. Arshad, M. S. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice/ M. S. Arshad, M. Farooq, F. Asch, J. S. Krishna, et al.// *Plant Physiology and Biochemistry*. - 2017. - V. 115. - P. 57-72.
3. Baker, J. T. Response of rice to carbon dioxide and temperature/ J. T. Baker, L. H. Allen Jr, K. J. Boote // *Agricultural and Forest Meteorology*. - 1992. - № 3-4 (60). - P. 153-166.
4. Kobata, T. High risk of the formation of milky white rice kernels in cultivars with higher potential grain growth rate under elevated temperatures/ T. Kobata, N. Miya, N. T. Anh // *Plant production science*. - 2011. - № 4 (14). - P. 359-364.
5. Kobata, T. High temperatures during the grain-filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice/ T. Kobata, N. Uemuki // *Agronomy Journal*. - 2004. - № 2 (96). - P. 406-414
6. Kostylev, P.I. Upland rice breeding for drought tolerance (review)/ P.I. Kostylev, A. A. Aksenov // *Grain Economy of Russia*. - 2021. - P. 15-22.
7. Krishnan, P. High-Temperature Effects on Rice Growth, Yield, and Grain Quality/ P. Krishnan, B. Ramakrishnan, K. R. Reddy, V. R. Reddy // *Advances in Agronomy*. - 2011.- № 111. - P. 87-206.
8. Mardita, S. Morphological Indices of Drought Tolerant of Some Paddy Varieties (*Oryza sativa* L.) In West Sumatera Using Standard Evaluation System (SES) For Rice / *Bioscience*. - 2018.- V.3 (1). - 60- 68. DOI: <https://doi.org/10.24036/0201931103278-0-00>
9. Parry, M. L. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC / M. L. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. Van der Linden, C. Hanson, Cambridge University Press. - 2007. - 982 p.
10. Tian, X. H. High temperature stress on rice anthesis: research progress and prospects/ X. H. Tian, M. Tsutomu, S. H. Li, J. C. Lin // *Ying Yong Sheng tai xue bao The Journal of Applied Ecology*. - 2007. - № 11 (18). - P. 2632-2636.
11. Xie, X. J. High temperature harm at flowering in Yangtze River basin in recent 55 years/ X. J. Xie, B. B. Li, Y. X. Li, S. H. Shen // *Jiangsu J. Agric. Sci.* - 2009. - V. 25. P. 28-32.

Семен Александрович Юрченко

Аспирант, научный сотрудник группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур»,
E-mail: mr.senya.yurchenko@mail.ru

Semyon Alexandrovich Yurchenko

Post-graduate student of the USU group «Collection of genetic resources of rice, vegetables and melons»
E-mail: mr.senya.yurchenko@mail.ru

Татьяна Леонидовна Коротенко

Руководитель группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса, овощных и бахчевых культур», ведущий научный сотрудник отдела селекции
E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

Tatiana Leonidovna 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

Все: ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, Россия, Краснодар, пос. 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 10.33775/1684-2464-2022-55-2-28-33
УДК 633.18: 631.527

Какунзе А. Ш., аспирант,
Жилина М. В., канд. с.-х. наук,
Зеленский Г. Л., д-р с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

КАЧЕСТВО СЕМЯН И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗНОТИПНЫХ СОРТОВ РИСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА ЗАТОПЛЕНИЯ

В вегетационном опыте при выращивании в лизиметрах с различными режимами затопления изучены пять разнотипных сортов риса. Вариантами водного режима были уровни воды: 5, 15 и 20 см. Цель исследования – определить сорта, которые следует использовать в качестве исходного материала для селекции на адаптивность к условиям разного уровня затопления. В задачи входило определение посевных качеств семян, продуктивности растений сортов риса и корреляционных связей показателей продуктивности в различных условиях выращивания. По результатам трехлетнего изучения установлено, что водный режим мало влияет на посевные качества семян изученных сортов. Высококачественные семена сформировались во всех вариантах опыта. С увеличением слоя воды с 5 до 20 см продуктивная кустистость растений изученных сортов снижалась, за исключением сорта Олимп. Наибольшее количество выполненного зерна и масса метелки сформировались у сортов Рапан, Атлант и Олимп при слое воды 15 см, а у сортов Азовский и Хазар – при 20 см. Между этими признаками установлена высокая корреляционная связь ($r > 0,9$) во всех вариантах опыта. Минимальные значения индекса OMS получены у сортов Атлант и Хазар, что свидетельствует об их высокой индивидуальной продуктивности. Эти сорта рекомендуются в качестве исходного материала при селекции риса для экологически безопасных технологий.

Ключевые слова: рис, сорт, водный режим, индекс OMS, экологически безопасные технологии.

SEED QUALITY AND PRODUCTIVITY OF DIFFERENT TYPES OF RICE VARIETIES UNDER DIFFERENT FLOODING REGIMES

Five different types of rice varieties were studied in a vegetative experiment when growing in lysimeters with different flooding regimes. Variants of the water regime were water levels: 5 cm, 15 cm and 20 cm. The purpose of the study is to determine the varieties that should be used as starting material for breeding for adaptability to conditions of different levels of flooding. The tasks included determining the sowing qualities of seeds, the productivity of plants of rice varieties and the correlations of productivity indicators in various growing conditions. Based on the results of a three-year study, it was found that the water regime has little effect on the sowing qualities of the seeds of the studied varieties. High-quality seeds were formed in all variants of the experiment. With an increase in the water layer from 5 to 20 cm, the productive bushiness of plants of the studied varieties decreased, the exception being the variety Olymp. The largest amount of filled grain and the mass of the panicle were formed in the varieties Rapan, Atlant and Olymp with a water layer of 15 cm, and in the varieties Azovsky and Khazar the same was found at 20 cm water layer. The minimum values of the OMS index were obtained for the varieties Atlant and Khazar, which indicates their high individual productivity. These varieties are recommended as starting material for rice breeding for environmentally friendly technologies.

Keywords: rice, variety, water regime, OMS index, environmentally friendly technologies

Введение

Рис является одной из наиболее значимых продовольственных культур, часто используется как ценный диетический и лечебный продукт [2, 7, 12, 14, 15]. Эта культура выращивается в различных географических регионах и экологических условиях, поэтому требует гибкого подхода к агротехнике [4, 15, 19].

Учитывая гидрофильную природу риса, затопление чеков способствует экологичности его выращивания [1, 3]. Повышенный уровень воды на чеках требует и адаптации сортов к таким условиям [11, 14, 21]. Растение риса обладает низкой всасываю-

щей способностью, что объясняет необходимость его выращивания при постоянном обеспечении водой [1, 7]. Затопление создает лучшие условия для развития риса. При этом слой воды сдерживает образование большого числа вторичных стеблей, что позволяет получать более качественные семена, не снижая урожая зерна [9, 14]. При затоплении сельскохозяйственных культур, таких как рис, вода является естественным гербицидом, подавляя рост и развитие многих сорняков [12, 15, 16, 20]. Изучение реакции сортов риса на затопление и выделение лучших для выращивания по безгербицидным технологиям является актуальной задачей.

Продуктивность сельскохозяйственных культур тесно связана с интенсивностью фотосинтеза. Разработан метод оценки продуктивности растений риса образцов с различной архитектоникой листового аппарата с использованием показателя OMS, который отражает соотношение массы зерна с метелки и площади двух верхних листьев [5, 12].

Цель исследований

Изучить реакцию сортов риса на уровень затопления водой в период вегетации, определить влияния режима орошения на качество семян и продуктивность растений разнотипных сортов риса.

Материалы и методы

Материалом для исследований служили сорта риса: скороспелый Азовский, среднеспелые Атлант и Хазар, среднепозднеспелый Олимп. Стандартом взят сорт Рапан. Растения риса выращивали в лизиметрах на вегетационной площадке Кубанского ГАУ в 2019-2021 гг. После посева почву увлажняли, а с появлением coleoptiles устанавливали постоянный режим затопления – 5 см, 15 см и 20 см. Этот слой воды поддерживали до созревания растений. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, измеряли темп роста растений. В фазе выметыва-

ния определяли размеры и площадь листьев для определения индекса продуктивности растений (OMS). Работу выполняли в соответствии с ранее описанной методикой [12]. Индекс OMS показывает, сколько единиц площади флагового и подфлагового листьев работает на образование единицы массы зерна. Доказано, что чем меньше числовое значение OMS, тем продуктивнее растение, так как на образование единицы масс зерна работает наименьшая площадь листа [5, 13].

Изучение посевных качеств семян проводили в лабораторных условиях по общепринятой методике [10].

Результаты и обсуждение

Урожайные и посевные качества семян зависят не только от их генетической основы, но и от условий формирования материнских растений [7]. Результаты проведенного исследования показывают, что водный режим оказывает определенное влияние на рост, развитие растений сортов риса и формирование их семян. Наиболее крупные семена сформировались у сортов Азовский и Рапан при слое воды 15 см, а у сортов Хазар и Олимп – при 20 см. У сорта Атлант масса 1000 зерен оказалась практически одинаковой во всех вариантах опыта (табл. 1).

Таблица 1. Качество семян при различных режимах затопления – 5, 10, 15 см, (2019-2021 гг.)

Сорт	Масса 1000 зерен, г			Всхожесть, %			Энергия прорастания, %		
	5	15	20	5	15	20	5	15	20
Рапан (st)	23,6	24,4	23,9	89,3	95,5	93,0	88,8	84,5	98,0
Азовский	24,11	27,9	24,9	96,7	94,0	89,5	93,0	80,5	84,0*
Атлант	23,0	23,7	23,9	95,5	98,7*	97,0	93,8	88,3	97,5
Хазар	25,9	24,8	28,9*	95,5	96,5	95,5	97,2	93,8*	99,0
Олимп	22,7	22,6	24,0	96,8	97,5	97,5	97,7*	93,8*	98,0
НСР ₀₅	3,28	3,98	2,38	9,9	2,9	5,67	8,54	7,65	11,05

Примечание: * - значимые отклонения от стандарта

Как видно из данных таблицы 1, энергия прорастания большинства сортов оказалась лучшей у семян растений, выращенных при слое 20 см. Лишь у сорта Азовский наиболее высокий показатель по энергии прорастания получился при слое воды 5 см. По всхожести семена изученных сортов во всех вариантах опыта имели высокие показатели, независимо от водного режима.

Опыты показали, что реакция на уровень затопления сортов риса по элементам продуктивности проявлялась по-разному. Если продуктивная кустистость практически у всех сортов уменьшалась с увеличением слоя воды, то по количеству выполненных зерновок в метелках и пустозерности на-

блюдались заметные различия (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, наибольшее количество выполненных зерен у сортов Рапан, Атлант и Олимп сформировалось при слое воды 15 см, а у сортов Азовский и Хазар – при 20 см. Физиологи объясняют это явление действием пониженной температуры в зоне узла кущения. При таком уровне затопления, по сравнению с 5 см, процесс дифференциации зачаточной метелки удлиняется и в результате закладывается больше колосков [1, 17, 18]. Что касается пустозерности, наименьшие показатели по этому признаку получились у сортов Рапан и Хазар (8-9 %) при слое 15 см, а у сорта Атлант (9 %) – при 20 см.

Таблица 2. Влияние слоя воды 5, 15 и 20 см на развитие растений сортов риса, (2019-2021 гг.)

Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт.			Количество выполненного зерна, шт.			Пустозерность, %		
	5	15	20	5	15	20	5	15	20
Рапан	2	2	1	135	166	159	13	8	16
Азовский	2	2	1	109	123*	153	20	14*	21*
Атлант	1	1	1	138	181	146	11	10	9*
Хазар	2	2	1	149	157	195*	16	9	10*
Олимп	2	2	2	119	197	154	16	14*	29*
НСР ₀₅				41	41	24	8	6	5

Примечание: * - значимые отклонения от стандарта

Площадь листьев является важным признаком для формирования продуктивности и устойчивости к затоплению [5, 13, 14]. Анализ продуктивности сортов с использованием коэффициента хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) и индекса OMS, которые основаны на формировании урожая относительно биомассы растения, показал заметные различия между изученными сортами риса (табл. 3), [5, 9, 11].

В таблице 3 показаны средние значения массы зерна с метелки, $K_{хоз}$ % и индекса OMS за три года при различных условиях затопления. Индекс OMS показывает, сколько единиц площади флагового и подфлагового листьев работает на образование единицы массы зерна. Чем меньше числовое значение OMS, тем продуктивнее растение, так как на образование единицы массы зерна работает меньшая площадь листа [5, 11].

Таблица 3. Продуктивность изучаемых сортов при различных режимах затопления – 5, 15, 20 см, (2019-2021)

Сорт	Масса зерна с метелки, г			$K_{хоз}$, %			OMS, см ² /г		
	5	15	20	5	15	20	5	15	20
Рапан	3,29	4,11	4,07	57,1	59,3	51,3	23,4	21,3	24,3
Азовский	2,81	3,36*	3,93	51,5	57,9	57,3	24,6	19,5	25,3
Атлант	3,25	4,42	4,40*	47,8*	55,8*	56,4	23,3	16,6*	15,0*
Хазар	4,01	4,07	5,17*	55,1	59,5	58,4	16,0*	17,0*	18,6*
Олимп	2,93	4,62	4,06	45,4*	56,7	50,5	23,8	20,0	24,1
НСР ₀₅	1,03	0,72	0,26	8,0	2,8	7,5	6,1	3,2	4,1

Примечание: * - значимые отклонения от стандарта

Анализ результатов, приведенных в таблице 3, показывает, что сорта Атлант и Хазар имеют низкие значения OMS – 15,0 см²/г и 18,6 см²/г в слое воды 20 см и 16,6 см²/г и 17,0 см²/г при затоплении слоем 15 см соответственно. Это подтверждает высокую продуктивность и эффективную работу листьев этих сортов. Хорошие показатели OMS получены у сортов Азовский (19,5 см²/г) и Олимп (20,0 см²/г) при слое воды 15 см.

Ранее показано, что растения этих сортов способны быстро расти и хорошо развиваться при высоком уровне воды [6, 7, 8].

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что в изученных условиях показатели продуктивности сортов риса тесно коррелируют. Усредненные данные коэффициента корреляции представлены в таблице 4.

Таблица 4. Корреляция показателей продуктивности сортов риса в зависимости от режима затопления 2019–2021 гг.

Показатель	Слой воды, см	Длина метелки, см	Масса зерна с метелки, г	Количество выполненного зерна на метелке, шт.	$K_{хоз}$ %	OMS
Масса зерна с метелки, г	5	0,780**	-			
	15	0,852**				
	20	0,604**				

Продолжение таблицы 4

Показатель	Слой воды, см	Длина метелки, см	Масса зерна с метелки, г	Количество выполненного зерна на метелке, шт.	K _{хоз} %	OMS
Количество выполненного зерна на метелке, шт.	5 см	0,695**	0,910**	-		
	15	0,841**	0,925**			
	20	0,550**	0,923**			
K _{хоз} , %	5	0,505**	0,521**	0,0401**	-	
	15	-0,014	0,065	-0,023		
	20	0,274	0,454**	0,336*		
OMS, см ² /г	5	-0,505**	-0,595**	-0,368**	-0,532**	-
	15	-0,379**	-0,434**	-0,338*	-0,090	
	20	-0,317*	-0,591**	-0,534**	-0,189	

Примечание: ** - корреляция значима на уровне 0.01, * - корреляция значима на уровне 0.05

Максимальные значения коэффициента корреляции ($r > 0,9$) получены между массой зерна с метелки и количеством выполненного зерен в метелке при всех режимах орошения.

Выводы

Изученные сорта риса показали хорошую отзыв-

чивость на повышение слоя воды. Лучшими по продуктивности при слое воды 20 см оказались сорта Атлант, Хазар, а при 15 см – Азовский и Олимп. Эти сорта могут быть использованы в качестве исходного материала для создания новых сортов риса, адаптированных к условиям затопления.

ЛИТЕРАТУРА

- Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 206 с.
- Зеленский, Г. Л. Почему крупа риса является диетическим и лечебным продуктом / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ. – 2010. – 27 с.
- Зеленский, Г.Л. Морфо-биологическое обоснование агротехники риса [Электронный ресурс] / Г.Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №03(077). – С. 1158 – 1193. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/98.pdf> (Дата обращения: 20.04.2022).
- Зеленский, Г.Л., Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 238 с.
- Зеленский, Г. Л. Новый метод оценки растений риса при селекции на повышение продуктивности / Г. Л. Зеленский, М. В. Шаталова, А. Г. Зеленский // Рисоводство. – 2018. – № 1. – С. 15-18.
- Зеленский, Г. Л. Реакция среднеспелых сортов риса на уровень затопления / Г. Л. Зеленский, А. Ш. Какунзе // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам III Международной конференции. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ – 2019. – С. 6-7.
- Зеленский, Г. Л. Рис: от растения до диетического продукта / Г. Л. Зеленский, О. В. Зеленская – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 271 с
- Какунзе, А.Ш. Рост и развитие раннеспелых и позднеспелых сортов риса в разных режимах затопления [Электронный ресурс] / А. Ш. Какунзе, Г. Л. Зеленский, М. В. Жилина // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №08(162). – С. 201-211. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-162-013>.
- Скаженник, М.А. Уборочный индекс и его связь с формированием урожайности и элементами структуры урожая сортов риса / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев, А.Ч. Уджуху, И.В. Балясный // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 2. – С. 29-31.
- Сметанин, А.П. Методика опытных работ селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян / А.П. Сметанин, В.А. Дзюба, А.И. Аprod. – Краснодар, 1972. – 156 с.
- Харитонов, Е.М. Система рисоводства Краснодарского края: Рекомендации / Под общ. ред. Харитонova Е.М. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
- Шаталова, М. В. Способ отбора наиболее продуктивных образцов риса / М.В. Шаталова, Г. Л. Зеленский, А. Ю. Жилин // Патент РФ на изобретение № 2637366 от 04. 12.2017, с приоритетом изобретения 14 июля 2016 г.
- Шаталова, М.В., Использование показателя OMS при отборе высокопродуктивных форм риса / М.В. Шаталова, Г.Л. Зеленский // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса, по итогам НИР за 2015 год, 2016. – С. 39-41.
- Ahmed, F. The addition of submergence-tolerant Sub1 gene into high yielding MR219 rice variety and analysis of its BC2F3 population in terms of yield and yield contributing characters to select advance lines as a variety / F. Ahmed, M. Y. Rafii, M. R. Ismail, A. S. Juraimi, H.A. Rahim, M. A. Latif, M.M. Hasan, F.A. Tanweer // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2016. – V. 30:5. – P. 853-863, DOI: 10.1080/13102818.2016.1192959
- Ali, N. Different approaches in direct seeded rice system to avert weed infestation / N. Ali, S. Durrani, M. Abbas, I. Ullah, M. Ishfaq, N. Akbar, A. Rehman, A. Abdul Waheed // International Journal of Scientific & Engineering Research – 2018. – V. 9. – P. 1538-1558.
- Atique-ur-Rehman, N. World Rice Production: An Overview / N. Atique-ur-Rehman, N. Sarwar, S. Ahmad, M.A.

Khan, M. Hasanuzzaman // *Modern techniques of rice crop production*. Springer, Singapore, 2022. – V. 1. – P. 3-11. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4955-4_1

17. Datta, A. Water management in rice / A. Datta, H. Ullah, Z. Ferdous // *Rice production worldwide*. – Springer. Cham, 2017. – P. 255-277.

18. Kaspary, T. E. Snorkeling strategy: tolerance to flooding in rice and potential application for weed management / T. E. Kaspary, N. Roma-Burgos, A. Merotto // *Genes*. – 2020. – V. 11. – № 9. – P. 975.

19. Kato, Y. Increasing flooding tolerance in rice: combining tolerance of submergence and of stagnant flooding / Y. Kato, B. C. Y. Collard, E. M. Septiningsih, A. M. Ismail // *Annals of Botany*. – 2019. – V. 124. – № 7. – P. 1199-1209.

20. Kuanar, S. R. Physiological basis of stagnant flooding tolerance in rice / S. R. Kuanar, A. Ray, S.R. Sethi, K. Chattopadhyay // *Rice Science*. – 2017. – V. 24. – № 2. – P. 73-84.

21. Miro, B. Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.) / B. Miro, A. M. Ismail // *Frontiers in plant science*. – 2013. – V. 4. – P. 269.

22. Panda, D. Flooding tolerance in rice: Focus on mechanisms and approaches / D. Panda, J. Barik // *Rice Science*, 2021. – V. 28. – № 1. – P. 43-57. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2020.11.006>

23. Raj, S. K. Weed management in direct seeded rice: A review / S. K. Raj, E. K. Syriac // *Agricultural Reviews*, 2017. – V. 38. – № 1. – P. 41-50.

REFERENCES

1. Erygin, P. S. Rice physiology / P. S. Erygin. – M.: Kolos, 1981. – 206 p.

2. Zelensky, G. L. Why milled rice is a dietary and medicinal product / G. L. Zelensky. – Krasnodar: KubSAU. – 2010. – 27 p.

3. Zelensky, G.L. Morpho-biological substantiation of rice agrotechnics [Electronic resource] / G.L. Zelensky // *Scientific journal of KubSAU*. – Krasnodar: KubSAU, 2012. – № 03 (077). – P. 1158 - 1193. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/98.pdf> (Date of access: 04/20/2022).

4. Zelensky, G.L. Rice: biological foundations of breeding and agricultural technology: monograph / G.L. Zelensky. – Krasnodar: KubSAU, 2016. – 238 p.

5. Zelensky, G. L. A new method for evaluating rice plants in breeding for increasing productivity / G. L. Zelensky, M. V. Shatalova, A. G. Zelensky // *Rice growing*. – 2018. – № 1. – P. 15-18.

6. Zelensky, G. L. Response of mid-ripening rice varieties to the level of flooding / G. L. Zelensky, A. Sh. Kakunze // *Institutional transformations of the agro-industrial complex of Russia in the context of global challenges. / Collection of abstracts based on materials of the III International Conference. Resp. for the issue - A.G. Koshchayev*. // Krasnodar: KubSAU – 2019. – P. 6-7.

7. Zelensky, G. L. Rice: from a plant to a dietary product / G. L. Zelensky, O. V. Zelenskaya - Krasnodar: KubSAU, 2022. – 271 p.

8. Kakunze, A.Sh. Growth and development of early-ripening and late-ripening rice varieties in different flooding regimes [Electronic resource] / A. Sh. Kakunze, G. L. Zelensky, M. V. Zhilina // *Scientific journal of KubSAU*. – Krasnodar: KubSAU, 2020. – № 08 (162). – P. 201-211. DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-162-013>.

9. Skazhennik, M.A. Harvesting index and its connection with the yield formation and elements of yield structure of rice varieties / M.A. Skazhennik, N.V. Vorobyov, V.S. Kovalev, A.Ch. Udzhuhu, I.V. Balyasny // *Achievements of Science and Technology of AIC2017*. – V. 31. – № 2. – P. 29-31.

10. Kharitonov, E.M. Rice growing system of Krasnodar region: Recommendations / under editorship of E.M. Kharitonov - Krasnodar: All-Russian Rice Research Institute, 2005. – 340 p.

11. Shatalova, M.V., Use of the OMS indicator in the selection of highly productive rice forms o / M.V. Shatalova, G.L. Zelensky // *In the collection: Scientific support of the agro-industrial complex, based on the results of research for 2015, 2016*. – P. 39-41.

12. Shatalova, M.V. Method of selection of the most productive samples of rice / M.V. Shatalova, G. L. Zelensky, A. Yu. Zhilin // *Patent of the Russian Federation for the invention № 2637366 dated 04.12.2017, with the priority of the invention on July 14, 2016*

13. Shatalova, M.V. Using the OMS indicator in the selection of highly productive forms of rice / M.V. Shatalova, G.L. Zelensky // *In the collection: Scientific support of the agro-industrial complex, based on the results of research for 2015 year, 2016*. – P. 39-41.

14. Ahmed, F. The addition of submergence-tolerant Sub1 gene into high yielding MR219 rice variety and analysis of its BC2F3 population in terms of yield and yield contributing characters to select advance lines as a variety / F. Ahmed, M. Y. Rafii, M. R. Ismail, A. S. Juraimi, H.A. Rahim, M. A. Latif, M.M. Hasan, F.A. Tanweer // *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2016. – V. 30:5. – P. 853-863, DOI: 10.1080/13102818.2016.1192959

15. Ali, N. Different approaches in direct seeded rice system to avert weed infestation / N. Ali, S. Durrani, M. Abbas, I. Ullah, M. Ishfaq, N. Akbar, A. Rehman, A. Abdul Waheed // *International Journal of Scientific & Engineering Research* – 2018. – V. 9. – P. 1538-1558.

16. Atique-ur-Rehman, N. World Rice Production: An Overview / N. Atique-ur-Rehman, N. Sarwar, S. Ahmad, M.A. Khan, M. Hasanuzzaman // *Modern techniques of rice crop production*. Springer, Singapore, 2022. – V. 1. – P. 3-11. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4955-4_1

17. Datta, A. Water management in rice / A. Datta, H. Ullah, Z. Ferdous // *Rice production worldwide*. – Springer. Cham, 2017. – P. 255-277.

18. Kaspary, T. E. Snorkeling strategy: tolerance to flooding in rice and potential application for weed management / T. E. Kaspary, N. Roma-Burgos, A. Merotto // *Genes*. – 2020. – V. 11. – № 9. – P. 975.

19. Kato, Y. Increasing flooding tolerance in rice: combining tolerance of submergence and of stagnant flooding / Y. Kato, B. C. Y. Collard, E. M. Septiningsih, A. M. Ismail // *Annals of Botany*. – 2019. – V. 124. – № 7. – P. 1199-1209.
20. Kuanar, S. R. Physiological basis of stagnant flooding tolerance in rice / S. R. Kuanar, A. Ray, S.R. Sethi, K. Chattopadhyay // *Rice Science*. – 2017. – V. 24. – № 2. – P. 73-84.
21. Miro, B. Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.) / B. Miro, A. M. Ismail // *Frontiers in plant science*. – 2013. – V. 4. – P. 269.
22. Panda, D. Flooding tolerance in rice: Focus on mechanisms and approaches / D. Panda, J. Barik // *Rice Science*, 2021. – V. 28. – № 1. – P. 43-57. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2020.11.006>
23. Raj, S. K. Weed management in direct seeded rice: A review / S. K. Raj, E. K. Syriac // *Agricultural Reviews*, 2017. – V. 38. – № 1. – P. 41-50.

Ален Шарль Какунзе

Аспирант кафедры генетики,
селекции и семеноводства

Alain Charles Kakunze

Postgraduate Student of the department of genetics,
breeding and seed production

Мария Васильевна Жилина

Ассистент кафедры генетики,
селекции и семеноводства

Maria Vasilyevna Zhilina

Assistant of the department of genetics,
breeding and seed production

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

All: Federal State Budgetary Education Institution
of Higher Education «Kuban Agrarian University
named I.T. Trubilin»
13, Kalinina st., Krasnodar, 350044, Russia

Григорий Леонидович Зеленский

Главный научный сотрудник отдела селекции
E-mail: zelensky08@mail.ru

Grigory Leonidovich Zelensky

Chief researcher of the breeding department
E-mail: zelensky08@mail.ru

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-34-37
УДК: 581.293.8.:633.18

Брагина О.А., канд. биол. наук
г. Краснодар, Россия

УГЛЕВОДЫ В ИММУНИТЕТЕ РАСТЕНИЙ РИСА

Пирикулярриоз риса является наиболее вредоносным заболеванием в большинстве регионов возделывания этой культуры. Однако, созданию эффективных мер защиты препятствуют многочисленные трудности, связанные с недостатком знаний о физиологии патогенеза и механизмах устойчивости растений к заболеванию. Сахара представляют собой основной субстрат, обеспечивающий энергию и структурный материал для защитных реакций у растений, при этом они также могут действовать как сигнальные молекулы, взаимодействующие с гормональной сигнальной сетью, регулирующей иммунную систему растения. Что, касается их роли в иммунитете растений, необходимо определить, могут ли углеводы быть полезны в борьбе с болезнями растений в полевых условиях. В связи с этим цель наших исследований заключалась в изучении взаимосвязей между устойчивостью/восприимчивостью сортов риса к возбудителю *Pyricularia oryzae* и содержанием углеводов. Были проведены эксперименты на шести сортах риса, демонстрирующих различные типы устойчивости к возбудителю пирикулярриоза и содержанию углеводов, и их возможной роли в качестве индукторов резистентности. Был выявлен тип реакции сортов риса к заболеванию по методике IRRI. Определено содержание углеводов в стеблях риса колориметрическим методом с антроном. Расчет содержания растворимых углеводов и крахмала проводили по калибровочной кривой, построенной по глюкозе. Достоверных связей между содержанием неструктурных углеводов и устойчивостью к пирикулярриозу риса обнаружено не было.

Ключевые слова: углеводы, пирикулярриоз риса, сорт, устойчивость, патоген

CARBOHYDRATES IN THE IMMUNITY OF RICE PLANTS

Rice blast is the most harmful disease in most regions of rice cultivation. However, the creation of effective protection measures is hampered by numerous difficulties associated with a lack of knowledge about the physiology of pathogenesis and the mechanisms of plant resistance to the disease. Sugars are the main substrate providing energy and structural material for plant defense responses, but they can also act as signaling molecules interacting with the hormonal signaling network that regulates the plant's immune system. As regards their role in plant immunity, it is necessary to determine whether carbohydrates can be useful in controlling plant diseases in the field. In this regard, the purpose of our research was to study the relationship between resistance/susceptibility of rice varieties to the pathogen *Pyricularia oryzae* and carbohydrate content. Experiments were carried out on six varieties of rice demonstrating different types of resistance to the blast pathogen and carbohydrate content, and their possible role as resistance inducers. The type of reaction of rice varieties to the disease was identified according to the IRRI method. The content of carbohydrates in rice stalks was determined by the colorimetric method with anthrone. Calculation of the content of soluble carbohydrates and starch was carried out according to the calibration curve, built on glucose. Significant relationships between the content of non-structural carbohydrates and rice blast resistance were not found.

Keywords: carbohydrates, rice blast, variety, resistance, pathogen

Введение

Распределение углеводов, процесс ассимиляции, транспортировки и распределения сахаров из исходных листьев в ткани поглотителя такие, как цветы, стебли и корни, имеет основополагающее значение для роста и развития растений [1,2]. Кроме того, этот процесс имеет решающее значение для устойчивости растений к абиотическому и биотическому стрессу. Существует несколько гипотез для объяснения механизмов «резистентности с высоким содержанием сахара» [3, 6, 10-11]. Чтобы противодействовать стрессовым изменениям и успешно расти, большинство растений запускают механизмы устойчивости к стрессовым условиям путем перепрограммирования метаболизма и экспрессии генов и достижения нового равновесия

между развитием и защитой [16]. В то же время были предприняты попытки обсудить роль уровня сахара в устойчивости к абиотическим стрессам. На основании результатов экологических и агрономических исследований было установлено, что существует тесная связь между концентрацией растворимого сахара и стрессоустойчивостью [4, 7, 8, 14].

Так же считается, что, существует целый ряд питательных веществ, которые патоген получает от своего хозяина, некоторые из наиболее важных – это углеводы, преимущественно в форме глюкозы или фруктозы [15]. Поэтому между этими растениями и патогенными микроорганизмами постоянно происходит борьба за эти важные сахара. Высокий уровень сахара не всегда стимулирует

иммунную систему растений, а вызывает развитие патогенных грибов (так называемые болезни с высоким содержанием сахара) [5, 13]. У большинства видов сельскохозяйственных растений, сахар повышает устойчивость. В настоящее время, очевидно, что многие патогены используют общую стратегию узурпации переносчиков сахара-хозяина для получения углеводных ресурсов, будь то в виде гексоз или сахарозы, и изменения клеточного сахарного гомеостаза. В настоящее время, бесспорно, что углеводы играют роль в иммунитете растений. Однако их реальное значение во взаимодействиях растений и микробов все еще остается частично неизвестным из-за высокой сложности задействованных механизмов [17].

Цель исследований

Изучить взаимосвязь резистентности содержания углеводов на сортах риса с различной устойчивостью к возбудителю *Pyricularia oryzae*.

Материалы и методы

В ЭСОС «Красная» в 2021 г. на шести сортах риса (Рапан, Наутилус, Партнёр, Визит, Казачок-4, Фаворит) проводили оценку устойчивости растений к поражению патогеном пирикулярриоза на есте-

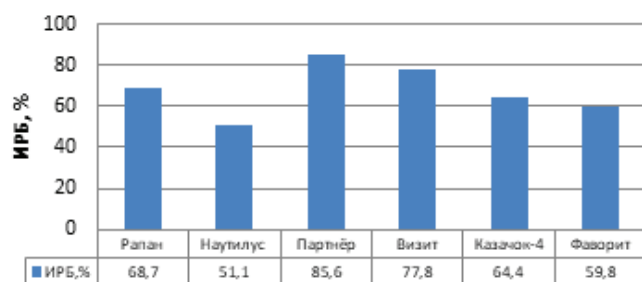


Рисунок 1. Интенсивность развития пирикулярриоза на сортах риса

Реакция сортов риса на устойчивость к пирикулярриозу интенсивности была неоднозначной: показатель интенсивности развития болезни (ИРБ) находился в пределах 51,1–85,6 %.

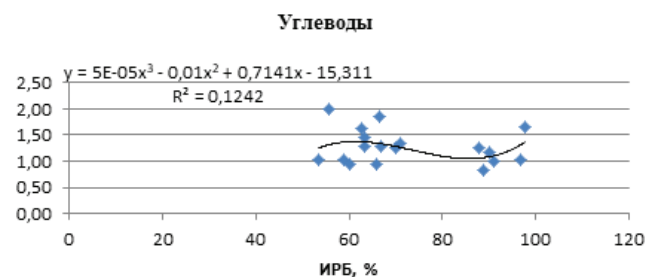


Рисунок 3. Связь содержания углеводов в растениях риса с устойчивостью к возбудителю *Pyricularia oryzae* Cav.

Содержанию углеводов у сорта Наутилус, который в опыте показал себя как более устойчивый

в собственном инфекционном фоне в фазы выметывания-цветения и налива зерна, по предшественнику люцерны 2-х лет. Сорта высевались селекционной сеялкой порционного типа, делянками площадью 10 м², на фоне минерального питания принятым хозяйством, в четырёхкратной повторности. Определяли устойчивость растений к заболеванию способом визуального осмотра всего растения по поражению листьев, узлов, стеблей и метелки и двум показателям: тип реакции (в баллах) и интенсивность поражения растений в %, по десятибалльной шкале Международного института риса [9]. Содержание углеводов в стеблях риса выполняли колориметрическим методом с антроном. Расчет содержания растворимых углеводов и крахмала проводили по калибровочной кривой, построенной по глюкозе [12].

Результаты и обсуждение

В ЭСОС «Красная» было изучено шесть сортов риса, демонстрирующих различные типы устойчивости к возбудителю *Pyricularia oryzae* в полевых условиях (рис. 1). В фазу цветения в стеблях риса было определено содержание неструктурных углеводов (рис. 2).

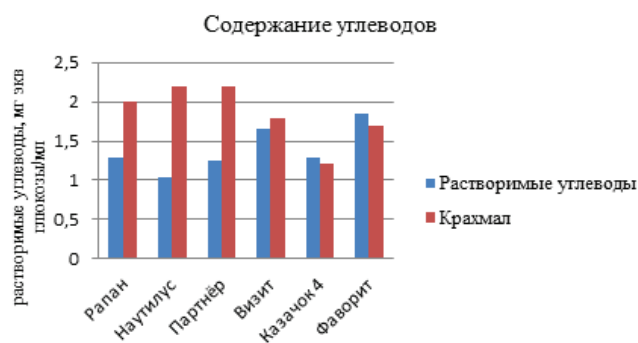


Рисунок 2. Содержание углеводов в стеблях риса в фазу цветения

сорт, было минимальным по сравнению с другими сортами, в особенности, сортом Визит, который в испытании проявил себя как очень восприимчивый. Не обнаружено устойчивых различий у сортов Рапан, Партнёр, Казачок-4 по содержанию углеводов. Большим количеством неструктурных углеводов отличался сорт Фаворит.

Связей между содержанием неструктурных углеводов и устойчивостью к пирикулярриозу риса не обнаружено.

Выводы

В настоящее время, бесспорно, что углеводы играют роль в иммунитете растений. Однако их реальное значение во взаимодействиях растений и патогена все еще остается неизвестным из-за высокой сложности задействованных механизмов и требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, Н.В. Особенности продукционного процесса риса (обзор) / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев, Т.С. Пшеницина // Рисоводство. – Краснодар, 2015 – №1-2. – С. 48-53.
2. Baker, R.F. Sweet as sugar: new sucrose effluxers in plants / R.F. Baker, K.A. Leach, D.M.Braun// Mol. Plant. – 2012. – №5. – P. 766–768.
3. Boller, T. Revival of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern recognition receptors / T. Boller, G. Felix // Anna. Rev. Plant Biol. – 2009. – № 60. – P. 379–406.
4. Bolouri-Moghaddam, M.R. Sugar signalling and antioxidant network connections in plant cells / M.R. Bolouri-Moghaddam, K.Le Roy, L. Xiang, F. Rolland, W. Van den Ende // FEBS J. – 2010. – №277. – P. 2022–2037.
5. Chen, L.Q. Sucrose efflux mediated by SWEET proteins as a key step for phloem transport / L.Q. Chen, X.Q. Qu, B.H. Hou, D. Sossio, S. Osorio, A.R. Fernie, W.B. Frommer // Science. – 2012. – № 335(6065). – P. 207–211.
6. Forlani, G. Differential in vitro responses of rice cultivars to Italian lineages of the blast pathogen *Pyricularia grisea* Aromatic biosynthesis // J. Plant Physiol. – 2010. – № 167. – P. 928–932.
7. Hayes, M.A. Involvement of abscisic acid in the coordinated regulation of a stress-inducible hexose transporter (VvHT5) and a cell wall invertase in grapevine in response to biotrophic fungal infection / M.A. Hayes, A. Feechan, I.B. Dry // Plant Physiol. – 2010. – № 153. – P. 211–221.
8. Hey, S.J. The interface between metabolic and stress signaling / S.J. Hey, E. Byrne, N.G. Halford// Ann Bot. – 2010. – № 105. – P. 197–203.
9. International Rice Research Institute (IRRI) // Standard evaluation system for rice. 4th.ed. IRRI – Manila, Phillipine. – 1996.
10. Kangasjärvi, S. Photosynthesis, photorespiration, and light signalling in defence responses / S. Kangasjärvi, J. Neukermans, S. Li, E.M. Aro, G. Noctor// J. Exp. Bot. – 2012. – № 63. – P.1619–1636.
11. Kazan, K. The interplay between light and jasmonatesignalling during defence and development / K. Kazan, J.M. Manners // J Exp Bot. – 2010. – № 62. – P.4087–4100.
12. Leyva, A. Rapid and sensitive anthrone-sulfuric acid assay in microplateformat to quantify carbohydrate in biopharmaceutical products: Method development and validation / A. Leyva, A.Quintana, M. Sanchez, E.N. Rodriguez, J. Cremata, J.C. Sanchez // Biologicals. – 2008. – № 36 – P. 134–141.
13. Li, T. High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice / T. Li, B. Liu, M.H. Spalding, D.P. Weeks, B. Yang // Nat Biotechnol. – 2012. – №30 (5). – P.390–397.
14. Rolland, F. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms / F. Rolland, E. Baena-Gonzalez, J. Sheen // Annu Rev. Plant Biol. – 2006. – № 57. – P. 675–709.
15. Talbot, N.J. Living the sweet life: How does a plant pathogenic fungus acquire sugar from plants? // PLoS Biol. – 2010. – P. 308–312.
16. Yu, S. OsWRKY72 gene overexpression interferes with abscisic acid signaling and auxin transport pathway Arabidopsis / S. Yu, C. Liang, Z. Liping, Y. Diqiu// J Biosci. – 2010. – № 35. – P. 459–471.
17. Zarbafi, S.S. An Overview of Rice QTLs Associated with Disease Resistance to Three Major Rice Diseases: Blast, Sheath Blight, and Bacterial Panicle Blight. / S.S. Zarbafi, J.H. Ham // Agronomy. – 2019. – № 9. – P. 177. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040177>

REFERENCES

1. Vorobyov, N.V. Features of the production process of rice (review) / N.V. Vorobyov, M.A. Skazhennik, V.S. Kovalev, T.S. Wheat // Rice growing. – 2015. – №1-2. – P. 48-53.
2. Baker, R.F. SWEETassugar: newsucroseeffluxersinplants / R.F. Baker, K.A. Leach, D.M.Braun// Mol. Plant. – 2012. – №5. – P. 766–768.
3. Boller, T. Revival of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern recognition receptors / T. Boller, G. Felix // Anna. Rev. Plant Biol. – 2009. – № 60. – P. 379–406.
4. Bolouri-Moghaddam, M.R. Sugar signalling and antioxidant network connections in plant cells / M.R. Bolouri-Moghaddam, K.Le Roy, L. Xiang, F. Rolland, W. Van den Ende // FEBS J. – 2010. – №277. – P. 2022–2037.
5. Chen, L.Q. Sucrose efflux mediated by SWEET proteins as a key step for phloem transport / L.Q. Chen, X.Q. Qu, B.H. Hou, D. Sossio, S. Osorio, A.R. Fernie, W.B. Frommer // Science. – 2012. – № 335(6065). – P. 207–211.
6. Forlani, G. Differential in vitro responses of rice cultivars to Italian lineages of the blast pathogen *Pyricularia grisea* Aromatic biosynthesis // J Plant Physiol. – 2010. – № 167. – P. 928–932.
7. Hayes, M.A. Involvement of abscisic acid in the coordinated regulation of a stress-inducible hexose transporter (VvHT5) and a cell wall invertase in grapevine in response to biotrophic fungal infection / M.A. Hayes, A. Feechan, I.B. Dry // Plant Physiol. – 2010. – № 153. – P. 211–221.
8. Hey, S.J. The interface between metabolic and stress signaling / S.J. Hey, E. Byrne, N.G. Halford// Ann Bot. – 2010. – № 105. – P. 197–203.
9. International Rice Research Institute (IRRI) // Standard evaluation system for rice. 4th.ed. IRRI – Manila, Phillipine. – 1996.
10. Kangasjärvi, S. Photosynthesis, photorespiration, and light signalling in defence responses / S.Kangasjärvi, J.Neukermans, S. Li, E.M.Aro, G.Noctor// J Exp Bot. – 2012. – № 63. – P.1619–1636.
11. Kazan, K. The interplay between light and jasmonatesignalling during defence and development / K. Kazan, J.M. Manners // J Exp Bot. – 2010. – № 62. – P.4087–4100.
12. Leyva, A. Rapid and sensitive anthrone-sulfuric acid assay in microplateformat to quantify carbohydrate in biopharmaceutical products: Method development and validation / A.Leyva, A.Quintana, M. Sanchez, E.N.Rodriguez,

J.Cremata, J.C.Sanchez // *Biologicals*. – 2008. – № 36 – P. 134-141.

13. Li, T. High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice / T. Li, B. Liu, M.H. Spalding, D.P. Weeks, B. Yang // *Nat Biotechnol*. – 2012. – №30 (5). – P.390-397.

14. Rolland, F. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms / F. Rolland, E. Baena-Gonzalez, J. Sheen // *Annu Rev. Plant Biol*. – 2006. – № 57. – P. 675–709.

15. Talbot, N.J. Living the sweet life: How does a plant pathogenic fungus acquire sugar from plants? // *PLoS Biol*. – 2010. – P. 308-312.

16. Yu, S. OsWRKY72 gene overexpression interferes with abscisic acid signaling and auxin transport pathway *Arabidopsis* / S. Yu, C. Liang, Z. Liping, Y. Diqiu // *J Biosci*. – 2010. – № 35. – P. 459–471.

17. Zarbafi, S.S. An Overview of Rice QTLs Associated with Disease Resistance to Three Major Rice Diseases: Blast, Sheath Blight, and Bacterial Panicle Blight. / S.S. Zarbafi, J.H. Ham // *Agronomy*. – 2019. – № 9. – P. 177. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040177>

Олеся Анатольевна Брагина

Старший научный сотрудник лаборатории
земледелия отдела технологии
возделывания риса
E-mail: olesya.bragina.1984@mail.ru

Olesya Anatolievna Bragina

Senior scientist, laboratory of agronomy,
rice technology division
E-mail: olesya.bragina.1984@mail.ru

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-38-44
УДК:633.18:581

Гончарова Ю.К., д-р биол. наук,
Харитонов Е.М., академик РАН, проф.,
Гапишко Н.И.,
Симонова В.В. канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

НАКОПЛЕНИЕ КАЛИЯ, КАЛЬЦИЯ И НАТРИЯ СОРТАМИ РИСА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Рис может быть источником кальция, магния, фосфора, селена, цинка, марганца, железа, калия, натрия в питании человека. Отмечено широкое варьирование по признаку содержание микро- и макроэлементов как между подвидами, так и внутри вида. Роль металлов в организме как человека, так и растений многообразна. Металлы принимают участие в ферментативном катализе, в процессах фотосинтеза и дыхания, передвижении продуктов фотосинтеза, регуляции водного режима растений, поддержании осмотического давления в клетках. Цель работы: определить содержание ионов калия, кальция, натрия у сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФГБНУ «ФНЦ риса». Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ($N_{120}P_{60}K_{60}$), густота стояния 10 растений на сосуд. Определение содержания металлов проводили на приборе Капель 105-М. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца. Подготовка проб для получения данных по содержанию катионов включала: отбор растительного материала (1 грамм образца), его гомогенизацию, фиксацию 10 % спиртом, выдержку в холодильнике 1 сутки, центрифугирование при 10-15 тыс. оборотах в минуту, отбор супернатанта в чистую 2 мл пробирку для проведения анализа. Количество вещества в образцах риса выражали в процентном соотношении на объем образца. Образцы риса отечественной селекции накапливали ионы различным образом. Содержание калия в образцах изменялось в пределах от 40 до 90 %. Источники по признаку сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт. Натрий накапливался в образцах риса в количестве от 5-44 %. Источниками по признаку являются сорта: Флагман, Кураж, Смуглянка, Дон Нонг, Марс. Содержание кальция варьировало в образцах риса от 0,07–2,33 %. Максимально он накапливался в сортах: Полевик, Крепыш, Ивушка, Флагман, Кураж, Злата, Смуглянка.

Ключевые слова: рис, генетика, вариабельность, источники, калий, кальций, натрий.

ACCUMULATION OF POTASSIUM, CALCIUM AND SODIUM BY RICE VARIETIES OF DOMESTIC BREEDING

Rice can be a source of calcium, magnesium, phosphorus, selenium, zinc, manganese, iron, potassium, sodium. A wide variation in the content of micro and macro elements was noted both between subspecies and within the species. The role of metals in the body of both humans and plants is diverse. Metals take part in enzymatic catalysis, in the processes of photosynthesis and respiration, in the movement of photosynthesis products in plants, in the regulation of the water regime of plants, and in maintaining osmotic pressure in cells. The purpose of the work: to determine the content of potassium, calcium, sodium ions in varieties of domestic breeding and collection samples of the Federal Scientific Research Center of rice. Plants were grown in vessels against an optimal background mineral nutrition ($N_{120}P_{60}K_{60}$), standing density 10 plants per vessel. Determination of the metal content was carried out on device Kapel 105-M. For analysis, material was taken from 20 plants of each sample. Sample preparation for obtaining data on the content of cations and anions included: the selection of plant material (1 gram of the sample), its homogenization, fixation with 10 % alcohol, holding in the refrigerator for 1 day, centrifugation at 10-15 thousand rpm, collection of the supernatant into pure 2 ml test tube for analysis. The amount of substance in the rice samples was expressed as a percentage of the volume of the sample. Rice samples of domestic breeding accumulated ions in different ways. Potassium from 40-90 %. Sources by variety: Olimp, Ivushka, Dozhdik, Birch, Rapan, Aurora, Fisht. Sodium accumulated in rice samples in an amount of 5-44 %. Sources for the characteristic are varieties: Flagman, Courage, Smuglyanka, Don Nong, Mars. The calcium content varied in rice samples from 0.07-2.33 %. It accumulated to the maximum in varieties: Polevik, Krepysh, Ivushka, Flagman, Courage, Zlata, Smuglyanka.

Key words: rice, genetics, variability, sources, potassium, calcium, sodium.

Введение

Для функционирования как животных, так и растительных организмов нужны минералы. Для человека наиболее важные из них калий, кальций,

натрий, железо, цинк [11, 13]. На содержание минералов в растении влияют как генетические характеристики образца, так и внешние факторы, в первую очередь, почвы на которых он произрастает [3,

12]. Рис может быть источником кальция, магния, фосфора, селена, цинка, марганца, железа, калия, натрия. Отмечено широкое варьирование по признаку содержание микро- и макроэлементов как между подвидами, так и внутри вида [4-5]. Катионы металлов не вступают с органическими соединениями в настоящие химические взаимодействия. Они образуют с ними лишь комплексы (хелаты) или же простые соли. Ферментативные реакции растительных организмов проходят в присутствии хелатов металлов. Металлы принимают участие в ферментативном катализе за счет различных механизмов, среди них:

1. Включение в активные центры фермента.
2. Стабилизация конформации белковых молекул, обеспечивающая их каталитические свойства.
3. Связь ионов металла с субстратом (без взаимодействия с ферментами) также обеспечивает катализ [9].

Наличие калия активирует многие ферменты, регулирующие образование белков. Установлено влияние калия на фотосинтетические реакции, передвижение его продуктов у растений, процессы дыхания. Калий регулирует водный режим растений, от которого зависит тургор листьев, образование и работа устьиц. Когда защитные клетки, окружающие устьица, поглощают воду, они сильно набухают по сравнению с соседними, и устьица открываются. Повышение осмотического давления в защитных клетках происходит вследствие значительного увеличения содержания калия в клетках. Калий преимущественно концентрируется в вегетативных частях растений и, обладая значительной подвижностью, легко передвигается из одной части в другую – из старых листьев в молодые, активно синтезирующие органические вещества. Одновалентные ионы (калий, аммоний, и др.) интенсифицируют работу более 50 ферментов, среди которых и ускоряющие синтез белков, углеводов. Калий играет важную роль в фотосинтетическом формировании АТФ. Обеспеченность растений АТФ определяет ассимиляцию CO_2 и синтез углеводов и белков. Недостаток калия в листьях ячменя усиливает дыхание и замедляет фотосинтез [6,10]. Кальций также очень важен для организма, так как он стабилизирует клеточные мембраны, при его недостатке особенно страдает корневая система. Кальций компонент многих органоидов клетки: хлоропластов, рибосом, митохондрий. В отсутствие кальция митохондрии или полностью разрушаются, или нарушается в большей или меньшей степени их структура. Пластиды менее чувствительны к недостатку кальция. Катионы Ca^{2+} обнаруживаются в зоне ядра, что связано с необходимостью его для клеточного деления и роста в фазу растяжения. Ca^{2+} входит в состав межклеточного вещества. Поэтому при отсутствии кальция в первую очередь начинают страдать корни и особенно корневые волоски. Одной из основных функций

Ca^{2+} является стабилизация клеточных мембран. При удалении Ca^{2+} из питательного раствора другие ионы становятся токсичными, возможно, из-за нарушения целостности мембран, поскольку проницаемость клеток в этих условиях резко увеличивается. Соотношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ имеет большое значение для жизнедеятельности растений и регулирует многие процессы обмена веществ [8]. Ионы натрия могут быть токсичны. Но, растения некоторых солеустойчивых видов (галофиты) содержат высокие концентрации натрия. Примеры таких видов: солерос, свода морская, сарсазан, некоторые виды тамарикса. Растения солянки содержат до 6 % солей в клеточном соке, что снижает водный потенциал, и обеспечивает поступление воды даже при засолении и засухе. Избежать токсичности солей удается за счет компартментализации их в вакуолях, что снижает их вред наносимый ферментативному комплексу цитоплазмы. Растения обладают системой активного вывода Na^+ и поглощения K^+ , однако участие в процессе транспортной $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ фазы остается слабо изученным. Для многих ферментов процесс активации уменьшается в ряду: $\text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Cs}^+$; ионы NH_4^+ , Na^+ и Li^+ часто ускоряют ферментативные реакции, однако иногда Na^+ и Li^+ могут оказывать ингибирующее действие. Подобно K^+ , эти одновалентные ионы очень подвижны и легко передвигаются по растению. Вопрос увеличения адаптации к засолению при повышенном содержании натрия в тканях все еще дискутируется [1,7].

Если до недавнего времени основной целью селекционной работы было повышение урожайности, то в последние десятилетия усилия генетиков и селекционеров по многим культурам направлены на улучшение питательной ценности вновь создаваемых сортов [16, 19, 21]. В том числе интрогрессии локусов, определяющих повышенное содержание микро и макроэлементов от диких родственников в культурные формы [2, 14, 18]. Разрабатываются методы маркерной селекции по признаку, локализованы многие гены определяющие содержание Fe, Zn, Mn, P, Mg у риса, пшеницы, кукурузы и многих других культур. В России селекция на данные признаки до сих пор не велась, варибельность по признаку среди сортов отечественной селекции также слабо изучена [15, 17, 20].

Цель исследований

Определить содержание ионов магния и аммония у сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФНЦ риса.

Материалы и методы

Содержание ионов определяли у 50 сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФНЦ риса. Для измерения использовали приборы Капель 105-М, Инфралюм. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца в двух повторностях. Подготовка проб для получения данных по содержанию катионов и анионов включала: отбор растительного материала (1 грамм образца), его го-

могенизацию, фиксацию 10 % спиртом, выдержку в холодильнике 1 сутки, центрифугирование при 10-15 тыс. оборотах в минуту, отбор супернатанта в чистую 2 мл пробирку для проведения анализа. Анализ на приборе Капель 105 -М, проводили в соответствии с методиками по определению микроэлементов. Растения выращивали в сосудах по общепринятым методикам. Хроматограммы по количеству катионов

у образцов риса получали в программе МультиХром для Windows 1993-2002 Ampersand Ltd. Для статистической обработки полученных данных использовали программу Statistica 10.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена хроматограмма полученная в программе МультиХром характеризующая содержание катионов для сорта Фишт.

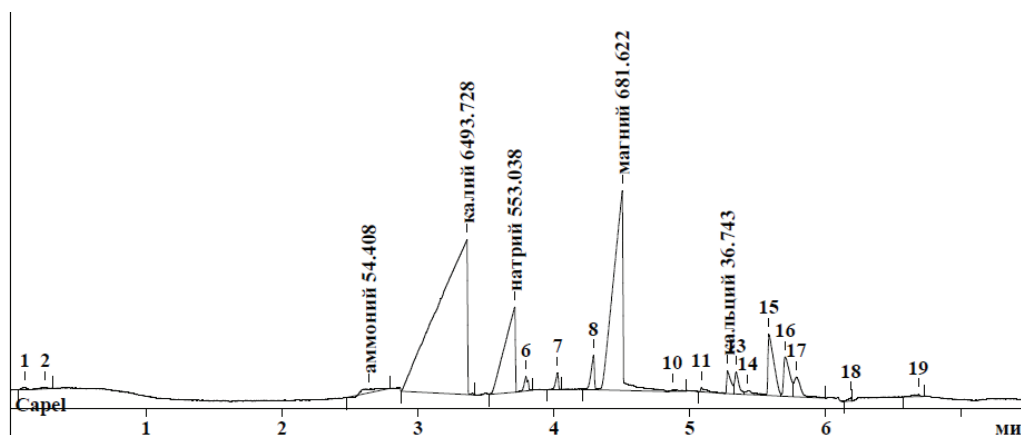


Рисунок 1. Хроматограмма количества катионов в образце риса Фишт

Хроматограммы одновременно показывают вариабельность образцов по содержанию 5 катионов: аммония, калия, кальция, натрия, магния. Количество катионов выражали в процентном соотношении на объем образца. Дисперсионный анализ показал достоверность различия образцов по содержанию изучаемых катионов.

Вариабельность отечественных образцов по содержанию кальция представлена на рисунке 2. Содержание кальция варьировало в образцах риса от 0,07 до 2,33 % (рис. 3). В 36 образцах его содержание не превышало 1%, в 7 образцах было выше 1,5 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку, это сорта: Полевик, Крепыш, Ивушка, Флагман, Кураж Злата, Смуглянка.

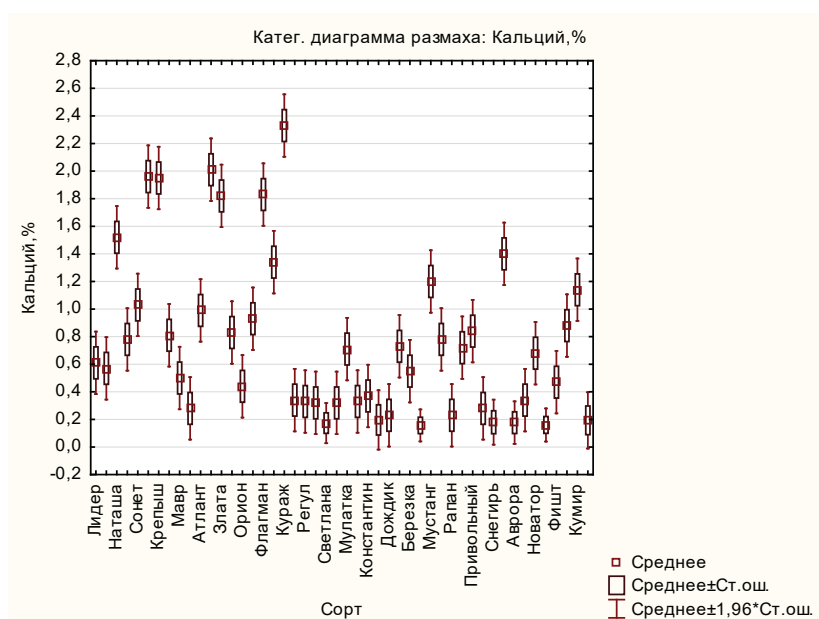


Рисунок 2. Вариабельность отечественных образцов риса по содержанию ионов кальция

Содержание калия варьировало в образцах риса от 40 до 90 %. В 18 образцах его содержание не превышало 70 %, в 13 было выше 80 %, но меньше

90 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку, это сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт.

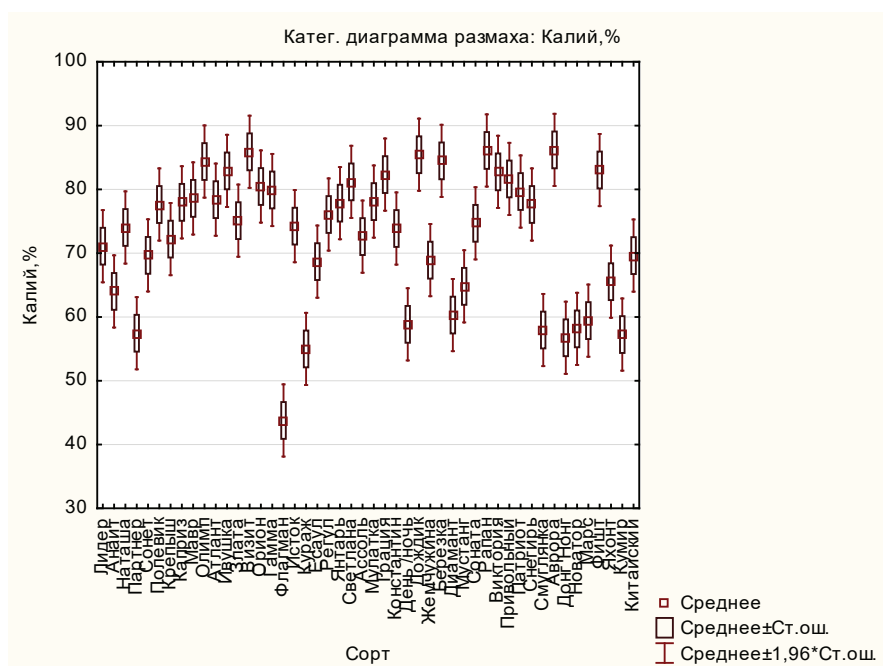


Рисунок 3. Вариабельность отечественных образцов риса по содержанию калия

Натрий накапливался в образцах риса в количестве от 5 до 44 %. В 38 образцах его содержание не превышало 25 %, в 7 образцах было выше 25 %, но меньше 45 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку это сорта: Флагман, Кураж, Смуглянка, Дон Нонг, Марс (рис. 4) .

но меньше 45 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку это сорта: Флагман, Кураж, Смуглянка, Дон Нонг, Марс (рис. 4) .

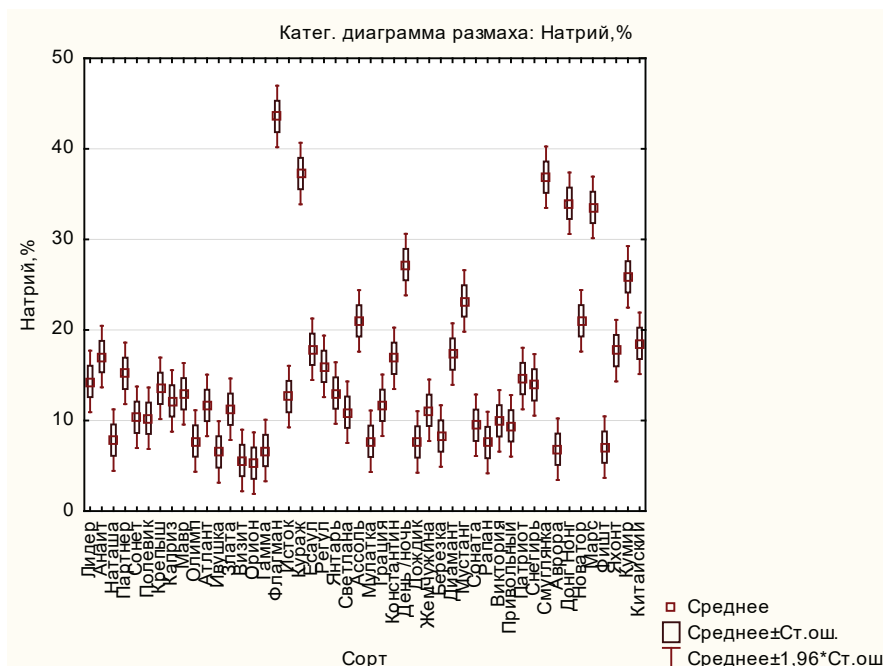


Рисунок 4. Вариабельность отечественных образцов риса по содержанию натрия.

Выводы

1. Образцы риса отечественной селекции накапливают калий различным образом от 40 до 90 %. Как источники по признаку можно выделить сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт.

2. Натрий накапливался в образцах риса в ко-

личестве от 5 до 44 %. Источниками по признаку являются сорта: Флагман, Кураж, Смуглянка, Дон Нонг, Марс.

3. Содержание кальция варьировало в образцах риса от 0,07 до 2,33 %. Максимально он накапливался в сортах: Полевик, Крепыш, Ивушка, Флагман, Кураж Злата, Смуглянка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гогуэ, Д. О. Физиологические механизмы солеустойчивости двух видов растений рода *Nigella* и некоторые характеристики качества их сырья. Диссертация кандидата наук, Москва, 2014. - 115 с.
2. Гончарова, Ю.К. Изучение и использование дикорастущего африканского *Oryza longistaminata* в качестве донора признаков аллогамии в селекции культурного риса на гетерозис / Ю.К. Гончарова, С.В. Гончаров // В книге: Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции. - 2001. - С. 253-255.
3. Гончарова, Ю.К. Вариабельность накопления ионов в российских образцах риса в связи с повышением адаптивности к обезвоживанию / Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Н.А. Очкас, Е.М. Харитонов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар. - 2021. - № 91. - С. 84-88.
4. Гончарова, Ю.К. Биотехнологии в создании черных и красных сортов риса для функционального питания / Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Е.М. Харитонов, С.В. Гончаров, Н.А. Очкас // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. «1-я Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в природообустройстве и агроэкосистемах», ITEEA 2021», Франция. - 2021. - 247. - P. 01060.
5. Гончарова, Ю.К. Выделение источников микро- и макроэлементов среди образцов льда для создания засухоустойчивых форм / Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Е. М. Харитонов, С.В. Гончаров // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2. Сер. «Международная конференция по эффективному производству и переработке, ICEPP 2021», Франция. - 2021. - 262. - P. 03008
6. Гончарова, Ю.К. Локализация участков хромосом, контролирующих высокий фотосинтетический потенциал у российских сортов риса / Ю.К. Гончарова, С.В. Гончаров, Е.М. Харитонов // Генетика. - Москва. - 2018. - № 54(7). - С.796-804.
7. Журова, В.Г. Изучение влияния ионов калия, кальция и магния на рост и развитие растений / В.Г. Журова, М.С. Светличная // Достижения науки и образования. - 2018. - С 13-15.
8. Климентова, Е.Г. Приспособление и устойчивость растений: Учебное пособие для студентов экологического факультета / Е.Г. Климентова, Г.А. Сатаров, Т.А. Зудова. - Ульяновск, УлГУ, 2006. - 53с.
9. Курамшин, А.И. Теоретические основы химии металлоорганических соединений переходных металлов и применение комплексов переходных металлов в катализе: учебное пособие / А.И. Курамшин, Е.В. Колпакова - Казань: Изд-во Казан. ун-та. - 2016. - 136 с.
10. Михайлова, Л.А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур: учебное пособие / Л.А. Михайлова, М.Г. Субботина, М.А. Алёшин. - Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». - Пермь : ИПЦ «Прокрость». - 2019. - 247 с.
11. Федулов, Ю.П. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко. - Краснодар : КубГАУ. - 2015. - 64 с.
12. Харитонов, Е.М. Генетика признаков, определяющих адаптивность к абиотическому стрессу у риса (*Oryza Sativa* L.) / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, Е.А. Малюченко // Российский генетический журнал. - Москва, Санкт - Петербург. - 2017. - №7(6). - С. 684-697.
13. Шеуджен, А.Х. Агрохимия биогенных элементов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов. - Краснодар: КубГАУ, 2020. - 223 с.
14. Brar, D.S. Alien introgression in rice / D.S. Brar, G.S. Khush // Plant Mol. Biol. - 1997. - № 35. - P. 35-47.
15. Garcia-Oliveira, A.L. Genetic identification of quantitative trait loci for contents of mineral nutrients in rice grain / A.L. Garcia-Oliveira, L. Tan, Y. Fu, C. Sun // J. Integr. Plant Biol. - 2009. - № 51(1). - P. 84-92.
16. Gregorio, G.B. Breeding for trace mineral density in rice / G.B. Gregorio, D. Senadhira, T. Htut, R.D. Graham // Food Nutr. Bull. - 2000. - № 21. - P. 382-386.
17. Larson, S.R. Isolation and genetic mapping of a non-lethal rice (*Oryza sativa* L.) low phytic acid 1 mutation / S.R. Larson, J.N. Rutger, K.A. Young, V. Raboy // Crop Sci. - 2000. - №40. - P. 1397-1405.
18. Oikawa, T. The birth of a black rice gene and its local spread by introgression / T. Oikawa, H. Maeda, T. Oguchi, T. Yamaguchi, N. Tanabe, K. Ebana, M. Yano, T. Ebitani, T. Izawa // Plant Cell. - 2015. - № 27. - P. 2401-14.
19. Yerva, S.R. Parental polymorphic survey for high Zn and Fe content in grains of rice (*Oryza sativa* L.) using SSR markers. / S.R. Yerva, S.K.Singh, D.K Singh, S. Habde, and P.P. Behera // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. - 2018.-№ 7(4).- P. 1362-136.
20. Zhang, M. Mapping and validation of quantitative trait loci associated with concentrations of 16 elements in unmilled rice grain / M. Zhang, S R. Pinson, L. T. Huang, B. Lahner, E. Yakubova, I.Baxter, M. Guerinot, D. E. Salt // Theor Appl Genet. - 2014. - № 127. - P. 137-165 DOI 10.1007/s00122-013-2207-5
21. Zhang, M.W. Genetic effects on Fe, Zn, Mn and P content in indica black pericarp rice and their genetic

correlations with grain characteristics / M.W. Zhang, B.J. Guo, Z.M. Peng // *Euphytica*. - 2004. - №135. - P.315 - 323

REFERENCES

1. Gogue, D. O. Physiological mechanisms of salt resistance of two species of plants of the genus *Nigella* and some characteristics of the quality of their raw materials. Dissertation of the Candidate of Sciences, Moscow. - 2014, - 115 p.
2. Goncharova Yu.K. The study and use of wild African *Oryza longistaminata* as a donor of allogamy signs in the breeding of cultivated rice for heterosis / Yu.K. Goncharova, S.V. Goncharov // In the book: Genetic resources of cultivated plants. Problems of mobilization, inventory, conservation and study of the gene pool of the most important agricultural crops for solving priority tasks of breeding. - 2001. - P. 253-255.
3. Goncharova, Yu.K. Variability of ion accumulation in Russian rice samples due to increased adaptability to dehydration / Yu.K. Goncharova, O.A. Bragina, N.A. Ochkas, E.M. Kharitonov // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. - Krasnodar. - 2021. - № 91. - P. 84-88.
4. Goncharova, Y.K. Biotechnologies in the creation of black and red rice varieties for functional nutrition / Y.K. Goncharova, O.A. Bragina, E.M. Kharitonov, S.V. Goncharov, N.A. Ochkas // In the collection: E3S Web of Conferences. Ser. "1st International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Environmental Management and agroecosystems", ITEEA 2021", France. - 2021. - 247. - P. 01060.
5. Goncharova, Yu.K. Isolation of sources of micro- and macroelements among rice samples to create drought-resistant forms / Yu.K. Goncharova, O.A. Bragina, E. M. Kharitonov, S.V. Goncharov // In the collection: E3S Web of Conferences. Ser. "International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021", France. - 2021. - 262. - P. 03008
6. Goncharova, Yu.K. Localization of chromosome sites controlling high photosynthetic potential in Russian rice varieties / Yu.K. Goncharova, S.V. Goncharov, E.M. Kharitonov // *Genetics*. - Moscow. - 2018. - № 54(7). - P.796-804.
7. Zhurova, V.G. Studying the effect of potassium, calcium and magnesium ions on plant growth and development / V.G. Zhurova, M.S. Svetlichnaya // *Achievements of Science and Education*. - 2018. - P. 13-15
8. Klimentova, E.G. Adaptation and resistance of plants: A textbook for students of the Faculty of Ecology / E.G. Klimentova, G.A. Satarov, T.A. Zudova. - Ulyanovsk, UISU, 2006. - 53 p.
9. Kuramshin, A.I. Theoretical foundations of chemistry of organometallic compounds of transition metals and the use of transition metal complexes in catalysis: textbook / A.I. Kuramshin, E.V. Kolpakova - Kazan: Kazan Publishing House. un-ta, 2016. - 136 p.
10. Mikhailova, L.A. Fertilization and diagnostics of mineral nutrition of fruit and berry crops: a textbook / L.A. Mikhailova, M.G. Subbotina, M.A. Alyoshin. - Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov". - Perm : CPI "Prokrost", 2019. - 247 p.
11. Fedulov, Yu.P. Plant resistance to adverse environmental factors / Yu. P. Fedulov, V. V. Kotlyarov, K. A. Dotsenko. - Krasnodar : KubGAU, 2015. - 64 p.
12. Kharitonov, E.M. Genetics of traits determining adaptability to abiotic stress in rice (*Oryza Sativa* L.) / E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova, E.A. Malyuchenko // *Russian Genetic Journal*. - Moscow, Saint Petersburg, 2017. - №7(6). - P. 684-697.
13. Sheudzhen, A.H. Agrochemistry of biogenic elements / A.H. Sheudzhen, T.N. Bondareva, I.A. Lebedovsky, M.A. Osipov. - Krasnodar: Kub GAU. - 2020. - 223 p.
14. Brar, D.S. Alien introgression in rice / D.S. Brar, G.S. Khush // *Plant Mol. Biol.* - 1997. - № 35. - P. 35-47.
15. Garcia-Oliveira, A.L. Genetic identification of quantitative trait loci for contents of mineral nutrients in rice grain / A.L. Garcia-Oliveira, L. Tan, Y. Fu, C. Sun // *J. Integr. Plant Biol.* 2009. - № 51(1).- P. 84-92.
16. Gregorio, G.B. Breeding for trace mineral density in rice / G.B. Gregorio, D. Senadhira, T. Htut, R.D. Graham // *Food Nutr. Bull.* - 2000. - № 21. - P. 382-386.
17. Larson, S.R. Isolation and genetic mapping of a non-lethal rice (*Oryza sativa* L.) low phytic acid 1 mutation / S.R. Larson, J.N. Rutger, K.A. Young, V. Raboy // *Crop Sci.* - 2000. - 40. - P. 1397-1405.
18. Oikawa, T. The birth of a black rice gene and its local spread by introgression / T. Oikawa, H. Maeda, T. Oguchi, T. Yamaguchi, N. Tanabe, K. Ebana, M. Yano, T. Ebitani, T. Izawa // *Plant Cell*. - 2015. - 27. - P. 2401-14.
19. Yerva, S.R. Parental polymorphic survey for high Zn and Fe content in grains of rice (*Oryza sativa*. L) using SSR markers. / S.R. Yerva, S.K.Singh, D.K Singh, S. Habde, and P.P. Behera // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. - 2018.-№ 7(4).- P. 1362-136.
20. Zhang, M. Mapping and validation of quantitative trait loci associated with concentrations of 16 elements

in unmilled rice grain / M. Zhang, S R. Pinson, L. T. Huang, B. Lahner, E. Yakubova, I. Baxter, M. Guerinot, D. E. Salt // Theor Appl Genet. 2014. - № 127. – P. 137–165 DOI 10.1007/s00122-013-2207-5

21. Zhang, M.W. Genetic effects on Fe, Zn, Mn and P content in indica black pericarp rice and their genetic correlations with grain characteristics / M.W. Zhang, B.J. Guo, Z.M. Peng // Euphytica, 2004. - №135. - P. 315–323.

Юлия Константиновна Гончарова

Заведующая лабораторией генетики
и гетерозисной секции

E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

ООО «Аратай», Участник
инновационного центра Сколково

Goncharova Julia Konstantinovna

Head of the laboratory of genetics
and heterosis section

E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

Aratay LLC, Participant Skolkovo Innovation Center

Евгений Михайлович Харитонов

Научный руководитель центра

E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Kharitonov Evgeny Mikhailovich

Scientific director of the center

E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Надежда Ивановна Гапишко

Младший научный сотрудник
лаборатории генетики и гетерозисной селекции

E-mail: gapishko1979@mail.ru

Gapishko Nadezhda Ivanovna

Junior Researcher of the Genetics
and heterotic breeding laboratory

E-mail: gapishko1979@mail.ru

Виктория Васильевна Симонова

Старший научный сотрудник
лаборатории генетики и гетерозисной селекции

E-mail: viktoriasimonovaa@mail.ru

Simonova Victoria Vasilievna

Senior Researcher of the genetic
Laboratory Genetics and heterotic breeding laboratory

E-mail: viktoriasimonovaa@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 10.33775/1684-2464-2022-55-2-45-50
УДК: 338.43:633.18

Есаулова Л.В., канд. биол. наук
г. Краснодар, Россия

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО РИСА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РИСОВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рис является важнейшей продовольственной культурой мира - им питается более 3-х млрд человек и обеспечивается более 30 % пищевых калорий, потребляемых человечеством. Основными производителями риса в мире являются Китай (более 214 млн т), Индия (более 172 млн т), Индонезия (83 млн т), Бангладеш (56 млн т), Вьетнам (44 млн т), Таиланд (32 млн т) и Мьянма (25 млн т). В Российской Федерации рис выращивается в трех федеральных округах, в девяти субъектах: в Южном федеральном округе – Республике Адыгея, Калмыкии, Краснодарском крае, Астраханской и Ростовской областях; Северо-Кавказский федеральный округ – в Республиках Дагестан, Чеченской; в Дальневосточном федеральном округе – в Приморском крае и Еврейской автономной области. Благодаря внедрению новых сортов риса в производство, за последние 20 лет (начиная с 2000 г.) урожайность культуры в России увеличилась в 1,6 раза, а валовое производство – в 1,8 раза (с 584 тыс. т в 2000 г. до 1 млн 074 тыс. тонн в 2021 г.). В 2021 г. посевная площадь риса в России составила 187,5 тыс. га, урожайность 5,8 т/га и валовой сбор риса-зерна – 1074,0 тыс. тонн. В основном рисопроизводящем регионе страны (80 % от общего объема производства) – Краснодарском крае, урожайность составила 6,4 т/га, а валовой сбор – 745,2 тыс. тонн. Научное сопровождение отрасли рисоводства в Российской Федерации осуществляет Федеральный научный центр риса. За счет сортосмены и оптимизации сортовой структуры посевов дополнительная прибыль от внедрения новых сортов селекции Федерального научного центра риса, в производство за 2013-2020 гг. составила более 7 млрд. руб.

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

GLOBAL RICE PRODUCTION AND CURRENT STATE OF RICE-GROWING INDUSTRY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Rice is the important food crop in the world - it feeds more than 3 billion people and provides more than 30% of the food calories consumed by mankind. The main rice producers in the world are China (more than 214 million tons), India (more than 172 million tons), Indonesia (83 million tons), Bangladesh (56 million tons), Vietnam (44 million tons), Thailand (32 million tons) and Myanmar (25 million tons). In the Russian Federation, rice is grown in three federal districts, in nine subjects: in the Southern Federal District - the Republic of Adygea, Kalmykia, Krasnodar, Astrakhan and Rostov Regions; North Caucasian Federal District - Republics of Dagestan and Chechnya; Far Eastern Federal District - Primorsky Territory and Jewish Autonomous Region. Thanks to the introduction of new rice varieties into production, over the past 20 years (starting from 2000), crop yields in Russia have increased 1.6 times, and gross production - 1.8 times (from 584 thousand tons in 2000 to 1 million 074 thousand tons in 2021). In 2021, rice sown area in Russia amounted to 187.5 thousand hectares, the yield was 5.8 t/ha, and the gross harvest of grain was 1,074 thousand tons. In the main rice-producing region of the country (80% of the total production) - Krasnodar region, the yield was 6.4 t/ha, and the gross harvest - 745.2 thousand tons. Scientific support for the rice industry in the Russian Federation is provided by the Federal Scientific Rice Centre. 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 2013-2020 amounted to more than 7 billion rubles.

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

Введение

С учетом того, что к 2050 году численность мирового населения, по прогнозам, превысит 9 миллиардов человек, задача производства продовольствия и энергии в мире приобретает первостепенное значение [8].

В этой связи возрастает дефицит продовольствия, соответственно производство продуктов питания предстоит увеличить, по меньшей мере, на 50 %, доведя его ежегодный прирост до 8,5-

10,0 млн тонн [3].

Наиболее серьезными проблемами для обеспечения продовольствием сейчас и в будущем являются рост населения и изменение климата. Уровень населения быстро растет, подпитывая глобальный спрос и оказывая давление на землю из-за урбанизации.

В рисоводстве занято более 50 % трудовых ресурсов аграрного сектора планеты. Спрос на рис ежегодно возрастает, и по прогнозу FAO к 2030 г.

он составит 790,0 млн т, превысив на 2-3 % спрос на пшеницу. Почти весь рис производится (90%) и потребляется (87%) в Азии. В целом на рис приходится почти 30 % калорий, потребляемых более чем 3 миллиардами жителей Азии [12].

При этом самыми крупными производителями риса в мире являются Китай и Индия – соответственно, около 35 % и 21 % от мирового объема. Большие объемы его выращивают в Индонезии, Бангладеш, Вьетнаме, Таиланде, Мьянме, Бразилии, Японии, на Филиппинах и других странах.

Среди государств-членов ЕАЭС рис выращивается в Республике Казахстан, Кыргызской Республике и Российской Федерации, которые производят около 1,5 млн тонн риса-сырца (0,2 % мирового производства) и свыше 590 тыс. тонн обработанного риса. Производство риса является трудоёмким и финансово затратным процессом. В структуре производственных затрат рисоводства до 70 % занимают затраты, прямо влияющие на урожайность (семена, горюче-смазочные материалы, удобрения, средства защиты растений, орошение и амортизация основных средств). Существенную долю в себестоимости производства риса занимают семена.

Цель исследований

Обобщить мировой опыт производства риса и проанализировать научное обеспечение отрасли рисоводства Российской Федерации в решении проблем продовольственной безопасности.

Материалы и методы

В работе использованы описательный, сравнительный и статистический методы исследований. В результате проведенного ретроспективного анализа систематизирован материал по производству риса в мире и Российской Федерации.

Результаты и обсуждение

По данным ФАО темпы роста урожайности большинства зерновых культур в мире снижаются. Однако по мере роста населения производство сельскохозяйственных культур должно увеличиваться для поддержания продовольственной безопасности [15]. Рис является важнейшей продовольственной культурой мира - им питается более 3-х млрд

чел. и обеспечивается более 30 % пищевых калорий, потребляемым человечеством. По данным (Alexandratos and Bruinsma, 2012) ожидается, что в ближайшие три десятилетия мировой спрос на рис вырастет на 28 % [6].

Производство риса давно играет жизненно важную роль в обеспечении национальной продовольственной безопасности и политической стабильности всего мира. Крупнейшим производителем риса в мире является Китай (214 млн тонн). Кроме того, Китай также потребляет и импортирует больше риса, чем любая другая страна (FAOSTAT, 2017). Над созданием сортов риса с высоким качеством крупы работают многие исследователи в мире. В Китае, например, несмотря на то, что создан ряд высококачественных сортов, немногие из них обладают устойчивостью к болезням. Поэтому первоочередной задачей генетиков и селекционеров во всем мире является одновременное улучшение качественных признаков и устойчивости к болезням в селекционных программах [16].

Рис – наиболее популярная крупа в рационе российского потребителя. В структуре потребления на рис в России приходится 29 % в натуральном выражении. Рисоводство – небольшая, но достаточно важная отрасль агропромышленного комплекса Российской Федерации [7].

Отечественное рисосеяние является самым северным в мире, охватывая значительную территорию между широтой 45°с. ш. в Краснодарском крае до 49°с. ш. в Приморском крае. Поскольку зоны рисосеяния расположены вблизи северной границы распространения этой тропической культуры, основным лимитирующим фактором, сдерживающим рост урожайности риса, является сравнительно низкая обеспеченность территорий термическими ресурсами. Однако, теплообеспеченность существующих зон рисосеяния позволяет возделывать раннеспелые, среднеспелые и среднепозднеспелые сорта риса с вегетационным периодом от 100 до 125 дней.

В Российской Федерации рис выращивают в трех федеральных округах: Южном, Северо-Кавказском и Дальневосточном (табл. 2).

Таблица 1. Производство риса в Российской Федерации (2000-2021 гг.)

Регион	Валовой сбор, тыс. т			
	2000	2010	2020	2021
Российская Федерация	584,3	1060,7	1141,2	1076,4
Краснодарский край	462,4	828,3	840,1	745,2
Ростовская область	39,9	65,3	75,6	91,0
Приморский край	10,6	66,6	20,9	16,6
Республика Дагестан	22,5	31,5	111,0	119,3
Республика Адыгея	8,1	17,7	50,5	49,3
Республика Калмыкия	6,7	16,1	9,0	11,5
Астраханская область	35,0	31,2	22,2	33,4
Чеченская республика	0,0	1,7	11,6	10,0
Еврейская АО	0,0	2,3	0,3	-

В 2020 г. посевные площади в России доведены до 197,2 тыс. га, урожайность составила 5,8 т/га и валовой сбор риса-сырца – 1141,2 тыс. тонн. По итогам 2020 года, производство рисовой крупы в России находилось на уровне 426,2 тыс. тонн, что на 9,0 % больше чем в 2019 году. В 2021 году валовой сбор снизился на 64,8 тыс. тонн по сравнению с 2020 годом в связи со снижением посевных площадей под культурой.

Рис является самой стабильной и высокоурожайной культурой в стране. Его урожайность в последние годы превышает урожайность пшеницы в 2-3 раза. Благодаря особенностям возделывания риса он в меньшей степени, чем другие зерновые культуры, зависит от погодно-климатических условий каждого конкретного года.

Крупнейшим регионом, производителем риса в России, на долю которого приходится около 80 % валового производства риса в стране, является Краснодарский край. В 2020 году посевные площади риса на Кубани составили 126,6 тыс. га, валовой сбор более 840,1 тыс. тонн при урожайности 6,6 т/га. В 2021 году посевные площади под рисом в Краснодарском крае снизились до 118,4 тыс. га в связи с опасением нехватки воды из-за неблагоприятных условий 2020 года.

В селекционной работе Федерального научного центра риса выделены следующие основные направления: селекция техногенно-интенсивных сортов с потенциалом урожайности 12 т/га; создание сортов для выращивания по энергоресурсосберегающим технологиям; селекция сортов, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам; создание сортов специального назначения (длиннозерных, крупнозерных, глютинозных, высокоамилозных, с окрашенным перикарпом и т.п.); разработка сортовых комплексов с целью более полного использования биоклиматического потенциала рисовых агроландшафтов и урожайного потенциала культуры [4].

В Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве в России на 2021 год, насчитывается 70 сортов риса, из них 34 сорта селекции Федерального научного центра риса. Существенное значение в повышении эффективности отрасли рисоводства имеет обеспечение хозяйств высококачественными семенами. Ежегодно ФГБНУ «ФНЦ риса» совместно с филиалами производит более 4 тысяч тонн семян элиты, что обеспечивает посевы культуры семенами не ниже первой репродукции.

Для повышения урожайности риса и поддержания её на стабильно высоком уровне необходим непрерывный селекционный процесс, обеспечивающий создание сортов риса, соответствующих меняющимся условиям среды.

Наиболее важным направлением селекции в настоящее время является создание сортов под

энергосберегающие и интенсивные технологии выращивания, устойчивых к стресс-факторам, различного потребительского спроса. Большое внимание уделяется улучшению качества крупы новых сортов. Появились приоритетные направления потребительского спроса на рынке рисовой крупы (крупы из крупнозёрных, длиннозёрных сортов риса). Расширился набор популярных блюд на основе риса. Блюда азиатской (плов), японской (суши, роллы), итальянской (паэльля, ризотто) кухни требуют для своего приготовления крупы специальных сортов, и спрос на крупы таких сортов стремительно увеличивается [5].

Создано поколение новых сортов риса с повышенной устойчивостью к пирикулярриозу и потенциалом урожайности до 11-12 т/га для различных агроландшафтных районов Краснодарского края, которые обеспечивают более полное использование экономического, агробиологического и технологического потенциала рисосеющих хозяйств [2]. Это сорта: Исток, Фаворит, Аполлон, Наутилус, Полевик, Яхонт, Юбилейный-85, Каурис. Благодаря эффективной селекционной работе, быстрой сортосмене и внедрению адаптивных сортовых комплексов с учетом агроландшафтного районирования в Краснодарском крае достигнута высокая урожайность риса. Объединить весь комплекс признаков и свойств в одном генотипе на современном этапе развития науки очень сложно, поэтому селекционеры ведут целенаправленную работу по нескольким отдельным направлениям. Все созданные сорта объединяет высокая потенциальная урожайность и приспособленность к местным почвенным и климатическим условиям, а также различным технологиям возделывания, в том числе и без применения пестицидов. Наличие такого разнообразия сортов позволяет полностью решить проблему импортозамещения, обеспечить население страны всеми видами крупы риса отечественного производства [1].

Этого удалось достичь благодаря успехам в области биотехнологии, физиологии и молекулярной биологии в нескольких направлениях работы: снижение высоты растений, изменение продолжительности периода вегетации, повышение устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам. Маркерная селекция стала возможной только после того, как были идентифицированы гены устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, найдены маркеры, которые позволяют контролировать их наличие в генотипе. С их помощью создан широкий спектр сортов, отличающихся по форме, размеру и биохимическому составу зерновки, которые обладают индивидуальными технологическими и биохимическими характеристиками, могут быть использованы в кулинарии для приготовления блюд различного назначения. В сортах риса российской селекции содержится

среднее количество белка (6-8 %) и низкое содержание амилозы (17-20 %) [10].

Сортимент риса селекции Федерального научного центра риса допущенных к использованию в производстве сортов способен удовлетворить все потребности в пищевых предпочтениях населения страны [14].

Анализ отечественного рисового рынка показал, что доля экспорта риса практически сравнялась с

импортом (табл. 2).

Большая часть российского импорта представлена длиннозерным шелушеным рисом. Сорта с таким типом зерна, в связи с климатическими особенностями рисосеющих регионов до настоящего времени в РФ практически не возделывались. Однако, в списке сортов, допущенных к использованию в производстве, имеются три длиннозерных сорта селекции ФНЦ риса: Злата, Шарм и Кураж.

Таблица 2. Характеристика российского рынка риса (1986-2021 гг.)

Год	Посевная площадь, тыс. га	Произведено риса (в массе после обработки), тыс. т	Выработано крупы (расчет), тыс. т	Обеспеченность в рисе собственного производства, %	Импорт, тыс. т	Экспорт, тыс. т
1986-1990	301	1054	582	100	448	0
1997	101	236	125	22	372	13
1998-2002	104	383	208	36	386	11
2003-2009	145	532	320	56	336	22
2010-2013	132	1027	572	100	202	208
2014-2017	197	1056	571	100	245	201
2017-2021	189	1066	604	100	193	188

Производство риса можно увеличить двумя способами: путем расширения посевных площадей и повышением урожайности [13].

Сортами селекции Федерального научного центра риса ежегодно засеваются более 98 % площадей рисовых оросительных систем Краснодарского края. Кроме того, сорта Центра выращивают в Астраханской и Ростовской областях, Республиках Калмыкия, Дагестан и Чечня, в Казахстане.

Здоровье нации является одним из важнейших приоритетов российского государства, а рис известен как высокопитательный диетический продукт, входящий в набор необходимых составляющих сбалансированного рациона питания человека. Это обуславливает необходимость развития отечественной отрасли рисоводства до уровня, обеспечивающего снижение зависимости внутреннего рынка страны от импортных поставок крупы риса, которая на сегодняшний день остается довольно высокой.

Потребность России в рисовой крупе составляет 560-580 тыс. тонн в год (из расчета 4 кг крупы на душу населения – по нормам здорового питания ФГБНУ «НИИ питания») [5].

Объем производства зерна риса в Российской Федерации стабильно по годам составляет более 1,0 млн тонн, из которого вырабатывается порядка 600,0 тыс. тонн крупы риса, что обеспечивает потребность населения страны в данном виде продукта в требуемом объеме. Внедрение новых сортов и технологий с использованием современных методов биотехнологии позволит получить дополнительную продукцию за счёт повышения урожайности путем сортосмены. Баланс крупы риса

в России состоит из собственного производства и импорта. Российская Федерация в 2020-2021 гг. сельскохозяйственному году экспортировала 188 тыс. тонн риса против 116 тыс. тонн в предыдущем году. Импорт составил 193 тыс. тонн против 245 тыс. тонн. Основным покупателем российского риса в этом сезоне стала Белоруссия, на которую пришлось 17 % поставок. По итогам прошлого года первенство удерживала Турция, закупившая 55 % отправленного на экспорт риса. Также рис в России закупают Иордания и Монголия (по 11 %), а также ряд других стран.

Современный рынок рисовой крупы требует продукт с повышенной пищевой и питательной ценностью. Актуальность селекции таких сортов риса определяется стремлением потребителя обусловить параметры здорового питания, в том числе функционального направления и исключить токсичность потребляемых продуктов [11].

Однако остро стоит проблема обеспечения приема, размещения и обработки зернового сырья разных типов и видов. Связано это с тем, что современное техническое состояние предприятий зерновой отрасли, за редким исключением, требует основательного обновления и реконструкции. Особенно это относится к материально-техническому состоянию хлебоприемных предприятий [1].

Рис, выращиваемый в России, более экологически чистый по сравнению с продукцией большинства других рисопроизводящих зарубежных стран. Это обусловлено весьма ограниченным применением обработок пестицидами посевов риса – 1-3 раза за вегетационный период, а также широким использованием селективных препаратов нового

поколения, характеризующихся высоким избирательным действием, низкой нормой внесения и коротким периодом распада. Применение минеральных удобрений также характеризуется умеренными дозами, а часто и недостаточными для полной реализации потенциала продуктивности сортов. Все это свидетельствует о низкой хомогенной нагрузке на рисовые агроландшафты и высокой экологичности российского рисоводства.

Технические меры, такие как правила санитарного и фитосанитарного контроля, становятся важными для ряда сельскохозяйственных продуктов, включая рис, поскольку такие проблемы, как безопасность пищевых продуктов и защита здоровья растений и животных, становятся все более актуальными [9].

Выводы

Дальнейшее развитие рисоводческой отрасли связано с выведением и внедрением новых сортов риса с высокой потенциальной продуктивностью,

качеством зерна и крупы и генетической защитой от стрессовых факторов среды; совершенствования системы севооборотов с использованием многолетних трав, позволяющих повысить плодородие почв; укрепления материально-технической базы производителей. Актуальными являются вопросы привлечения инвесторов в создание и развитие перерабатывающих предприятий; внедрение современных технологий возделывания риса, восстановления внутрихозяйственных комплексов рисовых оросительных систем за счет проведения их реконструкции, капитальной планировки рисовых чеков и ежегодного выполнения ремонтно-восстановительных работ. Научно-обоснованный подход в выращивании риса, система информационного обеспечения отрасли позволит гарантированно обеспечивать урожайность в среднем по стране 5,5-6,5 т/га, что уже достигнуто по отдельным регионам Российской Федерации в 2015-2021 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Госпадинова, В.И. Повышение конкурентоспособности российского риса – путь к импортозамещению / В.И. Госпадинова, С.В. Гаркуша, Е.М. Харитонов, Л.В. Есаулова // Достижения науки и техники АПК. - 2016. - Т. 30. - № 12. - С. 102 - 104.
2. Есаулова, Л.В. Потенциал рисоводческой отрасли Краснодарского края в обеспечении импортозамещения и продовольственной безопасности России / Л.В. Есаулова, С.В. Гаркуша // В сборнике: Приоритетные направления научного обеспечения отраслей агропромышленного комплекса России и стран СНГ. Материалы Международной научно-практической конференции с элементами школы молодых ученых. - 2018. - С. 70-74
3. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика)/ А.А. Жученко. - М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004.
4. Ковалев, В.С. Селекция и сортомена риса в Краснодарском крае: состояние и перспективы / В.С. Ковалев // Материалы Всероссийской школы молодых ученых «Экологическая генетика культурных растений» – Краснодар: ВНИИ риса. - 2011. - С. 207-209.
5. Харитонов, Е.М. Проблемы рисоводства в Российской Федерации и пути их решения, качество риса/ Е.М. Харитонов, Н.Г. Туманян // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - № 11. - С. 14-15.
6. Александратос, Н. Мировое сельское хозяйство к 2030/2050 гг./ Н. Александратос, Дж. Бруинсма // ФАО: ЕКА, Рим (2012).
7. Bagirov, Vugar Scientific support of the rice growing industry of the agroindustrial complex of the Russian Federation in solving the problems of food security/Vugar Bagirov, Sergey Treshkin, Andrey Korobka, Fedor Dereka, Sergey Garkusha, Victor Kovalev, Lyubov Esauslova, Sergey Kizinek // E3S Web of Conferences 210, 05006 (2020). ITSE-2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021005006>.
8. Borlaug, N. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry/ N. Borlaug // Plant Physiol. - 2000. - 124 (2): 487-490. Free Full TextGoogle Scholar.
9. GRiSP (Global Rice Science Partnership) (2013) Rice Almanac. 4th Edition, International Rice Research Institute, Los Baños.
10. Kumeiko, T.B. Evaluation of rice varieties and samples by biochemical, amylographic and technological grain characteristics in order to develop integral quality model / T.B. Kumeiko, N.G. Tumanyan, K.K. Olkhovaya, G.L. Zelensky// Scientific journal of KubSAU. - № 111 (07). - 2015. <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/91.pdf>.
11. Pooja, K. Present and future of rice blast management/ K. Pooja, A. Katoch // Plant Sci. Today . - V. 1. - I. 3. - P. - 165-173.
12. 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. - V. 365. - I. 1554. - P 2809 - 2820.
13. Tanaka A., On-farm rice yield and its association with biophysical factors in sub-Saharan Africa / A. Tanaka, J.-M. Johnson, K. Senthilkumar, C. Akakpo at all. // Eur. J. Agron. - 2017. - 85. - P. 1 - 11 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.12.0101161-0301>.
14. Tumanyan, N.G. Culinary characteristics and nutritional advantages of rice varieties of Federal Scientific Rice Centre / N.G. Tumanyan, S.S. Chizhikova, K.K. Olkhovaya // Rice growing. - 2020. - № 2 (47). - P. 29 - 36. DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-29-36.
15. Xu, Yufang. The impact of high-temperature stress on rice: Challenges and solutions / Yufang Xu, Chengcai Chu, Shanguo Yao//The Crop Journal. - 2021. - 9. - P. 963 - 976. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.02.011>
16. Zheng, Z. Breeding High-Grain Quality and Blast Resistant Rice Variety Using Combination of Traditional Breeding and Marker-Assisted Selection / Z. Zheng, S. Liang, H. Wenbin, Z. Bin, T. Shuhua, Z. Shihui, L. Yanmei, Z. Zhenghong, C.

Caiyan // Rice Science. - V. 28. - I. 5. - P. 422 - 426. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.07.002>.

REFERENCES

1. Gospadinova, V.I. Increasing marketability of Russian rice – way to import substitution / V.I. Gospadinova, S.V. Garkusha, E.M. Kharitonov, L.V. Esaulova // Achievements of Science and Technology of AIC. - 2016. - V. 30. - №12. - P. 102-104.
2. Esaulova, L.V. Potential of rice growing industry of Krasnodar region in providing import substitution and food security of Russia / L.V. Esaulova, S.V. Garkusha // In collection: Priority areas of scientific support for the branches of the agro-industrial complex of Russia and the CIS countries. Materials of the International scientific and practical conference with elements of the school of young scientists. - 2018. - P. 70-74.
3. Zhuchenko, A.A. Resource potential of grain production in Russia (theory and practice) / A.A. Zhuchenko. - M.: LLC «Publishing house Agrorus», 2004.
4. Kovalev, V.S. Rice breeding and variety change in Krasnodar region: state and prospects / V.S. Kovalev // Materials of the All-Russian School of Young Scientists «Ecological Genetics of Cultivated Plants» - Krasnodar: All-Russian Rice Research Institute. - 2011. - P. 207-209.
5. Kharitonov, E.M. Problems of rice growing in the Russian Federation and ways to solve them, quality of rice / E.M. Kharitonov, N.G. Tumanyan // Achievements of Science and Technology of AIC. - 2010. - № 11. - P. 14-15.
6. Alexandratos, N. World Agriculture towards 2030/2050/ N. Alexandratos, J. Bruinsma //FAO: ESA, Rome (2012).
7. Bagirov, Vugar Scientific support of the rice growing industry of the agroindustrial complex of the Russian Federation in solving the problems of food security/Vugar Bagirov, Sergey Treshkin, Andrey Korobka, Fedor Dereka, Sergey Garkusha, Victor Kovalev, Lyubov Esaulova, Sergey Kizinek // E3S Web of Conferences 210, 05006 (2020). ITSE-2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021005006>.
8. Borlaug, N. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry/ N. Borlaug //Plant Physiol. - 2000. - 124 (2): 487-490. Free Full TextGoogle Scholar.
9. GRIISP (Global Rice Science Partnership) (2013) Rice Almanac. 4th Edition, International Rice Research Institute, Los Baños.
10. Kumeiko, T.B. Evaluation of rice varieties and samples by biochemical, amylographic and technological grain characteristics in order to develop integral quality model / T.B. Kumeiko, N.G. Tumanyan, K.K. Olkhovaya, G.L. Zelensky// Scientific journal of KubSAU. - № 111 (07). - 2015. <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/91.pdf>.
11. Pooja, K. Present and future of rice blast management/ K. Pooja, A. Katoch //Plant Sci. - V. 1. - I. 3. - P. - 165-173.
12. 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. - V. 365. - I. 1554. - P. 2809-2820.
13. Tanaka, A. On-farm rice yield and its association with biophysical factors in sub-Saharan Africa / A. Tanaka, J.-M. Johnson, K. Senthilkumar, C. Akakpo et al. // Eur. J. Agron. - 2017. - 85. - P. 1 - 11 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.12.0101161-0301>.
14. Tumanyan, N.G. Culinary characteristics and nutritional advantages of rice varieties of Federal Scientific Rice Centre / N.G. Tumanyan, S.S. Chizhikova, K.K. Olkhovaya // Rice growing. - 2020. - № 2 (47). - P. 29-36. DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-29-36.
15. Xu, Yufang. The impact of high-temperature stress on rice: Challenges and solutions / Yufang Xu, Chengcai Chu, Shanguo Yao//The Crop Journal. - 2021. - № 9. - P. 963-967.
16. Zheng, Z. Breeding High-Grain Quality and Blast Resistant Rice Variety Using Combination of Traditional Breeding and Marker-Assisted Selection / Z. Zheng, S. Liang, H. Wenbin, Z. Bin, T. Shuhua, Z. Shihui, L. Yanmei, Z. Zhenghong, C. Caiyan // Rice Science. - Volume 28. - Issue 5. - September 2021. - P. 422-426. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.07.002>

Любовь Владимировна Есаулова

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

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

Lyubov Vladimirovna Esaulova

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-51-56

УДК: 633.18.631.52: 631.523

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

РИСОВАЯ МУКА, КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ

Рисовая мука мало распространенный продукт в России. Она может быть белой (из шлифованного риса) и цельнозерновой (из шелушенного риса). Важной особенностью рисовой муки является, то что она не содержит глютен. Это позволяет использовать ее в качестве альтернативы пшеничной муке для тех, кто страдает целиакией или придерживается безглютеновой диеты. Содержание незаменимых аминокислот в рисовой муке выше, чем в пшеничной и кукурузной. Наиболее ценное свойство рисовой муки – низкое содержание аспарагина, которое снижает риск образования канцерогенных веществ в выпечке. Аспарагин вместе с растворимыми сахарами при температуре выше 120°C и невысокой влажности образует акриламид, вещество вызывающее онкологические заболевания. В рисовой муке содержание этой аминокислоты, как минимум, в 3 раза ниже, чем в пшеничной. Наиболее полезна рисовая мука из красного и черного риса, поскольку в ней до 20 раз больше антиоксидантов. Кулинарные изделия из рисовой муки относят к диетическим, и они более нежные и воздушные, чем произведенные из пшеничной. Цель работы: изучить вариативность содержания ряда незаменимых аминокислот (валина, метионина, треонина) у отечественных сортов риса. Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ($N_{120}P_{60}K_{60}$), густота стояния 10 растений на сосуд. Определение аминокислотного состава проводили на приборах Капель 105-М. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца. Количество аминокислот в образцах риса выражали в процентном соотношении на объем образца. Высоким содержанием метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр, Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треонина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет. Выделены также источники высокого содержания валина сорта: Мулатка, Грация, Константин, Жемчужина.

Ключевые слова: рис, мука, аминокислоты, сорта.

RICE FLOUR AS A FUNCTIONAL FOOD

Rice flour is a rare product in Russia. It can be white (from polished rice) and whole grain (from husked rice). An important feature of rice flour is that it does not contain gluten. This allows it to be used as an alternative to wheat flour for those suffering from celiac disease or following a gluten-free diet. The content of essential amino acids in rice flour is higher than in wheat and corn. The most valuable property of rice flour is its low asparagine content, which reduces the risk of carcinogenic substances in baked goods. Asparagine, together with soluble sugars at temperatures above 120 °C and low humidity, forms acrylamide, a substance that causes cancer. In rice flour, the content of this amino acid is at least 3 times lower than in wheat flour. The most useful rice flour made from red and black rice, as it contains up to 20 times more antioxidants. Culinary products made from rice flour are classified as dietary, and they are more tender and airy than those made from wheat flour. Purpose of work: to study the variability of the content of a number of essential amino acids (valine, methionine, threonine) in domestic rice varieties. Plants were grown in vessels on an optimal background of mineral nutrition ($N_{120}P_{60}K_{60}$), plant density 10 plants per vessel. Determination of the amino acid composition was carried out on devices Kapel 105-M. For analysis, material was taken from 20 plants of each sample. The amount of amino acids in the rice samples was expressed as a percentage of the volume of the sample. The following varieties are characterized by a high content of methionine: Leader, Khazar, Kumir, Anait, Mavr, Olympus, Yuzhny, Courage, Svetlana, Dozhdik; threonine: Birch, Waterfall, Gamma, Caprice, Svetlana, and Sonnet. The sources of the high content of valine of the variety have also been identified: Mulatka, Grazia, Konstantin, Zhemchuzhina.

Key words: rice, flour, amino acids, varieties.

Введение

Рисовая мука мало распространенный продукт в России. Она может быть белой (из шлифованного риса) и цельнозерновой (из шелушенного риса). Первая, белоснежного цвета почти не имеет запа-

ха и вкуса. Цельнозерновая мука отличается более грубым помолом, наличием в своем составе зародыша семени, более темным цветом и ореховым ароматом, в ней больше витаминов, микроэлементов, антиоксидантов. Подверженный минимальной

обработке, шелушенный рис особенно полезен, так как у него удаляются только цветковые чешуи. При последующей обработке - шлифовании и полировании, удаляется зародыш и алейроновый слой, что увеличивает продолжительность хранения рисовой крупы, но значительно снижает питательную ценность злака [1, 2, 3].

Важной особенностью рисовой муки является, то, что она не содержит глютен. Это позволяет использовать ее в качестве альтернативы пшеничной муке для тех, кто страдает целиакией или придерживается безглютеновой диеты. Глютеновая энтеропатия, или целиакия, хроническое заболевание, связанное с употреблением в пищу продуктов, содержащих глютен (пшеница, рожь, ячмень), вызывающая в организме ряд изменений - ухудшение пищеварения и

всасывания веществ за счет поражения слизистой оболочки тонкой кишки. Кроме того, рисовая мука менее калорийна, легче усваивается организмом [7, 8, 9]. Изучение ассортимента безглютеновых продуктов, реализуемых в крупных торговых сетях Свердловской области, показала, что 78 % продукции производится странами Евросоюза: Италия (21 %), Испания (17 %), Польша (13 %), Германия (5 %). Ввозимая из-за рубежа продукция при существующей международной обстановке - ресурс очень ненадежный, поэтому особое внимание сейчас уделяется ее импортозамещению [10].

Содержание незаменимых аминокислот в рисовой муке выше, чем в пшеничной и кукурузной, и незначительно уступает амарантовой, лидер по их содержанию соевая мука (рис. 1).

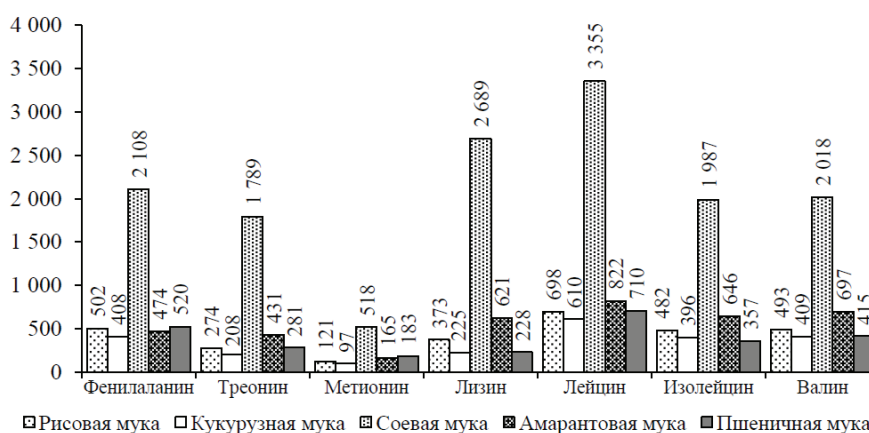


Рисунок 1. Содержание незаменимых аминокислот в различных видах муки мг/100 г

Водопоглощательная способность влияет на вязкость образцов теста из различных видов муки, на выход и качество изделий из него (рис. 2).

По водопоглощательной способности выделяются амарантовая и соевая мука (86 и 84 % соответственно). Белки проявляют свойства поверхностно активных веществ. Улучшение структурно – механических свойств амарантовой и соевой муки обеспечивает лецитин, эти виды муки целесообразно применять в смеси с рисовой или кукурузной мукой с низкой водопоглощательной способностью (63 и 65 % соответственно).

Кинематическая вязкость рисовой и амарантовой муки невысока, что приводит к необходимости увеличения их доли в рецептуре. По внешнему виду, консистенции, цвету, запаху рисовая и амарантовая мука похожи на пшеничную, кукурузная отличается желтым цветом и ароматом. Соевая мука придает выпечке запах бобовых и коричневатый оттенок [10].

По содержанию белка цветные и белозерные сорта достоверно не различаются. Аминокислоты, материал для создания белков, дефицит которых нарушает синтез витаминов, пигментов, гормонов. Несбалансированный их состав в продуктах питания ослабляет когнитивные способности человека,

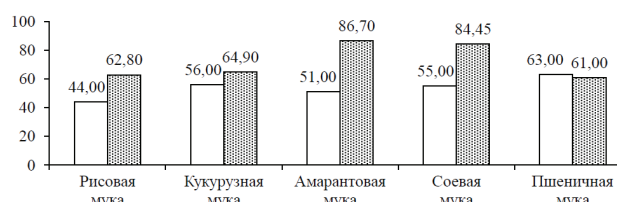


Рисунок 4 – Водопоглощательная способность и кинематическая вязкость образцов теста, % (n = 3)

Рисунок 2. Водопоглощательная способность и кинематическая вязкость образцов теста из различных видов муки, % (n=3)

снижает иммунитет. Взаимосвязь с вероятностью появления диабета установлена для нескольких аминокислот: серина, аланина, аргинина. Содержание лизина, аминокислоты ограничивающей усвояемости белка зерновых, у риса выше, чем у пшеницы, кукурузы и сорго [1, 3].

Наиболее ценное свойство рисовой муки – низкое содержание аспарагина, которое снижает риск образования канцерогенных веществ в выпечке. Есть данные о связи содержания аспарагина вместе с растворимыми сахарами с образованием акриламида, вещества вызывающего онкологические заболевания. Названы основные

группы продуктов, в которых образуется акриламид: картофель фри и чипсы, кофе, кондитерская и хлебобулочная продукция. Акриламид накапливается в результате взаимодействия аспарагина с сахарами (глюкозой и фруктозой) при температуре выше 120°C и невысокой влажности. Интересный факт, что количество аспарагина в пшенице варьирует в пределах 75,5 - 2150 мг/кг, в овсе от 51 до 1390 мг/кг, в кукурузе от 71 до 2900 мг/кг, во ржи от 310 до 900 мг/кг и в рисе от 14,9 до 24,9 мг/кг. То есть в среднем количество аспарагина в рисе в 3 раза меньше, чем в пшенице и кукурузе и в 2 раза меньше чем в овсе. Это его свойство используют, добавляя рисовую муку в выпечку и кондитерские изделия для снижения канцерогенности, приведенных выше опасных продуктов. Но выявленная сортовая вариабельность по признаку позволяет еще больше повысить полезность продуктов с рисовой мукой [11].

Рисовая мука богата глутаминовой, аспарагиновой кислотами, аланином и глицином. Аминокислотный состав связан с органолептическими характеристиками продукта и уникальным вкусом сортов риса в блюдах. Среди исследованных сортов содержание лейцина и валина, аланина, глицина было самым высоким у сортов местной селекции (стародавних). Рассчитано, что потребление 100 г риса трижды в день обеспечивает суточную потребность в валине и многих других незаменимых аминокислотах, число их различно для сортов риса.

В последние два десятилетия отмечен быстрый рост потребительского спроса на здоровую пищу. Использование цельнозерновой рисовой муки — одна из тенденций производства здоровых и функциональных продуктов. Потребление цельнозерновых продуктов показало снижение риска ряда заболеваний, таких как сердечнососудистые

заболевания, ожирение, диабет и некоторые виды рака [12-13]. Безглютеновые материалы, такие как белая рисовая мука, не обладают требуемыми характеристиками для производства дрожжевых продуктов, так как их белки не имеют способности образовывать вязкоупругую сеть, такую как глютен [14-16]. Модификация цельнозерновой муки перед ее использованием с помощью простой пищевой обработки, такой как ферментация, может устранить негативное влияние отрубей. Предварительное брожение цельнозерновой муки может увеличить растворимость клетчатки из-за ферментативных реакций в структурах клеточной стенки. Добавление предварительно ферментированной муки положительно повлияло на консистенцию, срок годности, аромат и питательную ценность безглютеновых продуктов, из-за метаболической активности микробов [17-19]. Добавление ферментированной муки из коричневого риса в приготовленный на пару белый рисовый хлеб значительно улучшило реологические и текстурные свойства, а также объем хлеба [20].

Цель исследований

Изучить вариабельность содержания ряда незаменимых аминокислот (валина, метионина, треонина) у отечественных сортов риса для повышения питательной ценности цельнозерновой рисовой муки и крупы риса в селекции на признак.

Материалы и методы

В работе использованы как коллекционные образцы, так и перспективные, и допущенные к использованию сорта риса. Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ($N_{120}P_{60}K_{60}$), густота стояния 10 растений на 1 сосуд. Контролем служил сорт Флагман, с той же густотой стояния. При недостатке растений или их гибели подсаживался маркер с фиолетовыми

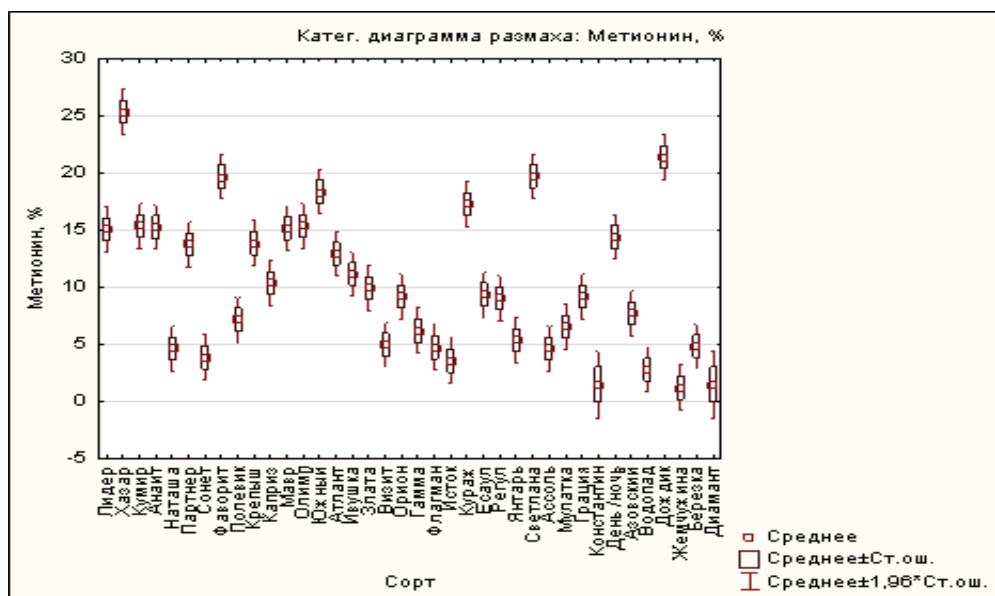


Рисунок 3. Вариабельность отечественных образцов по содержанию метионина

листьями. Определение аминокислотного состава проводили на приборах Капель 105-М. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца. Хроматограммы по количеству катионов у образцов риса получали в программе МультиХром для Windows 1993-2002 Ampersand Ltd.

Результаты и обсуждение

Количество аминокислот в образцах риса выражали в процентном соотношении на объем образца. Дисперсионный анализ показал достоверность различия образцов по составу аминокислот.

Вариабельность отечественных образцов по содержанию метионина и треонина представлена

на рисунках 3-4. Высоким содержанием метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр, Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треонина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет. Выделены также источники высокого содержания валина сорта: Мулатка, Грация, Константин, Жемчужина (рис. 5).

Выводы

1. Рисовая мука не содержит глютена. Это позволяет использовать ее в качестве альтернативы пшеничной муке для тех, кто страдает целиакией или придерживается безглютеновой диеты.

2. Низкое содержание аспарагина в рисовой

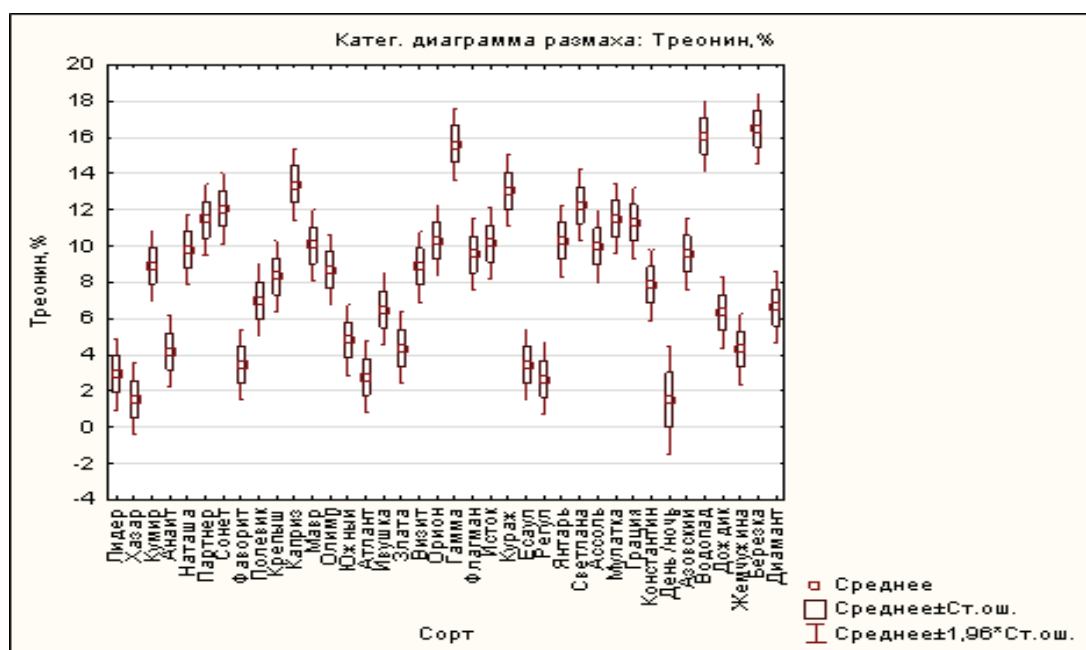


Рисунок 4. Вариабельность отечественных образцов по содержанию треонина



Рисунок 5. Вариабельность отечественных образцов по содержанию валина

муке, снижает риск образования канцерогенных веществ в выпечке. Содержание незаменимых аминокислот в рисовой муке выше, чем в пшеничной и кукурузной.

3. Наиболее полезна рисовая мука из красного и черного риса, поскольку в ней до 20 раз больше антиоксидантов.

4. Высоким содержанием метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр, Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треолина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет.

5. Источники высокого содержания валина сорта: Мулатка, Грация, Константин, Жемчужина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. - М.: Медицина, 2002. - 704 с.
2. Гончарова, Ю.К. Молекулярное маркирование признаков, определяющих качество зерна у российских сортов риса / Ю.К. Гончарова, Е.М. Харитонов, Е.А. Малюченко, Н.Ю. Бушман // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2018. - Т. 22. - № 1. - С. 79-871.
3. Крюкова, Е. В. Моделирование органолептических показателей качества мучных изделий из второстепенных видов муки / Е. В. Крюкова, О. В. Чугунова, В. М. Тиунов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. - 2016. - № 3(38). - С. 80-87.
4. Мысаков, Д. С. Реологические свойства теста из второстепенных видов муки / Д. С. Мысаков, В. М. Тиунов, О. В. Чугунова // Наука и образование. - 2015. - № 3(10). - С. 48-51.
5. Тиунов, В. М. Обоснование рецептурного состава сухих кулинарных смесей / В. М. Тиунов, О. В. Чугунова, Л. А. Кокорева // Индустрия питания. Food Industry. - 2018. - Т. 3. - № 2. - С. 22-30.
6. Тиунов, В. М. Особенности разработки рационов питания для людей с глютеновой энтеропатией / В. М. Тиунов, О. В. Чугунова // Ползуновский вестник. - 2019. - № 1. - С. 64-70.
7. Улитин, В.О. О признаках качества и их генетическом контроле у риса *oriza l.* (обзор) / В.О. Улитин, Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. - 2012. - Т. 47. - № 3. - С. 12-18.
8. Фотев, Ю.В. концепция создания российской национальной системы функциональных продуктов питания / Ю.В. Фотев, В.Ф. Пивоваров, А.М. Артемьева, И.М. Куликов, Ю.К. Гончарова, А.И. Сысо, Н.П. Гончаров // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2018. - Т. 22. - № 7. - С. 776-783.
9. Шеуджен, А.Х. Агрохимия биогенных элементов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов. - Краснодар: КубГАУ, 2020. - С. 223.
10. Alvarez-Jubete, L. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients / L. Alvarez-Jubete, E.K. Arendt, E. Gallagher // Int. J. Food Sci. Nutr. - 2010. - № 21. - P. 106 - 113
11. Goncharova, Y.K. Biotechnologies in the creation of black and red rice varieties for functional nutrition / Y.K. Goncharova, O.A. Bragina, E.M. Kharitonov, S.V. Goncharov // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2. Сер. "International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021" 2021.
12. Goncharova, Y.K. Viability rice seeds with different levels of antioxidants / Y.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, S.V. Goncharov // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2. Сер. "International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021" 2021.
13. Gujral, H.S. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour / H.S. Gujral, I. Guardiola, J.V. Carbonell, C.M. Rosell // J. Agric. Food Chem. - 2003. - № 51. - P. 3814-3818.
14. Katina, K. Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. / K. Katina, R. Juvonen, A. Laitila, L. Flander, E. Nordlund, S. Kariluoto, K. Poutanen // Cereal Chem. - 2012. - № 89. - P. 126-134.
15. Marcoa, C. Effect of different protein isolates and transglutaminases on rice flour properties / C. Marcoa, C.M. Rosell // J. Food Eng. - 2008. - № 84. - P. 132-139.
16. Slavin, J. Whole grains and human health. J. Slavin // Nutr. Res. Rev. - 2004. - 17. - P. 99-110.
17. Topping, D.J. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health / D.J. Topping // Cereal Sci. - 2007. - № 46. - P. 220-229.
18. Wang, H.H. Effect of pH, corn starch and phosphates on the pasting properties of rice flour / H.H. Wang, D.W. Sun, Q. Zeng, Y. J. Lu // Food Eng. - 2000. - № 46. - P. 133-138.
19. Zhu, L.J. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties / L.J. Zhu, Q.Q. Liu, Y. Sang, M.H. Gu, Y.C. Shi // Food Chem. - 2010. - № 120. - P. 94-100.
20. AACC Method 61-02: Determination of the Pasting Properties of Rice with Rapid Visco-Analyser. In Approved Methods of Analysis, 9th ed.; American Association of Cereal Chemists International: St. Paul, MN, USA, 1995.

REFERENCES

1. Berezov, T.T. Biological chemistry / T. T. Berezov, B. F. Kоровкин. - M.: Medicine, 2002. - 704 p.
2. Goncharova, Yu.K. Molecular labeling of signs that determine the quality of grain in Russian rice varieties / Yu.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, E.A. Malyuchenko, N.Y. Bushman // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. - 2018. - Vol. 22. - № 1. - P. 79-871.
3. Kryukova, E. V. Modeling of organoleptic quality indicators of flour products from secondary types of flour / E. V. Kryukova, O. V. Chugunova, V. M. Tiunov // Technology and commodity science of innovative food products. - 2016. - № 3(38). - P. 80-87.
4. Mysakov, D. S. Rheological properties of dough from secondary types of flour / D. S. Mysakov, V. M. Tiunov, O. V. Chugunova // Science and education. - 2015. - № 3(10). - P. 48-51.
5. Tiunov, V. M. Substantiation of the recipe composition of dry culinary mixtures / V. M. Tiunov, O. V. Chugunova,

- L. A. Kokoreva // The food industry. Food Industry. - 2018. - Vol. 3. - № 2. - P. 22-30.
6. Tiunov, V. M. Features of the development of diets for people with gluten enteropathy / V. M. Tiunov, O. V. Chugunova // Polzunovsky Bulletin. - 2019. - №. 1. - P. 64-70.
7. Ulitin, V.O. On quality traits and their genetic control in oriza L. rice (review) / V.O. Ulitin, E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova // Agricultural biology. - 2012. - Vol. 47. - № 3. - P. 12-18.
8. Fotev, Yu.V. the concept of creating a Russian national system of functional food products / Yu.V. Fotev, V.F. Pivovarov, A.M. Artemyeva, I.M. Kulikov, Yu.K. Goncharova, A.I. Syso, N.P. Goncharov // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. - 2018. - Vol. 22. - № 7. - P. 776-783.
9. Sheudzhen, A.H. Agrochemistry of biogenic elements / A.H. Sheudzhen, T.N. Bondareva, I.A. Lebedovsky, M.A. Osipov. - Krasnodar: KubGAU, 2020. - C. 223.
10. Alvarez-Jubete, L. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients / L. Alvarez-Jubete, E.K. Arendt, E. Gallagher // Int. J. Food Sci. Nutr. - 2010 - № 21. - P. 106-113.
11. Goncharova, Y.K. Biotechnologies in the creation of black and red rice varieties for functional nutrition / Y.K. Goncharova, O.A. Bragina, E.M. Kharitonov, S.V. Goncharov // E3S Web of Conferences. 2. Ser. «International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021» 2021.
12. Goncharova, Y.K. Viability rice seeds with different levels of antioxidants/ Y.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, S.V. Goncharov // E3S Web of Conferences. 2. Ser. «International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021» 2021.
13. Gujral, H.S. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour / H.S. Gujral, I. Guardiola, J.V. Carbonell, C.M. Rosell // J. Agric. Food Chem. - 2003. - 51. - P. 3814-3818.
14. Katina, K. Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. / K. Katina, R. Juvonen, A. Laitila, L. Flander, E. Nordlund, S. Kariluoto, K. Poutanen // Cereal Chem. - 2012. - 89 - P. 126-134.
15. Marcoa, C. Effect of different protein isolates and transglutaminas on rice flour properties / C. Marcoa, C.M. Rosell // J. Food Eng. - 2008. - 84. - P. 132-139.
16. Slavin, J. Whole grains and human health / J. Slavin // Nutr. Res. Rev. - 2004. - 17. - P. 99-110.
17. Topping, D.J. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health / D.J. Topping // Cereal Sci. - 2007. - 46. - P. 220-229.
18. Wang, H.H. Effect of pH, corn starch and phosphates on the pasting properties of rice flour / H.H. Wang, D.W. Sun, Q. Zeng, Y. J. Lu // Food Eng. - 2000. - 46. - P. 133-138.
19. Zhu, L.J. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties / L.J. Zhu, Q.Q. Liu, Y. Sang, M.H. Gu, Y.C. Shi // Food Chem. - 2010. - 120. - P. 94-100.
20. AACC Method 61-02: Determination of the Pasting Properties of Rice with Rapid Visco-Analyser. In Approved Methods of Analysis, 9th ed.; American Association of Cereal Chemists International: St. Paul, MN, USA, 1995.

Юлия Константиновна Гончарова

Заведующая лабораторией генетики и гетерозисной селекции
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru
ООО «Аратай», Участник новационного центра Сколково

Julia Konstantinovna Goncharova

Head of the laboratory of genetics and heterosis selection
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru
Aratay LLC, Participant Skolkovo Innovation Center

Евгений Михайлович Харитонов

Научный руководитель центра
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Evgeny Mikhailovich Kharitonov

Scientific director of the center
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Светлана Андреевна Верещагина

Научный сотрудник лаборатории генетики и гетерозисной селекции
E-mail: svetlana.vereshagina2013@yandex.ru

Svetlana Andreevna Vereshchagina

Researcher at the Laboratory of Genetics and Heterotic Breeding
E-mail: 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 «Федеральный научный центр риса»
350921, Россия, г. Краснодар, пос. 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 10.33775/1684-2464-2022-55-2-57-62
УДК 633.18: 631.811.1: 631.416.1

Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, академик РАН,
Гуторова О.А., д-р с.-х. наук,
Бондарева Т.Н., канд. с.-х. наук,
Хурум Х.Д., д-р с.-х. наук,
Дегтярева В.П., аспирант,
Хачмамук П.Н., канд. с.-х. наук,
Есипенко С.В., канд. с.-х. наук,
Перепелин М.А., аспирант
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ РИСА

Исследования по изучению влияния минеральных и органических удобрений на ростовые процессы растений риса проведены в Красноармейском районе Краснодарского края. Схема полевого опыта включала контроль (без удобрений); технологию выращивания риса в хозяйстве $N_{120}P_{80}K_{60}$; внесение навозной жижи 30 т/га с осени; внесение навозной жижи 30 т/га с осени и ингибитора нитрификации Entec FL; внесение навозной жижи 30 т/га с весны; внесение навозной жижи 30 т/га с весны и ингибитора нитрификации внесение Entec FL. Установлено, что под воздействием удобрений увеличивается высота растений на 8,7-9,2; 8,9-9,5; 6,1-7,9 и 7,7-8,1 см и сухая надземная вегетативная масса – 0,02-0,05; 0,58-0,66; 0,81-0,94 и 0,83-0,96 г соответственно в фазы всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна. Под их влиянием у растений риса возрастает площадь ассимиляционной поверхности листьев в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна на 49,8-51,4; 114,6-135,0 и 42,6-46,6 см² соответственно. Лучшие условия для роста и развития растений риса создаются при осенней заделке в почву навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации.

Ключевые слова: рис, навозная жижа, минеральные удобрения, ингибитор нитрификации, высота растений, сухая масса растений, площадь листьев растений.

INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF RICE PLANTS

Studies on the effect of mineral and organic fertilizers on the growth processes of rice plants were carried out in the Krasnoarmeysky district of the Krasnodar Territory. The scheme of the field experiment included control (without fertilizers); rice cultivation technology on the farm $N_{120}P_{80}K_{60}$; application of slurry 30 t/ha from autumn; slurry 30 t/ha from autumn and nitrification inhibitor Entec FL; slurry 30 t/ha from spring; slurry 30 t/ha from spring and nitrification inhibitor Entec FL. It has been established that under the influence of fertilizers, the height of plants increases by 8.7-9.2; 8.9-9.5; 6.1-7.9 and 7.7-8.1 cm and dry above-ground vegetative mass - 0.02-0.05; 0.58-0.66; 0.81-0.94 and 0.83-0.96 g, respectively, in the phases of seedlings, tillering, heading and full ripeness of the grain. Under their influence, in rice plants, the area of the assimilation surface of leaves in the phases of tillering, heading and full ripeness of the grain increases by 49.8-51.4; 114.6-135.0 and 42.6-46.6 cm², respectively. The best conditions for the growth and development of rice plants are created during the autumn incorporation into the soil of slurry modified with a nitrification inhibitor.

Key words: rice, slurry, mineral fertilizers, nitrification inhibitor, plant height, plant dry weight, plant leaf area.

Введение

Для получения высококачественной продукции растения в соответствии с биологическими требованиями должны обеспечиваться необходимым количеством и соотношением биогенных элементов в процессе всей вегетации. Применение минеральных и органических удобрений создает благоприятные для этого условия. Питательные вещества органических и минеральных удобрений, вносимые в эквивалентных количествах, в большинстве случаев равноценны в отношении урожайности и при правильном их сочетании устраняют специ-

фические недостатки обоих видов удобрений, тем самым создают условия для наиболее рационального их использования [1, 2, 6].

Рис – весьма требовательная культура к минеральному питанию. На формирование 1 т зерна и соответствующего количества соломы растения риса потребляют 20,8 кг азота, 12,4 кг фосфора, 21,5 кг калия. Эти элементы питания рис усваивает на протяжении всего периода вегетации, хотя их поступление в растения неравномерно [6]. Для создания оптимальных условий роста и развития растений надо обеспечить сбалансированное

питание риса всеми необходимыми элементами. Благоприятные почвенно-климатические условия Краснодарского края позволяют при правильном использовании земель и эффективном применении удобрений получать стабильные высокие урожаи этой культуры. Поэтому в научно-обоснованной системе удобрений одно из ведущих мест должно отводиться органическим удобрениям, благоприятно влияющих на агрофизические, агрохимические, биологические и многие другие свойства почв [5, 8].

Цель исследований

Изучить влияние минеральных и органических удобрений на ростовые процессы растений риса.

Материал и методы

Исследования проведены на лугово-черноземной глинистой почве рисовой оросительной системы в Красноармейском районе Краснодарского края. Почва опытного участка характеризуется содержанием общего гумуса 3,3 %, общего азота 0,220 %, подвижного фосфора 39,5 мг/кг, обменного калия 240,0 мг/кг и $pH_{H_2O}=6,6$ [5, 8].

Полевой опыт был заложен по схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. Технология возделывания риса в хозяйстве ($N_{120}P_{80}K_{60}$) [4]; 3. Навозная жижа, 30 т/га (осень); 4. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (осень); 5. Навозная жижа, 30 т/га (весна); 6. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (весна). Агротехника в опыте общепринятая и соответствовала рекомендациям ФНЦ риса [4]. На всех делянках опыта применялись минеральные удобрения – аммофос, карбамид, хлористый калий. Фосфорные и калийные удобрения вносились перед посевом риса. Азотные удобрения – перед посевом и в подкормки (фазы всходы и кущение). Сроки внесения навозной жижи: осень и весна. Ингибитор нитрификации Entec FL добавлялся в ёмкость навозной жижи с дальнейшим перемешиванием [5, 8]. Сорт

риса Полевик. Общая площадь делянки – 1000 м², учётной – 736 м², повторность четырехкратная. Режим орошения – укороченное затопление. Норма высева семян 7 млн. всхожих зерен на гектар.

Отбор растений проводили в фазы всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна. Исследования сопровождались измерением линейных параметров растений (высоты), площади листьев растений портативным измерителем LI-COR, определением накопления сухой массы вегетативными органами растений гравиметрическим методом [3]. Результаты исследований подвергались статистической оценке [7].

Результаты и обсуждение

Рост растений один из основных интегральных показателей, отражающий интенсивность протекания в них физиологических процессов и один из важных критериев при проведении наблюдений за ходом формирования урожая [6]. Обеспеченность растений риса элементами минерального питания путем внесения минеральных и органических удобрений положительно отразилось на их росте (рис. 1). При выращивании риса без удобрений высота растений в фазе всходов составляла 18,6 см, а у растений из удобренных вариантов она была больше на 8,7-9,2 см. Значительных различий между вариантами с внесением удобрений не отмечено. Они заметно проявлялись в фазе кущения, где высота растений относительно контроля увеличивалась на 8,9-9,5 см. Наиболее высокими были растения, отобранные на варианте с осенней заделкой навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации Entec FL (рис. 1).

В фазе выметывания высота растений из удобренных вариантов превышала контрольные на 6,1-7,9 см. При этом интенсивным ростом выделялись растения, выросшие из удобренной с осени почвы навозной жижей, модифицированной ингибитором нитрификации.

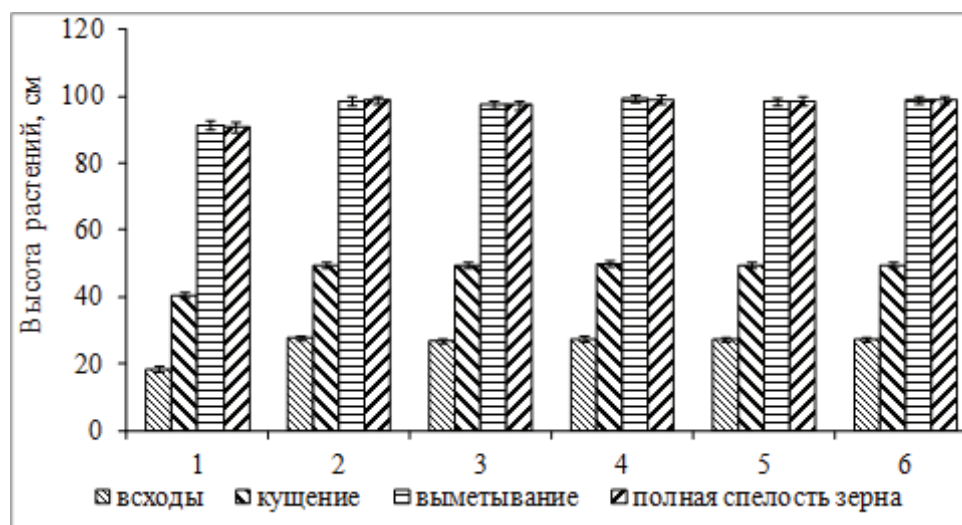


Рисунок 1. Высота растений при применении минеральных и органических удобрений:
1-6 – варианты опыта

Интенсивный начальный рост является условием для формирования посевов риса с большим числом продуктивных стеблей на единице площади. Наиболее интенсивно растения росли в период от всходов до выметывания, а к полной спелости зерна их рост замедлялся. В период созревания риса высота растений на вариантах с применением удобрений была больше контроля на 7,7-8,1 см.

Критерием продуктивности фотосинтеза является накопление сухой биомассы надземными органами растений, интенсивность которого определяется синтезом органических веществ и их расходованием на процесс дыхания [6]. В фазе всходов значительных различий между вариантами по сухой массе растений не наблюдалось. В этот период содержание сухого вещества в контрольных растениях составляло 0,14 г, а в растениях из удобрённых вариантов этот показатель был больше на 0,02-0,05 г.

К фазе кущения различия по сухой массе растений относительно контроля достигали 0,58-0,66 г.

При этом максимальные значения этого показателя наблюдались на варианте с осенним внесением навозной жижи и ингибитора нитрификации. По сравнению с вариантом без добавления последнего накопление сухого вещества растениями было больше на 5,0 % (рис. 2).

К фазе выметывания риса увеличение сухой надземной вегетативной массы растениями относительно предыдущего периода составляло 1,0 г на контроле и 1,21-1,28 г – удобрённых вариантах. Внесённые удобрения способствовали повышению этого показателя относительно контроля на 0,81-0,94 г. При этом наибольшее количество сухого вещества синтезировалось растениями, выращенные на удобрённой с осени почве навозной жижей, модифицированной ингибитором нитрификации. Применение навозной жижи в качестве самостоятельного агроприема также повышало количество сухого вещества в растениях, но меньше на 5,3 %, чем при добавлении в нее ингибитора Entec FL.

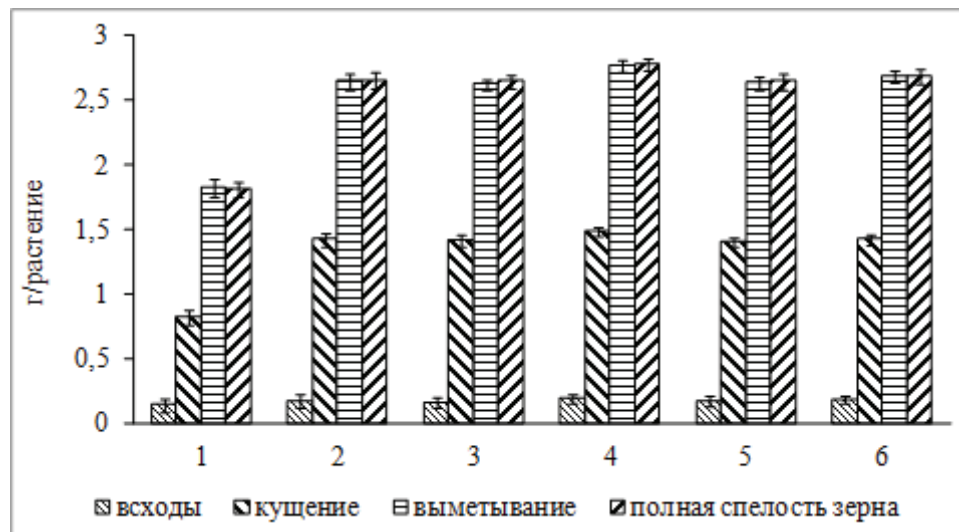


Рисунок 2. Динамика накопления сухой надземной вегетативной массы растениями риса при применении минеральных и органических удобрений: 1-6 – варианты опыта

Весенняя заделка в почву навозной жижи как отдельно, так и с ингибитором нитрификации также положительно отразилась на накоплении сухого вещества растениями риса, но в меньшей степени, чем осенняя. В фазе выметывания этот показатель относительно контроля увеличивался на 44,5 и 47,3 % соответственно, особенно при добавлении ингибитора нитрификации в навозную жижу.

В фазе полной спелости зерна количество сухой массы в растениях на удобрённых вариантах возрастало по отношению к контролю на 0,83-0,96 г. Больше всего органического вещества синтезировалось растениями, выросших на удобрённой с осени почве навозной жижей, модифицированной ингибитором нитрификации. Этот показатель превышал вариант без ингибитора на 4,9 % и был больше на 4,5 % минерального фона. При весен-

нем внесении навозной жижи сухого вещества растениями риса накапливалось больше при добавлении в нее ингибитора нитрификации.

Применение минеральных и органических удобрений повлияло на среднесуточный рост растений в высоту и прирост надземной вегетативной сухой массы (рис. 3). За вегетационный период риса скорость роста растений из удобрённых вариантов была больше контроля на 5,3-6,6 %, а прирост сухой массы – 43,5-50,5 %. Причем по первому показателю значительных различий между удобрёнными вариантами не отмечено. Максимальный прирост сухой массы растений отмечен на варианте с осенним внесением навозной жижи вместе с ингибитором нитрификации. Этот показатель был меньше на 4,9 % у растений, выращенных на удобрённой с осени почве навозной жижей без

ингибитора Entec. По отношению к минеральному фону и весеннему внесению навозной жижи с ин-

гибитором нитрификации и без него различия составляли 3,3-4,5 %.



Рисунок 3. Интенсивность роста растений и прирост надземной вегетативной сухой массы риса: 1-6 варианты опыта

Продуктивность рисового агроценоза в значительной степени определяется площадью ассимиляционной поверхности листьев, от величины которой зависит количество поглощенной солнечной радиации, а, следовательно, и фотосинтетическая деятельность

растений [6]. Наибольшая площадь листьев растений формировалась к фазе выметывания, а к окончанию вегетации риса она уменьшалась вследствие отмирания листьев нижнего яруса. Такая закономерность характерна для всех вариантов опыта (рис. 4).

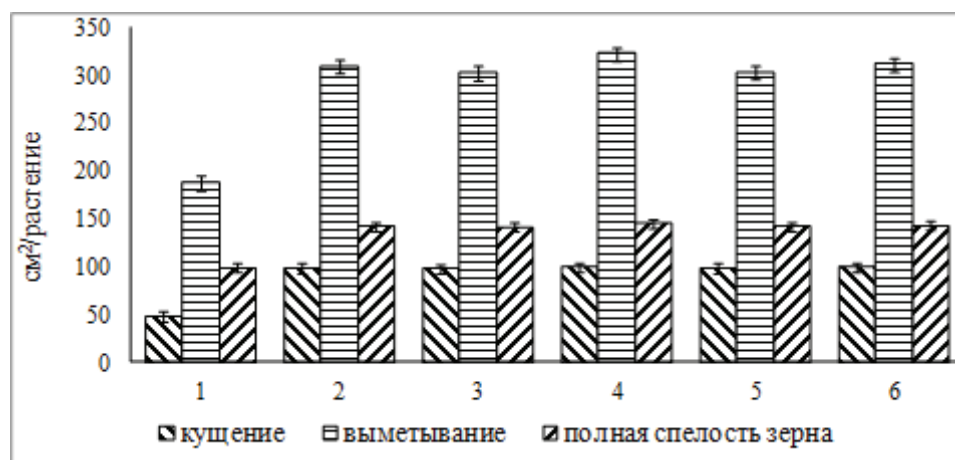


Рисунок 4. Площадь листьев растений риса при применении минеральных и органических удобрений: 1-6 варианты опыта

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению площади ассимиляционного аппарата у растений относительно контроля в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна на 50,7; 121,8 и 43,3 см² соответственно. При использовании навозной жижи независимо от срока ее внесения, как с ингибитором нитрификации, так и без него, этот показатель увеличивался на 49,8-51,4; 114,6-135,0 и 42,6-46,6 см² соответственно. Наибольшее влияние на формирование листовой поверхности растений риса оказала осенняя заделка в почву навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации. Внесение навозной жижи без ингибитора снижало площадь

ассимиляционной поверхности листьев в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна на 1,7; 6,8 и 2,4 % соответственно. Такая же тенденция отмечена на варианте с весенней заделкой в почву навозной жижи – без добавления в нее ингибитора нитрификации площадь листьев растений была меньше на 1,1; 2,9 и 0,8 % соответственно.

Выводы

Минеральные (аммофос, карбамид, хлористый калий) и органические (навоз) удобрения в присутствии ингибитора нитрификации воздействуют на ростовые процессы растений риса. Их применение способствуют увеличению высоты растений на 8,7-9,2; 8,9-9,5; 6,1-7,9 и 7,7-8,1 см, количества

сухой надземной вегетативной массы – 0,02-0,05; 0,58-0,66; 0,81-0,94 и 0,83-0,96 г соответственно в фазы всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна. За период вегетации возрастает скорость роста растений в высоту на 5,3-6,6 % и прирост сухой массы на 43,5-50,5 %. Действие удобрений отражается на увеличении площади ас-

симиляционной поверхности листьев на 49,8-51,4; 114,6-135,0 и 42,6-46,6 см²/раст. соответственно в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна. Лучшие условия для роста и развития растений риса создаются при осенней заделке в почву навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ – 20.1/48.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магомедов, Н.Р. Агробиологическое обоснование применения органических и минеральных удобрений под рис в условиях Терско-Сулакской подпровинции / Н.Р. Магомедов, Ф.М. Казиметова, Д.Ю. Сулейманов, Р.Г. Абдуллаева // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 39. – С. 84-89.
2. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
3. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. – 3-е изд., перераб. и допол. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
4. Система рисоводства Краснодарского края / Под общ. редакцией Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
5. Шеуджен, А.Х. Эффективность применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, В.П. Дегтярева, П.Н. Хачмамук, С.В. Есипенко // Земледелие. – 2021. – № 5. – С. 20-26.
6. Шеуджен, А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
7. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований статистическая оценка их результатов: учеб. пособ. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.
8. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

REFERENCES

1. Magomedov, N.R. Agrobiological substantiation of the use of organic and mineral fertilizers for rice in the conditions of the Terek-Sulak subprovince / N.R. Magomedov, F.M. Kazimetova, D.Yu. Suleimanov, R.G. Abdullayeva // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. – 2019. – № 39. – P. 84-89.
2. Mineev, V.G. Biological agriculture and mineral fertilizers / V.G. Mineev, B. Debreceeny, T. Mazur. Ed. V.G. Mineev. – M.: Kolos, 1993. – 415 p.
3. Workshop on plant physiology / N.N. Tretyakov, T.V. Karnaukhova, L.A. Panichkin et al. – 3rd edition, revised and enlarged. – M.: Agropromizdat, 1990. – 271 p.
4. The system of rice growing of the Krasnodar Territory / Under total. edited by E.M. Kharitonov. – Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2005. – 340 p.
5. Sheudzhen, A.Kh. The effectiveness of the use of slurry modified with a nitrification inhibitor in the rice fields of the Kuban / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova, T.N. Bondareva, Kh.D. Khurum, V.P. Degtyareva, P.N. Khachmamuk, S.V. Esipenko // Agriculture. – 2021. – № 5. – P. 20-26.
6. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry and physiology of rice nutrition / A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2005. – 1012 p.
7. Sheudzhen, A.Kh. Methods of agrochemical research, statistical evaluation of their results: textbook. allowance 2nd ed. revised and additional / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondarev. – Maykop: JSC «Polygraph-Yug», 2015. – 664 p.
8. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

Асхад Хазретович Шеуджен

Заведующий кафедрой агрохимии
Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина,
заведующий отделом прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»,
E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Оксана Александровна Гуторова

Доцент кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина
E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Татьяна Николаевна Бондарева

Ведущий научный сотрудник отдела прецизионных
технологий ФГБНУ «ФНЦ риса», доцент кафедры
агрохимии Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина
E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

Хазрет Довлетович Хурум

Профессор кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина

Виктория Петровна Дегтярева

Младший научный сотрудник отдела
прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса»,
аспирант кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина

Пшемаф Нурбиевич Хачмамук

Младший научный сотрудник отдела
прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса»

Сергей Владимирович Есипенко

доцент кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина

Максим Андреевич Перепелин

Младший научный сотрудник отдела
прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса»,
аспирант кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина

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

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

Askhad Khazretovich Sheudzen

Head of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin,
Head of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre,
E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Oksana Alexandrovna Gutorova

Associate professor of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin
E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Tatyana Nikolaevna Bondareva

Leading researcher of precise technologies depart-
ment, FSBSI Federal Scientific Rice Centre, associate
professor of agrochemistry department, KubSAU
named after I.T. Trubilin
E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

Khazret Dovletovich Hurum

Professor of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin

Victoria Petrovna Degtyareva

Junior Researcher of precise technologies depart-
ment, FSBSI Federal Scientific Rice Centre, postgrad-
uate student of agrochemistry department, KubSAU
named after I.T. Trubilin

Pshemaf Nurbievich Khachmamuk

Junior Researcher of precise technologies depart-
ment, FSBSI Federal Scientific Rice Centre

Sergey Vladimirovich Esipenko

associate professor of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin

Maxim Andreevich Perepelin

Junior Researcher of precise technologies depart-
ment, FSBSI Federal Scientific Rice Centre, postgrad-
uate student of agrochemistry department, KubSAU
named after I.T. Trubilin

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-63-67
УДК 631.453

Тараненко В.В., канд. с.-х. наук,
Шарифуллин Р.С., канд. с.-х. наук,
Слепцова О.И.
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТА ТРЕПЕЛ НА КУЛЬТУРЕ КАРТОФЕЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

В статье представлены результаты влияния разных доз внесения сорбента трепел под культуру картофеля. Целью исследований являлось определение эффективности применения сорбента трепел на картофеле среднераннего сорта Гала. Испытания проходили в полевом мелко-деляночном опыте в 2020 и 2021 гг. на опытно-производственном участке ФНЦ биологической защиты растений, г. Краснодар. Опытный участок расположен вне севооборота. Почвенный покров участка – чернозем выщелоченный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, pH водной вытяжки – (6,8–7,0). Содержание подвижных форм фосфора 18,2 мг/100 г почвы, калия – 33,3 мг/100 г почвы. Участок выровнен, эрозии не подвержен. Наименьшая влагоёмкость почвы 35,9 %, гигроскопичность – 11,6 %. Коэффициент фильтрации 0,60 мм/мин. Указанная почва характеризуется средним механическим составом. Структура пахотного слоя – комковато-зернистая. Количество водопрочных агрегатов в некоторых случаях достигает 56–68 %, однако значительно изменяется в зависимости от обработки почвы, что оказывает существенное влияние на водно-физические свойства. Эти почвы длительное время удерживают в активном корнеобитаемом слое большое количество воды, однако значительная часть ее для растений остается недоступной. Совместно при посадке клубней картофеля в лунки вносили сорбент трепел (доза 100, 200, 300 г/лунку). Проведёнными исследованиями установлено, что урожайность культуры картофеля сорта Гала увеличилась на 13,6–26,7 %, содержание питательных веществ при этом возросло по сравнению с контролем от 1,2 до 5,1 %. Отмечено также положительное влияние испытуемого сорбента на рост и развитие органов, формирующих структуру урожая, и фотосинтетическую деятельность растений картофеля.

Ключевые слова: картофель, сорт, сорбент, урожай, качество.

EFFICIENCY OF USING TRIPOLI SORBENT ON POTATO CROPS IN THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR REGION

The article presents the results of the influence of different doses of sorbent application on potato crop. Purpose of the research was to determine the efficiency of using tripoli sorbent on medium-early potato variety Gala. The tests were carried out in a field small-plot experiment in 2020 and 2021 at the experimental site of the Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar. The experimental plot is located outside the crop rotation. The soil cover of the plot is leached thick heavy loamy chernozem. Humus content in the arable layer is 3.2 %, the pH of the water extract is (6.8 – 7.0). The content of mobile forms of phosphorus is 18.2 mg/100 g of soil, potassium – 33.3 mg/100 g of soil. The site is leveled, not subject to erosion. The lowest moisture capacity of the soil is 35.9%, hygroscopicity – 11.6%. Filtration coefficient is 0.60 mm/min. The indicated soil is characterized by an average mechanical composition. The structure of the arable layer is lumpy-granular. The number of water-stable aggregates in some cases reaches 56–68 %, however, it varies significantly depending on soil cultivation, which has a significant impact on water-physical properties. These soils retain a large amount of water in the active root layer for a long time, but a significant part of it remains inaccessible to plants. When planting potato tubers, tripoli sorbent was added to the wells (dose 100, 200, 300 g/well). The conducted studies have established that the yield of the potato crop, variety Gala increased by 13.6–26.7 %, while the nutrient content increased from 1.2 to 5.1 % compared to the control. A positive effect of the test sorbent on the growth and development of organs that form the yield structure and the photosynthetic activity of potato plants was also noted.

Key words: potato, variety, sorbent, yield, quality.

Введение

В настоящее время препараты со свойствами сорбентов находят всё более широкое применение в сельском хозяйстве. Наиболее крупные месторождения трепела находятся в Южной Африке, США и России. Общий мировой запас цеолитсо-

держащих пород, в частности трепела, составляет по меньшей мере 1 млрд тонн. Крупнейшими добытчиками сырья в мире считаются Китай, Турция, Словения, Россия, США.

Сельскохозяйственная отрасль – одна из наиболее обширных отраслей использующих трепел.

Применение циолитсодержащих пород в сельском хозяйстве увеличивается с каждым годом [6]. Популярность используемого минерала трепел как удобрения органического состава и производства субстратов для почвы всё больше находит своё применение. Внесение удобрения в кислую почву несколько нейтрализует нитрат аммония, в плане кислотности и в процессе адсорбции связывает аммонийный азот и удерживает его в таком состоянии длительное время. Этим самым, не давая ему подавлять нитрат аммония и его положительное воздействие на продуктивность растений [1, 2, 6]. К тому же трепел и схожие с ним добавки, содержат необходимые для почвы микроэлементы [7-10]. Минеральный состав трепела Зинеевского месторождения Калужской области: кварц - 32,0 %, полевой шпат - 2,5 %, гидрослюда - 1,5 %, монтмориллонит - 8,0 %, опал - 51,0 % и клиноптиллонит - 5,0 %; химический состав: SiO_2 - 85...89 %, Al_2O_3 - 9,14 %, Fe_2O_3 - 5,0 %, CaO - 1,55 %, MgO - 1,3 %, SO_3 - 1.09 %.

Учитывая, что в доступной литературе практически отсутствует информация об эффективности глинистых минералов ряда российских месторождений, появилась необходимость в испытании сорбента трепела Зинеевского месторождения Калужской области на выщелоченном чернозёме Центральной зоны Краснодарского края.

Цель исследований

Определить эффективность применения сорбента трепел на культуре картофеля среднераннего сорта Гала.

Материалы и методы

Полевые исследования проводили на экспериментальной базе ФНЦ биологической защиты растений в 2020-2021 гг., которая находится на Северо-Западной окраине г. Краснодара и входит в

Центральную агроклиматическую зону края. Эта зона сложилась по правому берегу реки Кубань. Опытный участок расположен вне севооборота. Почвенный покров участка – чернозем выщелоченный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, pH водной вытяжки - (6,8-7,0). Содержание подвижных форм фосфора 18,2 мг/100 г почвы, калия – 33,3 мг/100 г почвы.

Участок выровнен, эрозии не подвержен. Наименьшая влагоёмкость почвы 35,9 %, гигроскопичность – 11,6 %. Коэффициент фильтрации 0,60 мм/мин.

Указанная почва характеризуется средним механическим составом. Структура пахотного слоя – комковато-зернистая. Количество водопрочных агрегатов в некоторых случаях достигает 56 – 68 %, однако значительно изменяется в зависимости от обработки почвы, что оказывает существенное влияние на водно-физические свойства. Эти почвы длительное время удерживают в активном корнеобитаемом слое большое количество воды, однако значительная часть ее для растений остается недоступной.

По данным метеостанции «Круглик» г. Краснодара, метеорологические условия в годы проведения опытов (2020–2021 гг.) были различными. Температура воздуха 2021 г. в течение вегетационного периода растений картофеля была несколько выше средней многолетней на 2 – 4° С. Самая высокая температура наблюдалась в 2020 г, которая превышала среднемноголетние значения на 7 – 10 °С.

Суммарное количество осадков за период от посадки до уборки (апрель - июль) составило в 2020 г. - 110,7 мм, 2021 г - 363,8 мм, при среднемноголетней норме - 302,3 мм (Рис.).

В опыте использовали оздоровленный материал среднераннего сорта Гала (элита). Удобрения не вносились.

Схема полевого опыта

№ п/п	Вариант	Норма применения г/лунку
1	сорбент	100
2	сорбент	200
3	сорбент	300
4	контроль без внесения	-

Уход за посадками картофеля включал три междурядные обработки, окучивание, двукратную обработку против колорадского жука. Уборка проводилась методом сплошного выкапывания клубней на делянках и последующего взвешивания. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения, развитие болезней, урожайность и содержание: сухого вещества, крахмала, сахара, витамина С.

Закладку полевого опыта, проведение сопутствующих наблюдений, анализов, учётов выполняли в соответствии с Руководством проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском

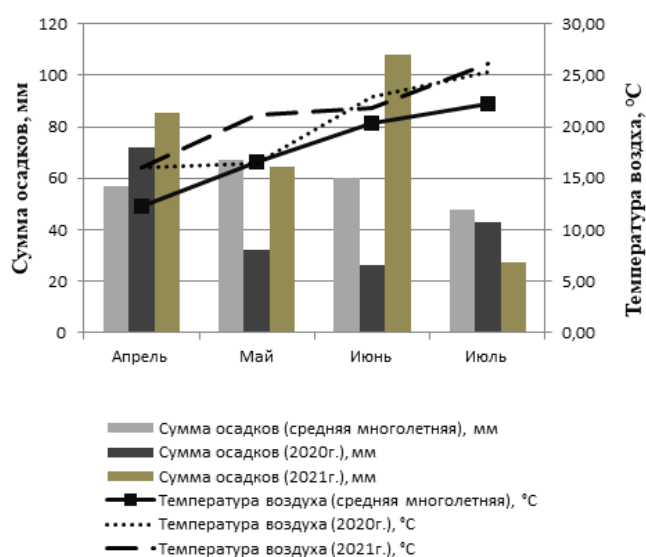


Рисунок. Климатограмма вегетационного периода картофеля.

хозяйстве (2018). Общая площадь посадки 200 м². Учётная площадь делянки - 10 м². Схема посадки 70 x 35 см. Повторность четырёхкратная. Размещение делянок систематическое.

Статистическую обработку полученных в опыте данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2016 по методике Б. А. Доспехова (2014). Сахар определяли рефрактометром Atago PAL - 3. Аналитические работы проведены в лаборатории агрохимии и почвоведения ФНЦ риса. [3, 4, 5]

Результаты и обсуждение

При проведении фенологических учётов было установлено, что при разных погодных условиях внесённый сорбент не способствовал более раннему появлению полных всходов (табл. 1).

Таблица 1. Влияние сорбента на сроки наступления фаз развития картофеля (среднее за 2020-2021 гг.)

Вариант	Продолжительность межфазных периодов, дней		
	посадка - всходы	всходы - бутонизация	бутонизация - цветение
1	22	25	24
2	23	26	23
3	24	27	25
4	20	32	27

В вариантах с внесённым сорбентом в лунки всходы появились на 2-4 дня позднее по сравнению с контролем, в зависимости от внесения. Однако наступление фаз развития в последующем происходило с опережением, но уже на 5-7 дней по сравнению с контролем. Возможно, это объясняется внесением сорбента в лунку с клубнем картофеля в результате чего происходит адсорбция воды из клубня. На весь процесс тратится время, поэтому происходит задержка в появлении всходов. Однако в дальнейшем этот процесс задержки компенсируется более интенсивным ростом растений и приводит к более быстрому наступлению бутонизации и цветения.

Таким образом, в дальнейшем это способствует появлению большого количества стеблей и, как следствие всех этих процессов, увеличивается ассимиляционная поверхность листьев картофеля. В конечном итоге сорбент приводит к увеличению продуктивности и качества продукции картофеля сорта Гала.

Оценка структуры урожая картофеля, представленной в таблице 2, показывает, что доля товарной фракции увеличивается при применении сорбента трепел по сравнению с контролем без обработки. Аналогично масса товарного клубня вариантов опыта превышала контроль.

Таблица 2. Влияние сорбента трепел на структуру урожая картофеля сорта Гала (среднее за 2020-2021 гг.)

Вариант	Фракции по массе, %				Средняя масса товарного клубня, г
	мелкая <30 мм	семенная 30-50 мм	средняя 50-60 мм	крупная >60 мм	
сорбент-100	9,2	28,4	24,3	38,1	97,0
сорбент-200	8,4	21,2	26,0	44,4	106,2
сорбент-300	6,5	26,7	17,3	49,5	89,1
контроль	26,1	25,8	21,9	26,2	79,9
НСП ₀₅	1,8	3,7	2,0	9,1	12,4

Анализ урожайных данных показал, что наибольшая прибавка получена на варианте с применением сорбента в дозе 200 г на лунку. В этом варианте, в среднем за два года испытаний прибавка к контро-

лю составила 26,7 %. Меньшая, но также достоверная прибавка урожая была получена на вариантах с применением сорбента 100 г/лунку и 300 г/лунку 18,3 % и 13,6 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Влияние сорбента трепел на урожайность картофеля сорта Гала (среднее за 2020 - 2021 гг.)

Вариант	Норма внесения, г/лунку	Урожайность, т/га	Прибавка	
			т/га	%
сорбент	100	32,3	5,0	18,3
сорбент	200	34,6	7,3	26,7
сорбент	300	31,0	3,7	13,6
контроль	-	27,3	-	-
НСП ₀₅	-	1,1	-	-

Наибольшее накопление сухого вещества происходило при сухой и жаркой погоде и зависело от влагообеспеченности в период вегетации. Во влажную и прохладную погоду, накопление сухого вещества замедлялось и уменьшалось. В засушливый 2020 год сухих веществ в клубнях картофеля содержалось больше, по сравнению с 2021 годом. При внесении сорбента трепел в дозе 100-300 г/лунку варьирование составило от 19 до 24 % (табл. 4). Содержание

крахмала в клубнях картофеля варьировало от 14,58 на контроле до 17,86 % в варианте с внесением сорбента дозой 200 г/лунку. В незначительных пределах проходило накопление простых сахаров в вариантах опыта. Увеличение содержания витамина С в опытах с внесением сорбента дозой 100 г/лунку и 200 г/лунку составило 0,87 % и 3,07 % по отношению к контролю. В варианте с дозой внесения 300 г/лунку наблюдается снижение витамина С.

Таблица 4. Результаты биохимического анализа картофеля сорта Гала (среднее за 2020-2021 гг.)

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Простые сахара, %	Витамин С, мг
сорбент - 100	21,16	16,52	7,1	12,16
сорбент - 200	23,75	17,86	6,8	14,38
сорбент - 300	19,85	15,80	6,2	9,57
контроль	18,68	14,58	6,0	11,31
НСР ₀₅	2,1	1,8	0,3	1,3

Выводы

Результаты полевого опыта свидетельствуют о том, что сорбент трепел оказывает положительное действие на растения картофеля. В результате исследований получены результаты о влиянии сорбента на фотосинтетические процессы и как следствие в итоге на урожайность и качество продукции. Таким образом, применение сорбен-

та трепел является перспективным приёмом, который позволит повысить продуктивность и качество картофеля в полевых условиях Центральной зоны Краснодарского края. Поэтому изучение сорбентов разных месторождений в настоящий момент имеет актуальный характер, так как каждый сорбент необходимо исследовать индивидуально.

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2022-0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, В.С. Пролонгирующее влияние цеолитсодержащих пород Краснодарского края на азотные удобрения / В.С. Белоусов, В. В. Тараненко, Л.В. Дядюченко // Агрохимия. - 2019. - № 2. - С. 37-42.
2. Белоусов, В.С. Применение сорбционных композиций для детоксикации почв, загрязнённых остатками пестицидов / В.С. Белоусов, В.В. Тараненко, А.Б. Володин, С.И. Капустин, Ю.И. Паньков // Рекомендации. - Ставрополь, 2019. - 12 с.
3. Дышко, В.Н. Агрохимические методы исследований: учебно-методическое пособие / В.Н. Дышко, В.В. Дышко, П.В. Романенко - Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. - 48 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основаниями статистической обработки результатов исследований. М: Книга по требованию. - 2012. - 352 с.
5. Кидин, В.В. и др. Практикум по агрохимии. - М., Колос, 2008. - 600 с.
6. Тараненко, В. В. Оценка биологической активности минерального препарата Сорбент / В. В. Тараненко, Р. С. Шарифуллин // В сборнике Защита растений от вредных организмов: материалы 10-й Международной научно-практической конференции, Краснодар 21-25 июня 2021 г.- Краснодар, 2021. - С. 356-359.
7. Чемищев, Н. Ф. Использование природных цеолитов / Н. Ф. Чемищев, Р. В. Чемищева // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1978. - №2. - С. 126-128.
8. Belviso, C. Immobilization of Zn and Pb in Polluted Soil by In Situ Crystallization Zeolites from Fly Ash / C. Belviso, F. Cavalcante, P. Ragone, S. Fiore // Water air and soil Pollution.- 2012.- V. 223. - I. 8. - P. 5357-5364.
9. Shi, W. Y. Effect of Natural Zeolite Application on Vitrite Concentrations in Rape (Brassica campestris L.) in Pb-Contaminated Soils in Peri- Urban Areas / W. Y. Shi, H. Li, S. Du, Y. P. Chen, K. B. Wang // Cleansoil air Water.- 2015. - V. 43. - I. 3. - P. 408-413.
10. Shaheen, S. M. Impact of emerging and low cost alternative amendments on the (im) mobilization and phytoavailability of Cd and Pb in a contaminated floodplain soil / S. M. Shaheen, J. Rinklebe // Ecological Engineering.- 2015.- V. 74 - P. 319-326.

REFERENCES

1. Belousov, V.S. Prolonging effect of zeolite-containing rocks of Krasnodar region on nitrogen fertilizers / V.S. Belousov, V.V. Taranenko, L.V. Dyadyuchenko // Agrochemistry. - 2019. - № 2. - P. 37-42.
2. Belousov, V.S. Application of sorption compositions for detoxification of soils contaminated with pesticide residues / V.S. Belousov, V.V. Taranenko, A.B. Volodin, S.I. Kapustin, Yu.I. Pankov // Recommendations. - Stavropol, 2019.- 12 p.

3. Dyshko, V.N. Agrochemical research methods: guidance manual / V.N. Dyshko, V.V. Dyshko, P.V. Romanenko - Smolensk: FSEI HPE "Smolensk State Agricultural Academy", 2014. - 48 p.
4. Dospekhov, B.A. Methodology of field experiment with the bases of statistical processing of research results. M: Book on demand. - 2012. - 352 p.
5. Kidin, V.V. etc. Workshop on agrochemistry. - M., Kolos, 2008. - 600 p.
6. Taranenko, V. V. Evaluation of the biological activity of the mineral preparation Sorbent / V. V. Taranenko, R. S. Sharifullin // In the collection: Protection of plants from pests: materials of the 10th International scientific and practical conference. - Krasnodar, 2021. - P. 356-359.
7. Chemischev, N. F. The use of natural zeolites / N. F. Chemischev, R. V. Chemischeva // Bulletin of Agricultural Science. - 1978. - № 2. - P. 126-128.
8. Belviso, C. Immobilization of Zn and Pb in Polluted Soil by In Situ Crystallization Zeolites from Fly Ash / C. Belviso, F. Cavalcante, P. Ragone, S. Fiore // Water air and soil Pollution. - 2012. - V. 223. - I. 8. - P. 5357-5364.
9. Shi, W. Y. Effect of Natural Zeolite Application on Vitrite Concentrations in Rape (*Brassica campestris* L.) in Pb-Contaminated Soils in Peri- Urban Areas / W. Y. Shi, H. Li, S. Du, Y. P. Chen, K. B. Wang // Clean soil air Water. - 2015. - V. 43. - I. 3. - P. 408-413.
10. Shaheen, S. M. Impact of emerging and low cost alternative amendments on the (im) mobilization and phytoavailability of Cd and Pb in a contaminated floodplain soil / S. M. Shaheen, J. Rinklebe // Ecological Engineering. - 2015. - V. 74 - P. 319-326.

Виктор Владимирович Тараненко

Старший научный сотрудник лаборатории
иммунитета растений к болезням
E-mail: virtarantn@rambler.ru

ФГБНУ «Федеральный научный центр
биологической защиты растений»
350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39

Раис Саидович Шарифуллин

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

Оксана Ивановна Слепцова

Младший научный сотрудник лаборатории
агрохимии и почвоведения

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

Victor Vladimirovich Taranenko

Senior Researcher of the Laboratory
plant immunity to disease
E-mail: virtarantn@rambler.ru

FSBSI «Federal Research Center
for Biological Plant» Protection
39, Krasnodar, 350039, Russia

Rais Saidovich Sharifullin

Senior scientist of laboratory of
agrochemistri and soil studies
E-mail: sharifullinrais@yandex.ru

Oksana Ivanovna Sleptsova

Junior scientist of laboratory of
agrochemistri and soil studies

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-68-75
УДК 631.5:631.445.4(470.62)

Слюсарев В.Н., д-р с.-х. наук, профессор,
Тешева С.А., канд. биол. наук,
Осипов А.В., канд. с.-х. наук, доцент,
Швец Т.В., канд. с.-х. наук, доцент
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

В статье дается оценка современного состояния черноземов выщелоченных Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга. Рассматриваются особенности изменения плодородия чернозема выщелоченного при различных системах их обработки, применения удобрений за ротацию севооборота с целью разработки наиболее эффективных приемов воспроизводства плодородия и повышения продуктивности почв. Установлено, что внесение высоких доз органических удобрений способствовало улучшению агрофизических и физико-химических свойств чернозема, в сравнении с экстенсивной технологией. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется. Интенсификация технологий в севообороте с использованием безотвальной системы обработки почвы способствовала улучшению гумусного состояния чернозема выщелоченного при возделывании полевых культур на Азово-Кубанской низменности. Максимальное положительное влияние на свойства чернозема оказал фактор уровня плодородия почвы. Ограничивающими фактором в увеличении содержания и запасов гумуса в черноземе являлись интенсификация системы основной обработки почвы и системы защиты растений. Положительный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечен при выращивании люцерны 3-го года и кукурузы, независимо от технологии их возделывания. Максимальное накопление гумуса в черноземе выщелоченном установлено под люцерной второго года жизни и составляло от +1,72 (0003) до +2,32 т/га (3332), что объясняется наибольшей ее урожайностью и значительной массой оставляемых в почве пожнивных и корневых остатков.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, плодородие, агроэкологический мониторинг, технология возделывания, система обработки почвы, система защиты растений, гумусное состояние.

IMPACT OF LONG-TERM CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS WITH DIFFERENT TECHNOLOGIES ON PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM IN WESTERN CISCAUCASIA

The article presents the results of current state of leached chernozems in Western Ciscaucasia in the system of agroecological monitoring. The features of changes in the fertility of leached chernozems under various systems of their processing, the use of fertilizers for crop rotation in order to develop the most effective methods for reproducing fertility and increasing soil productivity are considered. It has been established that the introduction of high doses of organic fertilizers contributed to the improvement of the agrophysical and physicochemical properties of chernozem, in comparison with extensive technology. Regardless of agricultural technologies, the granulometric composition of leached chernozem does not change. The intensification of technologies in crop rotation with the use of a moldless tillage system contributed to the improvement of the humus state of leached chernozem during the cultivation of field crops in the Azov-Kuban lowland. The factor of the level of soil fertility had the maximum positive impact on the properties of chernozem. The limiting factor in increasing the content and reserves of humus in the chernozem was the intensification of the system of basic tillage and the system of plant protection.

Key words: leached chernozem, fertility, agroecological monitoring, cultivation technology, tillage system, system of plant protection, humus state.

Введение

Азово-Кубанская низменность расположена в равнинной части Краснодарского края, входит в Западное Предкавказье и является уникальным природным объектом Северо-Кавказского экономического района Российской Федерации. В поч-

венном покрове региона преобладают высокоплодородные черноземы. Однако плодородие почв и составляющие его элементы под влиянием природных факторов и хозяйственной деятельности человека подвергаются непрерывному изменению. При этом направление и темп этих изменений

далеко не всегда являются благоприятными для земледелия [7].

В южной части Азово-Кубанской низменности Краснодарского края сформировались, в основном, черноземы выщелоченные. Общая площадь их составляет 240,7 тыс. га, в том числе пашня – 160,2 тыс. га. Длительное интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов привело к дисбалансу между его потенциальным и эффективным плодородием [6, 7]. Потеря гумуса в черноземах региона за последние 30-40 лет составила более 30 % от его исходного содержания, что значительно ухудшило их свойства [1-3, 6, 8, 9, 10].

Цель исследования

Изучить изменения свойств черноземов, их гумусного состояния при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур с целью повышения продуктивности земельных угодий на Азово-Кубанской низменности.

Материалы и методы

Многолетние исследования проводились в системе агроэкологического мониторинга в типичном равнинном агроландшафте южной части Азово-Кубанской низменности в рамках стационарного многофакторного опыта на опытном поле Кубанского ГАУ.

Основная часть наблюдений, учетов и анализов в наших исследованиях проводились на вариантах 000, 111, 222 и 333 на фоне безотвальной (D_1), рекомендуемой (D_2) и отвальной (D_3) с последствием глубокого рыхления основной обработке почвы.

При обозначении вариантов опыта принята специальная их индексация:

- первая цифра – уровень плодородия почвы – А (0-

контроль, 1- средний, 2- повышенный, 3- высокий),
- вторая – норма удобрения – В (0 - контроль, 1- минимальная, 2- средняя, 3- высокая),
- третья – система защиты растений – С (0 - контроль, 1- биологическая система защиты растений от вредителей и болезней, 2- химическая защита от сорняков, 3- химическая защита растений от вредителей, болезней и сорняков),
- четвертая – обработка почвы – D (1- безотвальная, 2- рекомендуемая, 3- отвальная с глубоким рыхлением до 70 см дважды за ротацию).

При описании результатов исследований пять технологий были приняты за базовые и условно названы: 000 – экстенсивная, 111- беспестицидная, 222- экологически допустимая, 333- интенсивная и 022- традиционная.

Чтобы выйти на заданный уровень плодородия чернозема выщелоченного при закладке стационарного опыта в начале 1-й (1992г.), 2-й (2004г.) и третьей (2016г.) ротации севооборота (1-е поле) на основе существующих нормативных показателей путем последовательного внесения возрастающих доз полуперепревшего навоза КРС и суперфосфата создали четыре модели уровней плодородия почвы (А): A_1 – 200 кг/га P_2O_5 и 200 т/га подстилочного навоза; A_2 – дозы удобрений удваивались; A_3 – утраивались; A_0 – естественный фон плодородия.

Нормы удобрения (фактор В) под полевые культуры в изучаемом звене севооборота определялись на основе балансового метода с учетом планируемой урожайности, требуемого качества продукции, заданных темпов повышения плодородия, благоприятного состояния окружающей среды (табл. 1).

Таблица 1. Нормы минеральных удобрений в посевах люцерны (поле №1), кг/га д. в.

№ пп	Культура	B_0	B_1	B_2	B_3
		без удобрения	минимальная	средняя	высокая
1	Люцерна 1-го года	0	$N_{20}P_{20}K_{20}$ РзОКзО	$N_{40}P_{40}K_{40}$ Р ₆₀ К ₆₀	$N_{80}P_{80}K_{80}$ Р ₁₂₀ К ₁₂₀
2	Люцерна 2-го года	0	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
3	Люцерна 3-го года	0	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$

Третьим фактором (С), изучаемым в опыте, была система защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Она строилась с учетом экологического порога их вредоносности: C_0 - без применения средств защиты растений, C_1 - биологическая система защиты растений от болезней и вредителей, C_2 - химическая защита от сорняков, C_3 - химическая защита от болезней, вредителей и сорняков.

Исследования проводились на фоне трех способов обработки почвы (D).

Полевые культуры возделывались различными технологиями в течение трех ротаций, третья ротация проводится с 2016 г по настоящее время. Чередование сельскохозяйственных культур в полевом севообороте следующее: подсолнечник – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимая пшеница –

сахарная свекла – озимая пшеница – люцерна 1-го года с подсевом ярового ячменя – люцерна 2-го года – люцерна 3-го года – озимая пшеница – озимый ячмень.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках.

Схема опыта была представлена частью выборки из полной схемы длительного многофакторного полевого опыта ($4 \times 4 \times 4$) $\times$ 3 и включала 12 вариантов из 48 с условным названием агротехнологий: 000 (экстенсивная технология), 111 (беспестицидная), 222 (экологически допустимая), 333 (интенсивная) – на трех изучаемых системах основной обработки почвы (D_1 , D_2 , D_3). Площадь делянки: общая – 105 м², учетная – от 34,0 до 47,6 м² в зависимости

от культуры звена севооборота. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое.

Отбор почвенных образцов проводился методом сплошной колонки в слоях 0–20, 20–40 и 40–60 см под всеми культурами севооборота в летний период (июль-август). В образцах почвы определяли и рассчитывали показатели по общепринятым методикам: общий гумус по методу И. В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, фракционно-группового состава гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой, баланса гумуса – расчетным способом, гранулометрический анализ по Н.А. Качинскому, сумма поглощенных оснований методом Каппена-Гильковица, гидролитическая кислотность по Каппену, актуальная и обменная кислотность почвы – потенциометрически; плотность почвы – методом режущего кольца, плотность твердой фазы почвы – пикнометрически, общая пористость – расчетным способом, полная влагоемкость – методом насыщения [6].

Результаты и обсуждение

Гранулометрический состав является важнейшей характеристикой почвы. От него зависят агрофизические, агрохимические, физико-химические и другие свойства почвы и, в

целом, ее плодородие.

Исследованиями установлено, что в течение третьей ротации сельскохозяйственных культур в системе агроэкологического мониторинга, независимо от степени интенсивности агротехнологий, уровня плодородия, системы применения удобрений и защиты растений и системы обработки почвы гранулометрический состав чернозема выщелоченного практически не изменился, подтверждая, что он является наиболее консервативной характеристикой его свойств [4]. По гранулометрическому составу чернозем выщелоченный относится к легкой иловато-пылевой глине с содержанием в слое 0–100 см физической глины (частиц менее 0,01 мм) 60,3–63,9 %, ила (менее 0,001 мм) 36,2–41,0 %. Распределение механических фракций по профилю указанных слоев относительно равномерное.

При сельскохозяйственном использовании почв, особенно длительном, изменяются их агрофизические свойства: плотность, плотность твердой фазы, пористость общая и влагоемкость [10, 18, 20]. Проведенными исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий, и в первую очередь, при внесении высоких доз органических удобрений, улучшаются агрофизические свойства почвы (табл. 2).

Таблица 2. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного при возделывании полевых культур альтернативными технологиями (2016–2021 гг.)

Технология (индекс)	Глубина отбора образца, см	Плотность	Плотность твердой фазы	Пористость общая	Полная влагоемкость
		г/см ³		%	
Экстенсивная (0002)	0–20	1,28	2,68	52,3	40,8
	20–40	1,36	2,70	49,7	36,5
	40–60	1,39	2,70	48,6	35,0
	60–80	1,42	2,72	47,8	33,7
	80–100	1,45	2,72	46,7	32,2
Беспестицидная (1112)	0–20	1,24	2,66	53,4	43,1
	20–40	1,28	2,66	51,9	40,5
	40–60	1,34	2,68	50,0	37,3
	60–80	1,38	2,69	48,7	35,3
	80–100	1,38	2,71	49,1	35,6
Экологическая (2222)	0–20	1,20	2,64	54,6	45,5
	20–40	1,29	2,64	51,2	39,7
	40–60	1,35	2,66	49,3	36,5
	60–80	1,37	2,68	48,9	35,7
	80–100	1,37	2,68	48,9	35,7
Интенсивная (3332)	0–20	1,17	2,60	55,0	47,0
	20–40	1,27	2,64	51,9	40,9
	40–60	1,33	2,64	49,7	37,4
	60–80	1,36	2,66	48,9	35,9
	80–100	1,39	2,68	48,2	34,7

Плотность чернозема выщелоченного в слое 0–100 см при использовании зональной системы обработки почвы третьей ротации возделывания полевых культур альтернативными технологиями составляет, соответственно, 1,28–1,45 г/см³ на экстенсивной (0002), 1,24–1,38 г/см³ на беспестицидной

(1112), 1,20–1,37 г/см³ на экологически допустимой (2222) и 1,17–1,39 г/см³ интенсивной (3332). Пористость общая, соответственно, составила 46,7–52,3 %, 49,1–53,4 %, 48,9–54,6 % и 48,2–55,0 %, что способствовало увеличению полной влагоемкости и запасов влаги.

Следовательно, использование в течение третьей ротации одиннадцатипольного полевого севооборота альтернативных технологий возделывания сельскохозяйственных культур по-разному влияет на агрофизические показатели чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности.

Внесение высоких доз органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур альтернативными технологиями способствовало

улучшению его агрофизических свойств, в сравнении с экстенсивной технологией. В проведенных исследованиях (табл. 3) просматриваются тенденции стабилизации почвенно-поглощающего комплекса в черноземе выщелоченном по изучаемым показателям на вариантах с заданным высоким уровнем плодородия и прежде всего высоких доз органических удобрений при зональной системе обработки почвы.

Таблица 3. Физико-химические показатели чернозема выщелоченного при возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2016–2021 гг.)

Технология (индекс)	Глубина отбора образца, см	Поглощенные катионы			Гидролитическая кислотность	Емкость катионного обмена	Степень насыщенности основаниями, %	pH	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ				H ₂ O	KCl
		мг-экв / 100 г почвы							
Экстенсивная (0002)	0-20	17,7	10,7	28,4	4,6	33,0	86,1	6,6	5,7
	20-40	18,5	12,0	30,5	4,6	35,1	86,9	6,7	5,4
	40-60	19,1	11,4	30,5	3,2	33,7	90,5	7,0	5,6
	60-80	19,1	11,4	30,5	3,2	33,7	90,5	6,8	5,6
	80-100	18,5	12,0	30,5	2,8	33,3	91,6	7,0	5,8
Беспестицидная (1112)	0-20	18,5	11,4	29,9	4,6	34,5	86,7	6,8	5,6
	20-40	21,6	10,8	32,4	4,1	36,5	88,8	6,8	5,4
	40-60	22,3	13,3	35,6	3,0	38,6	92,2	6,9	5,7
	60-80	24,2	11,4	35,0	2,8	37,8	92,6	6,9	5,9
	80-100	24,2	10,8	35,0	2,3	37,3	93,8	6,9	6,0
Экологическая (2222)	0-20	20,2	13,2	33,4	3,6	37,0	90,3	6,9	6,1
	20-40	20,8	12,6	33,4	3,6	37,0	90,3	7,0	5,7
	40-60	19,4	14,3	33,7	2,9	36,6	92,1	7,0	5,8
	60-80	20,4	13,9	34,3	2,3	36,6	93,7	7,0	5,9
	80-100	18,3	15,1	34,4	1,8	36,2	95,0	7,1	6,0
Интенсивная (3332)	0-20	24,5	8,9	33,4	3,9	37,3	89,5	6,8	5,9
	20-40	17,7	14,4	32,1	3,9	36,0	89,2	6,8	5,8
	40-60	20,2	14,4	34,6	3,4	38,0	91,1	6,8	5,7
	60-80	19,6	16,3	35,9	3,0	38,9	92,3	6,7	5,8
	80-100	21,0	16,5	37,5	2,3	39,8	94,2	6,9	5,9

Сумма обменных оснований, гидролитическая и активная кислотность в исследуемом черноземе на вариантах с экстенсивной (0002) и беспестицидной (1112) технологиями незначительно отличались. Варианты с экологически допустимой (2222) и интенсивной технологиями (3332) отличались тенденцией к улучшению этих свойств, установлено снижение гидролитической кислотности (8,5–11,0 %) относительно экстенсивной технологии (0002).

Изменение содержания гумуса в черноземе выщелоченном под различными культурами 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота было неодинаково. Зерновые культуры, в частности, озимая пшеница оставляет в пахотном слое до 5,1–6,2 т/га органического вещества. Разветвленные мочковатые корни, содержащие огромную массу корневых волосков, густой сетью пронизывают почву, про-

никая до 1,5 м и более. Значительная часть мелких корней отмирает задолго до уборки урожая, а большая биогенность почвы под этой культурой способствует их минерализации и гумификации. В ризосфере озимой пшеницы присутствует в 3–4 раза больше органического вещества, по сравнению с тем, что дает учет количества корневых остатков в момент уборки урожая. Именно этим можно объяснить более высокое содержание гумуса под озимой пшеницей по сравнению с пропашными культурами.

Многолетними исследованиями установлено, что в третьей ротации содержание общего гумуса по вариантам опыта в верхнем слое чернозема выщелоченного после уборки озимого ячменя составляло 3,03–3,72 % (табл. 4). Минимальные значения этих показателей отмечены с использованием технологии 0003 (экстенсивная с отвальной глубокой

обработкой почвы), а максимальные –3331(интенсивная с безотвальной обработкой почвы).

Общезвестно, что многолетние травы – важнейший источник почвенного гумуса. Люцерна оставляет на черноземных почвах около 100 ц неразложившихся корней, которые подвергаются впоследствии процессам разложения и гумификации [15, 17]. Поэтому на всех исследуемых вариантах выращивание люцерны способствовало усилению процессов гумификации.

Таблица 4. Изменение содержания и баланса гумуса в слое 0-20 см чернозема выщелоченного за вторую ротацию возделывания полевых культур различными технологиями (2016–2021 гг.)

Индекс технологии	Год/культура, т/га						Среднее содержание гумуса, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
	озимая пшеница	люцерна + ячмень	люцерна второго года	люцерна третьего года	озимая пшеница	озимый ячмень	
0001	3,35 –0,12	3,30 +1,51	3,61 +2,14	3,87 +1,87	3,31 –0,28	3,22 –0,28	3,25
0002	3,35 –0,12	3,15 +1,25	3,46 +1,89	3,56 +1,87	3,24 –0,27	3,20 –0,27	3,13
0003	3,00 –0,22	3,10 +1,26	3,10 +1,72	3,25 +1,85	3,11 –0,28	3,03 –0,13	2,97
1111	3,60 –0,35	3,24 +1,59	3,86 +2,09	3,93 +1,72	3,47 –0,27	3,38 –0,33	3,43
1112	3,55 –0,35	3,25 +1,59	3,65 +2,06	3,68 +1,76	3,40 –0,29	3,38 –0,29	3,34
1113	3,35 –0,35	3,26 +1,51	3,11 +1,91	3,46 +1,94	3,26 –0,29	3,36 –0,13	3,17
2221	3,40 –0,18	3,55 +1,76	3,91 +2,23	3,81 +1,73	3,55 –0,13	3,48 –0,44	3,52
2222	3,00 –0,18	3,08 +1,66	3,41 +2,15	3,31 +1,97	3,49 –0,14	3,44 –0,12	3,20
2223	4,00 –0,18	3,52 +1,65	3,25 +2,04	3,50 +1,77	3,42 –0,13	3,48 –0,13	3,37
3331	4,05 +0,02	3,74 +1,82	4,08 +2,26	4,17 +1,79	3,80 +0,01	3,72 –0,26	3,63
3332	3,60 +0,02	4,03 +1,87	4,15 +2,32	4,18 +1,84	3,72 +0,01	3,64 –0,12	3,60
3333	4,05 +0,01	4,03 +1,94	4,02 +2,16	4,06 +1,74	3,56 +0,01	3,60 –0,13	3,64
НСР ₀₅	0,15	0,13	0,14	0,10	0,08	0,08	–

В пределах проводимого опыта наибольшее содержание общего гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного (4,17–4,18 %) наблюдалось под люцерной 3-го года жизни при использовании интенсивной агротехнологии на фоне безотвальной и зональной систем обработки почвы (3331, 3332), что объясняется поступлением в почву большого количества органических остатков и слабой минерализацией гумуса в сравнении с глубоким отвальным рыхлением.

Озимые культуры по сравнению с многолетни-

ми травами оставляют после себя меньшее количество пожнивных и корневых остатков, поэтому запасы гумуса под озимой пшеницей и озимым ячменем значительно меньше, чем под люцерной. Единовременное внесение в почву высоких доз органических удобрений, 400 и 600 т/га навоза, не способствовало повышению содержания гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного до расчетных показателей за две ротации. Однако, фактическое содержание гумуса в исследуемой почве, на исходном уровне плодородия (0002) составило выше запланированного в среднем в 1,1–1,2 раза.

Все изменения, происходящие в почве при ее сельскохозяйственном использовании, связаны с состоянием гумуса, что обусловлено различной степенью разложения органических веществ, характером их изменений, а также связями гумусовых соединений между собой и с минеральной частью почвы [14, 17].

Расчет баланса гумуса в черноземе выщелоченном проводился как разность между статьями его прихода за счет пожнивных и корневых остатков, внесения органических удобрений, а также расхода за счет минерализации.

Из полученных материалов следует, что при возделывании различными технологиями пропашных технических культур (подсолнечник, сахарная свекла), независимо от системы обработки почвы наблюдается отрицательный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного. С увеличением интенсификации агротехнологий и системы основной обработки почвы при возделывании пропашных технических культур заметно увеличиваются темпы минерализации гумуса чернозема выщелоченного, что приводит к дефициту баланса гумуса в его верхнем слое [13, 16]. Поэтому при возделывании вышеуказанных культур обязательно необходимо использовать органические удобрения исходя из расчетных данных по балансу гумуса чернозема выщелоченного.

Бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве отмечен при возделывании люцерны трех лет вегетации и кукурузы на зерно независимо от технологий и системы обработки почвы.

При возделывании люцерны в течение трех лет различными технологиями баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного был положительным. Это объясняется тем, что корни люцерны активно участвуют в создании почвенного плодородия. Они вовлекают в почвообразовательный процесс большую массу органического вещества после своего отмирания, особенно азота, синтезированного клубеньковыми бактериями. Максимальное накопление гумуса в черноземе выщелоченном установлено под люцерной второго года жизни и составляло от +1,72 (0003) до +2,32 т/га (3332), что объясняется наибольшей ее урожайностью и значительной массой оставляемых в почве пожнивных и корневых остатков.

Выводы

Длительное использование в одиннадцатипольном полевом севообороте альтернативных технологий возделывании сельскохозяйственных культур по-разному влияет на агрофизические и физико-химические показатели чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности. Внесение высоких доз органических удобрений способствовало улучшению его агрофизических и физико-химических свойств, в сравнении с экстенсивной технологией. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется и относится к легкой иловато-пылевой глине. Интенсификация технологий в севообороте с использованием безотвальной системы обработки почвы способствовала повышению содержания общего гумуса в черноземе выщелоченном при возделывании полевых культур

на Азово-Кубанской низменности. Максимальное положительное влияние на указанный показатель оказал фактор уровня плодородия (А) почвы. Ограничивающими фактором в увеличении содержания и запасов гумуса в черноземе являлись интенсификация системы основной обработки почвы (фактор D) и системы защиты растений (фактор С).

Положительный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечен под люцерной 3-го года и кукурузой, независимо от технологии их возделывания. Под озимыми культурами сплошного сева, в зависимости от предшественника, бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве наблюдается только при использовании интенсивных технологий. Отрицательный баланс гумуса в черноземе выщелоченном установлен при возделывании разными технологиями пропашных технических культур, особенно сахарной свеклы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Труды Кубанского ГАУ. - Краснодар. - 2008. - Вып. 431 (459). - 352с.
2. Баракина, Е.Е. Баланс гумуса в черноземе выщелоченном под различными сельскохозяйственными культурами в Западном Предкавказье / Е.Е. Баракина // Наука Кубани. - 2011. - № 1. - С. 27-31.
3. Безуглова, О.С. Гумусное состояние почв юга России / О.С. Безуглова. - Ростов-на-Дону. - 2001. - 228 с.
4. Власенко, В.П. Микроморфологические особенности гидрометаморфизованных почв Северо-Западного Кавказа / В.П. Власенко, В.И. Терпелец, В.Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 36. - С. 168-172.
5. Калугин, Д.В. Влияние внесения известняка-ракушечника и апатита на содержание макро и микроэлементов на черноземе выщелоченном / Д.В. Калугин // Эволюция и деградация почвенного покрова. Сборник научных статей по мат. V Международной научной конференции. - 2017. - С. 27-29.
6. Куркаев, В.Т. Агрохимия: учеб. Пособие для вузов / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. - Майкоп:ГУРИПП «Адыгея», 2000. - 552 с.
7. Пинчук, А.П. Техногенное загрязнение почв Краснодарского края / А.П. Пинчук, В.Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 65. - С. 83-89.
8. Подколзин, О.А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О.А. Подколзин, И.В. Соколова, А.В. Осипов, В.Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 68. - С. 117 - 124.
9. Слюсарев, В.Н. Современное состояние почв Северо-Западного Кавказа / В.Н. Слюсарев, Л.М. Онищенко, А.В. Осипов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 42. - С. 99 - 103.
10. Слюсарев, В.Н. Влияние многолетнего использования почв рисовых агроландшафтов на агрофизические свойства / В.Н. Слюсарев, А.В. Осипов, С.А. Тешева, И.И. Суминский // Рисоводство. - 2022. - Вып. 1 (54). - С. 33-40.
11. Слюсарев, В.Н. Роль почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного Азово-Кубанской равнины в оптимизации питания полевых культур / В.Н. Слюсарев, О.А. Подколзин, А.В. Осипов, А.П. Пинчук // Эволюция и деградация почвенного покрова // Сборник научных статей по мат. V Международной научной конференции. - 2017. - С. 133 - 136.
12. Терпелец, В.И. Изменение гумусного состояния чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности при возделывании полевых культур альтернативными технологиями / В.И. Терпелец, Ю.С. Плитинь, Е.Е. Баракина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар, 2013. - № 93. - С. 831-846. Режим доступа: - <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/106.pdf>.
13. Терпелец, В.И. Изменение состава и баланса гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного на Азово-Кубанской низменности / В.И. Терпелец, Ю.С. Плитинь, А.В. Бузоверов, Е.Е. Баракина, В.П. Кашиц, А.П. Максименко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 49. - С. 63 - 70.
14. Швеи, Т. В. Баланс гумуса в черноземе выщелоченном при возделывании полевых культур в условиях Западного Предкавказья / Т.В. Швеи, Е.Д. Федачук, С.А. Козлова, О.С. Имамудинова // Энтузиасты аграрной науки Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции 2017. - С. 178 - 183.
15. Шкарупа, М. В. Содержание общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном при возделывании озимой пшеницы после подсолнечника различными технологиями / М.В. Шкарупа, Т.В. Швеи // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур 9-й всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. - 2017. - С. 165 - 169.

16. Шеуджен, А.Х. Органическое вещество почвы и его экологические функции / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нецадим, Л.М. Онищенко // Органическое вещество почвы и его экологические функции. - Краснодар. - 2011
17. Цховребов, В.С. Эволюция и деградация черноземов Центрального Предкавказья / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, Д.В. Калугин, А.М. Никифорова, А.А. Новиков // Вестник АПК Ставрополя. - 2012. - № 3. - С. 123 - 125.
18. Barzegar, A.R. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments / A.R. Barzegar, M.A. Asoodar, A. Khadish, A.M. Hashemi, S.J. Herbert // Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments Soil & Tillage Research. - 2003. - V. 71. - № 1. - P. 49 - 57.
19. Barzegar, A.R. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat / A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas // Plant and Soil. - 2002. - № 2. - V. 247. - P. 295 - 301.
20. Liu, X. Effect of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review / X. Liu, S. J. Herbert, A. M. Hashemi, X. Zhang, G. Ding // Plant, Soil and Environ. - 2006. - № 12. - P. 531 - 543.

REFERENCES

1. Agroecological monitoring in agriculture of Krasnodar region // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar. - 2008. - Iss. 431 (459). - 352p.
2. Barakina, E.E. Humus balance in leached chernozem under various agricultural crops in the Western Ciscaucasia / E.E. Barakina // Science of the Kuban. - 2011. - № 1. - P. 27-31.
3. Bezuglova, O.S. Humus state of soils in the south of Russia / O.S. Bezuglova. Rostov-on-Don. - 2001. - 228 p.
4. Vlasenko, V.P. Micromorphological features of hydrometamorphosed soils of the Northwestern Caucasus / V.P. Vlasenko, V.I. Terpelets, V.N. Slyusarev // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2012. - № 36. - P. 168-172.
5. Kalugin, D.V. Influence of the introduction of limestone-shell rock and apatite on the content of macro and microelements on leached chernozem / D.V. Kalugin, V.S. Tskhovrebov, V.I. Faizova, V.V. Kukushkina, D.S. Chebanenko // Evolution and degradation of soil cover. Collection of scientific articles by the materials of V International scientific conference. - 2017. - P. 27-29.
6. Kurkaev, V.T. Agrochemistry: studies. Handbook for universities / V.T. Kurkaev, A.H. Sheudzhen. - Maykop: GURIPPE "Adygea", 2000. - 552 p.
7. Pinchuk, A.P. Technogenic pollution of soils in Krasnodar region / A.P. Pinchuk, V.N. Slyusarev // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2017. - № 65. - P. 83-89.
8. Podkolzin, O.A. Monitoring of soil fertility in the lands of Krasnodar region / O.A. Podkolzin // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2017. - № 68. - P. 117-124.
9. Slyusarev, V.N. Current state of soils in the Northwestern Caucasus / V.N. Slyusarev, L.M. Onishchenko, A.V. Osipov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2013. - № 42. - P. 99-103.
10. Slyusarev, V.N. Influence of long-term use of rice agricultural landscapes soils on agrophysical properties / V.N. Slyusarev, A.V. Osipov, S.A. Tesheva, I.I. Sushinsky // Scientific-proc. journal. - 2022. - Issue 1 (54). - P. 33-40.
11. Slyusarev, V.N. The role of the soil absorbing complex of leached chernozem of the Azov-Kuban Plain in optimizing the nutrition of field crops / V.N. Slyusarev, O.A. Podkolzin, A.V. Osipov, A.P. Pinchuk // Evolution and degradation of the soil cover. Collection of scientific articles based on materials of V International scientific conference. - 2017. - P. 133-136.
12. Terpelets, V.I. Changes in the humus state of the leached chernozem of the Azov-Kuban lowland during the cultivation of field crops using alternative technologies / V.I. Terpelets, Yu. S. Plitin, E.E. Barakina // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. Krasnodar. - 2013. - № 93. - P. 831-846. Access mode: - <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/106.pdf>.
13. Terpelets, V.I. Changes in the composition and balance of humus during the agricultural use of leached chernozem in the Azov-Kuban lowland / V.I. Terpelets, Yu.S. Plitin, A.V. Buzoverov, E.E. Barakina, V.P. Kashchits, A.P. Maksimenko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2014. - № 49. - P. 63-70.
14. Shvets, T.V. The balance of humus in leached chernozem during the cultivation of field crops in the conditions of the Western Ciscaucasia / T.V. Shvets, E.D. Fedashchuk, S.A. Kozlova, O.S. Imamutdinova // Enthusiasts of agrarian science. Collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference. - 2017. - P. 178-183.
15. Shkarupa, M. V. The content of total and easily oxidized humus in leached chernozem during the cultivation of winter wheat after sunflower using various technologies / M.V. Shkarupa, T. V. Shvets // Topical issues of biology, breeding, cultivation technology and processing of oilseeds and other industrial crops, 9th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists. - 2017. - P. 165-169.
16. Sheudzhen, A. Kh. Soil organic matter and its ecological functions. Krasnodar / A.Kh. Sheudzhen, N.N. Neshchadim, L.M. Onishchenko. - 2011.
17. Tskhovrebov, V.S. Evolution and degradation of the chernozems of the Central Ciscaucasia / V.S. Tskhovrebov, V.I. Faizova, D.V. Kalugin, A.M. Nikiforova, A.A. Novikov // Bulletin of the AIC of Stavropol. - 2012. - № 3. - P. 123-125.
18. Barzegar, A.R. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments / A.R. Barzegar, M.A. Asoodar, A. Khadish, A.M. Hashemi, S.J. Herbert // Soil & Tillage Research. - 2003. - V. 71. - № 1. - P. 49-57.
19. Barzegar, A.R. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat / A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas // Plant and Soil. - 2002. - V. 247. - № 2. - P. 295-301.
20. Liu, X. Effect of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review / X. Liu, S. J. Herbert, A. M. Hashemi, X. Zhang, G. Ding // Plant, Soil and Environ. - 2006. - № 12. - P. 531-543.

Валерий Никифорович Слюсарев

Профессор кафедры почвоведения
Кубанского ГАУ
E-mail: vskubsoil@gmail.com

Сусанна Аслановна Тешева

Ведущий научный сотрудник лаборатории
семеноводства и семеноведения ФГБНУ «ФНЦ
риса»,
доцент кафедры почвоведения Кубанского ГАУ
E-mail: satecheva@mail.ru

Александр Валентинович Осипов

Доцент кафедры почвоведения Кубанского ГАУ
E-mail: kubsoil@mail.ru

Татьяна Владимировна Швец

Доцент кафедры почвоведения Кубанского ГАУ
E-mail: kubsoil@mail.ru

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

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

Valery Nikiforovich Slyusarev

Professor of the Department of Soil Science, Kuban
State Agrarian University

Susanna Aslanovna Tesheva

Leading researcher of the laboratory of seed production
and seed science FSBSI Federal Scientific Rice Centre,
associate professor of the department of soil science,
Kuban State Agrarian University
E-mail: satecheva@mail.ru

Alexander Valentinovich Osipov

Associate professor of the department of soil science,
Kuban State Agrarian University

Tatiana Vladimirovna Shvets

Associate professor of the department of soil science,
Kuban State Agrarian University

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-76-80
УДК 633.18: 631.862.2: 631.82

Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, академик РАН,
Гуторова О.А., д-р с.-х. наук,
Дегтярева В.П., аспирант
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ РИСОВОГО АГРОЦЕНОЗА

Исследования по изучению влияния применения минеральной и органо-минеральной систем удобрения на плодородие лугово-черноземной почвы проведены на рисовой оросительной системе в Красноармейском районе Краснодарского края. Схема полевого опыта включала контроль (без удобрений); технологию выращивания риса в хозяйстве $N_{120}P_{80}K_{60}$; внесение навозной жижи 30 т/га с осени; внесение навозной жижи 30 т/га с осени и ингибитора нитрификации Entec FL; внесение навозной жижи 30 т/га с весны; внесение навозной жижи 30 т/га с весны и ингибитора нитрификации Entec FL. Внесение минеральных и органических удобрений способствовали сохранению и восполнению в лугово-черноземной почве органического вещества. Под их влиянием увеличивается содержание гумуса на 0,03-0,09 %, гуминовых кислот в составе гумуса на 2,1-5,7 % $C_{\text{общ.}}$, расширяется отношение $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$ до 1,86-2,03 и достигается бездефицитный баланс гумуса. В наибольшей степени это проявляется при использовании органо-минеральной системы удобрения с включением в нее ингибитора нитрификации, обеспечивающей условия для накопления гумуса в почве.

Ключевые слова: рис, лугово-черноземная почва, минеральные удобрения, навозная жижа, баланс гумуса, плодородие почвы.

INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS ON THE FERTILITY OF MEADOW-CHERNEAR SOIL OF RICE AGRICULTURE

Studies on the effect of the use of mineral and organo-mineral fertilizer systems on the fertility of the meadow-chernozem soil were carried out on a rice irrigation system in the Krasnoarmeysky district of the Krasnodar Territory. The scheme of the field experiment included control (without fertilizers); rice cultivation technology on the farm $N_{120}P_{80}K_{60}$; application of slurry 30 t/ha from autumn; slurry 30 t/ha from autumn and nitrification inhibitor Entec FL; slurry 30 t/ha from spring; slurry 30 t/ha from spring and nitrification inhibitor Entec FL. The introduction of mineral and organic fertilizers contributed to the conservation and replenishment of organic matter in the meadow-chernozem soil. Under their influence, the content of humus increases by 0.03-0.09 %, humic acids in the composition of humus by 2.1-5.7 % $C_{\text{tot.}}$, the $C_{\text{HA}} : C_{\text{FA}}$ ratio expands to 1.86-2.03 and a deficit-free balance is achieved. This is most pronounced when using an organo-mineral fertilizer system with the inclusion of a nitrification inhibitor in it, which provides conditions for the accumulation of humus in the soil.

Key words: rice, meadow-chernozem soil, mineral fertilizers, slurry, humus balance, soil fertility.

Введение

При прогрессивных сельскохозяйственных системах целенаправленное регулирование пищевого режима почв, расширенное воспроизводство почвенного плодородия и в то же время рост производства продукции растениеводства достигается путем внесения минеральных и органических удобрений [11]. Если же минеральные удобрения улучшают круговорот и баланс биогенных элементов, то органические удобрения не только служат источником питательных элементов для растений, но и пополняют запас гумуса в почвах – один из основных показателей их потенциального плодородия [4].

Научно-обоснованные расчеты показывают, что для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах России требуется применять в расчете на 1 га не менее 7-8 тонн органических

удобрений в переводе на подстилочный навоз. В противоречии этому на 1 га пашни ежегодно вносится не более 0,5-0,6 тонн органических удобрений, что не превышает 7-9 % от потребности [8]. В 2010 году на Кубани в почву было внесено 4,45 млн. тонн органических удобрений, или 1,9 тонны на один гектар пашни. В 2018 году общее количество внесенной органики снизилось до 3,69 млн. тонн и в пересчете на гектар пашни составило 1,6 тонны [5]. Принятые поправки в действующий в Краснодарском крае закон о плодородии земель предполагают кратное увеличение вносимых органических удобрений (один раз в пять лет не менее 9 тонн на гектар) [3]. В сложившихся условиях увеличение объемов применения органических удобрений позволит сохранить и повысить плодородие почв рисовых полей, а также увеличить их продуктивность.

Цель исследований

Изучить влияние применения минеральной и органико-минеральной систем удобрения на плодородие лугово-черноземной почвы в условиях рисосеяния.

Материал и методы

Исследования проведены на рисовой оросительной системе в Красноармейском районе Краснодарского края. Почва опытного участка – лугово-черноземная слабогумусная среднесиловатая глинистая на аллювиальных глинах с содержанием в пахотном слое 3,3 % общего гумуса, 0,220 % общего азота, 39,5 мг/кг подвижного фосфора, 240,0 мг/кг обменного калия, pH_{H_2O} – 6,6 [1, 13].

На рисовой оросительной системе был заложен полевой опыт по схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. Технология возделывания риса в хозяйстве ($N_{120}P_{80}K_{60}$) [9]; 3. Навозная жижа, 30 т/га (осень); 4. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (осень); 5. Навозная жижа, 30 т/га (весна); 6. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (весна). Технология возделывания риса соответствовала рекомендациям ФНЦ риса [9]. На всех делянках опыта вносились минеральные удобрения. В качестве удобрений использовали аммофос, карбамид и хлористый калий. Фосфорные и калийные удобрения были внесены перед посевом риса. Азотные удобрения – перед посевом и в подкормки, проводимые в фазах всходы и кущение. Навозная жижа вносилась осенью и весной из расчета 30 т/га с последующим заделыванием в почву тяжёлыми дисками на глубину 8-10 см. Ингибитор нитрификации Entec FL добавлялся в ёмкость с навозной жижей, который является ингибитором аммонийного азота DMPP (3,4-диметилпиразолфосфат), замедляющий процесс нитрификации и стабилизирующий аммонийную форму азота в почве. В зависимости от вида животных и условий хранения навозной жижи количество азота в ней колеблется от 0,02 до 0,8 %, а калия от 0,05 до 1,0 % [4].

Исследования сопровождались отбором почвенных проб из пахотного слоя почвы (0-20 см), в которых определяли содержание общего гумуса по Тюрину и групповой состав гумуса почвы по Кононовой и Бельчиковой [7]. Баланс гумуса характеризовали разностью между его расходом или минерализацией и новообразованием в почве за счет гумификации пожнивных и корневых остатков, а также вносимых органических удобрений [2]. Результаты исследований подвергались статистической оценке [12].

Результаты и обсуждение

Специфические условия возделывания риса обуславливают многие особенности гумусового режима почв, вызванные тем, что после затопления исчезает свободный кислород и в них преобладают сильно выраженные восстановительные

процессы [1, 10, 13]. Главными признаками потерь гумуса и ухудшения его качества являются ослабление процесса формирования гуминовых кислот, изменение их состава и упрощение структуры. Снижение процесса гумификации в большинстве случаев прослеживается на стадиях новообразования гуминовых кислот и полимеризации гумусовых структур (формирование гуматов). Обеднение гумуса подвижными фракциями гуминовых кислот и гуматами, наряду с усилением фульватной направленности процессов превращения органических веществ, существенно снижает агрономическую ценность гумуса и его способность противостоять неблагоприятным воздействиям [6]. До внесения удобрений содержание гумуса в пахотном слое лугово-черноземной почвы составляло 3,33 % при отношении углерода гуминовых кислот к фульвокислотам $C_{гк} : C_{фк} = 1,94$, что соответствует фульватно-гуматному типу гумуса. Создание анаэробных процессов при затоплении почвы и их преобладание в течение четырех месяцев способствовало уменьшению его количества до 3,26 %, или на 0,07 %, а также сужению отношения $C_{гк} : C_{фк}$ до 1,74, что связано с деструкцией гуматов и образованием фульватов. Такая убыль гумуса наблюдалась при возделывании риса на естественном уровне плодородия почвы, то есть без применения минеральных и органических удобрений (рис. 1). При этом наблюдался большой дефицит гумуса, который составлял – 405 кг/га/год, а процессы минерализации увеличивались на 34,1 % относительно гумусонакопления (рис. 2).

Внесение минеральных и органических удобрений способствовало сохранению и восполнению в почве органического вещества, о чем свидетельствовал положительный баланс гумуса. При этом содержание общего гумуса на удобренных вариантах увеличивалось относительно контроля на 0,03-0,09 %.

При минеральной системе удобрения риса происходило накопление гуминовых кислот в составе гумуса по отношению к контролю на 2,1 % $C_{общ}$, расширилось отношение $C_{гк} : C_{фк}$ до 1,86, что свойственно фульватно-гуматному типу. Причем внесение минеральных удобрений снижало дефицит гумуса, увеличивало количество новообразованного гумуса на 557 кг/га/год, а, следовательно, повышало интенсивность гумусового баланса на 62,4 %.

Совместное применение минеральных и органических удобрений способствовало увеличению содержания гумуса и расширению отношения $C_{гк} : C_{фк}$ за счет поступления органического вещества, которое является источником для синтеза молодых гуминовых кислот. Внесение навозной жижи с осени как отдельно, так и с ингибитором EntecFL оказало положительное воздействие на гумусовое состояние лугово-черноземной почвы. Об этом свидетельствовало увеличение содержания гуми-

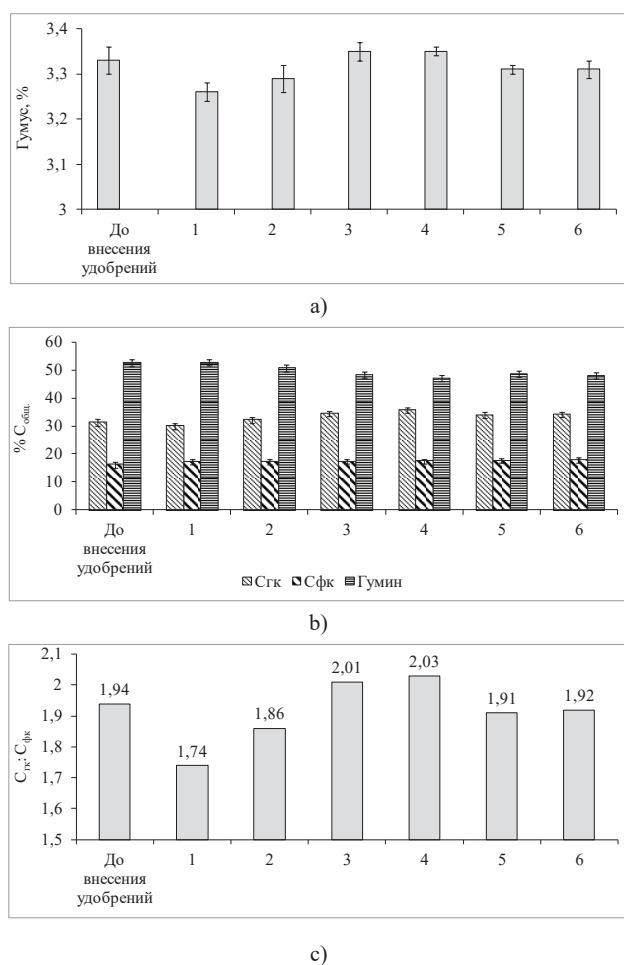


Рисунок 1. Содержание и групповой состав гумуса лугово-черноземной почвы при применении минеральных и органических удобрений под рис: а – содержание гумуса (%); б – содержание гуминовых кислот ($C_{гк}$, % $C_{общ}$), фульвокислот ($C_{фк}$, % $C_{общ}$), гумина (% $C_{общ}$); в – отношение $C_{гк} : C_{фк}$; 1-6 – варианты опыта

новых кислот в составе гумуса относительно контроля на 4,5 и 5,7 % $C_{общ}$ соответственно. Одновременно с их накоплением наблюдалось повышение фульвокислот, что связано со спецификой выращивания риса, а именно с преобладанием в почве восстановительного режима, создающегося после ее затопления. Применяемая органо-минеральная система удобрений под рис способствовала трансформации гумуса из фульватно-гуматного типа в гуматный: $C_{гк} : C_{фк} = 2,01-2,03$.

Весенняя заделка в почву навозной жижи в качестве самостоятельного внесения и с добавлением в нее ингибитора нитрификации также улучшали гумусовый режим лугово-черноземной почвы. Эти агроприемы создавали благоприятные условия для обогащения гумуса гуминовыми кислотами, их содержание возросло на 3,8 и 4,1 % $C_{общ}$ по сравнению с контролем. Довольно широкое отношение $C_{гк} : C_{фк} = 1,91-1,92$ указывало на фульват-

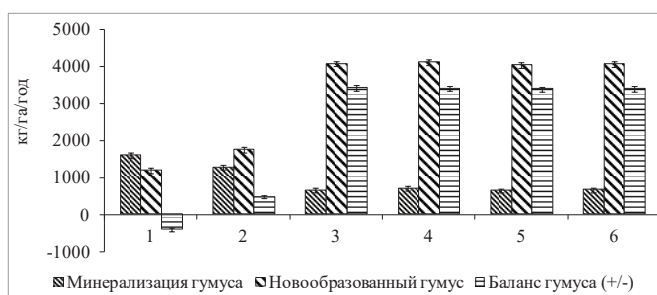


Рисунок 2. Баланс гумуса лугово-черноземной почвы при применении минеральных и органических удобрений под рис: 1-6 – варианты опыта

но-гуматный тип гумуса (рис. 1).

Гумин характеризует прочность закрепления гумусовых веществ с минеральной частью почв и практически не поддается гидролизу и минерализации. Для лугово-черноземной почвы характерно небольшое содержание нерастворимого остатка. Минеральная система удобрения способствовала его снижению на 2,1 % по отношению к контролю. Органо-минеральная система, в том числе и включение в навозную жижу ингибитора EntecFL, более существенно повлияли на содержание гумина, который снижался на 4,5-5,7 % $C_{общ}$ при заделке навозной жижи осенью и на 4,3-4,7 % $C_{общ}$ – весной.

Независимо от срока заделки навозной жижи как отдельно, так и модифицированной ингибитором нитрификации, интенсивность гумусового баланса лугово-черноземной почвы усиливалась в 7 раз (рис. 2). Количество новообразованного гумуса в почве достигало значительных размеров 4031-4105 кг/га в год, а потери гумуса относительно контроля и минеральной системы удобрения сократились на 3,0 и 2,9 т/га соответственно. В наибольшей степени на составляющие баланса гумуса повлияла осенняя заделка в почву навозной жижи, модифицированная ингибитором нитрификации. Следовательно, органо-минеральная система применения удобрения под культуру риса с нормой внесения навозной жижи 30 т/га и минеральных удобрений $N_{120}P_{80}K_{60}$ обеспечивала бездефицитный баланс гумуса в лугово-черноземной почве.

Выводы

Применяемые минеральная и органо-минеральная системы удобрений под рис способствуют сохранению и воспроизводству плодородия лугово-черноземной почвы. Под их влиянием увеличивается содержание гумуса на 0,03-0,09 %, гуминовых кислот в составе гумуса на 2,1-5,7 % $C_{общ}$, расширяется отношение $C_{гк} : C_{фк}$ до 1,86-2,03 и достигается бездефицитный баланс гумуса. В наибольшей степени это проявляется при использовании органо-минеральной системы удобрения с включением в нее ингибитора нитрификации, обеспечивающей условия для накопления органического вещества в почве.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ – 20.1/48.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуторова, О.А. Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов: монография / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2020. – 348 с.
2. Жуков, А.И. Регулирование баланса гумуса в почве / А.И. Жуков, П.Д. Попов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 40 с.
3. Закон Краснодарского края от 7 июня 2004 года N 725-КЗ «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края».
4. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
5. Нимченко, А. Навоз и ныне там / А. Нимченко // Экономика региона. Приложение № 220 от 29.11.2019. – С. 18. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4179491>.
6. Овчинникова, Н.Ф. Изменение состава и свойств гумусовых веществ дерно-подзолистых почв под влиянием различных факторов / Н.Ф. Овчинникова // Доклады Россельхозакадемии. — 2003. — С. 22–25.
7. Орлова, Н.Е. Методы изучения содержания и состава гумуса / Н.Е. Орлова, Л.Г. Бакина, Е.Е. Орлова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2007. – 145 с.
8. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / Под ред. академика В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2012. – 44 с.
9. Система рисоводства Краснодарского края / Под общ. редакцией Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
10. Шеуджен, А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
11. Шеуджен, А.Х. Удобрение риса / А.Х. Шеуджен, С.В. Кизинек. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 148 с.
12. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 661 с.
13. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

REFERENCES

1. Gutorova, O.A. Ecological and agrochemical state of soils in rice agrolandscapes: monograph / O.A. Gutorova, A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: JSC «Polygraph-Yug», 2020. – 348 p.
2. Zhukov, A.I. Regulation of humus balance in the soil / A.I. Zhukov, P.D. Popov. – M.: Rosagropromizdat, 1988. – 40 p.
3. Law of the Krasnodar Territory of June 7, 2004 N 725-KZ «On ensuring the fertility of agricultural land in the Krasnodar Territory».
4. Mineev, V.G. Biological agriculture and mineral fertilizers / V.G. Mineev, B. Debreceeny, T. Mazur. Ed. V.G. Mineev. – M.: Kolos, 1993. – 415 p.
5. Nimchenko, A. Manure and now there / A. Nimchenko // Economics of the region. Appendix № 220 dated 11/29/2019. – P. 18. Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/4179491>.
6. Ovchinnikova, N.F. Changes in the composition and properties of humic substances in soddy-podzolic soils under the influence of various factors / N.F. Ovchinnikova // Reports of the Russian Agricultural Academy. – 2003. – P. 22-25.
7. Orlova, N.E. Methods for studying the content and composition of humus / N.E. Orlova, L.G. Bakina, E.E. Orlov. – St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg. un-ta, 2007. – 145 p.
8. Recommendations for the effective use of straw and green manure in agriculture / Ed. Academician V.G. Sychev. – M.: VNIIA, 2012. – 44 p.
9. The system of rice growing of the Krasnodar Territory / Under total. edited by E.M. Kharitonov. – Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2005. – 340 p.
10. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry and physiology of rice nutrition / A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2005. – 1012 p.
11. Sheudzhen, A.Kh. Rice fertilizer / A.Kh. Sheudzhen, S.V. Kizinec. – Maykop: GURIPP «Adygea», 2004. – 148 p.
12. Sheudzhen, A.Kh. Methods of agrochemical research and statistical evaluation of their results: textbook. allowance. 2nd ed. revised and additional / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondarev. – Maykop: «Polygraph-South», 2015. – 661 p.
13. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

Асхад Хазретович Шеуджен

Заведующий кафедрой агрохимии
Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина,
заведующий отделом прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»,
E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Оксана Александровна Гуторова

Доцент кафедры агрохимии Кубанского ГАУ
им. И.Т. Трубилина
E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Виктория Петровна Дегтярева

Младший научный сотрудник отдела
прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса»,
аспирант кафедры агрохимии Кубанского
ГАУ им. И.Т. Трубилина

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

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arrri_kub@mail.ru

Askhad Khazretovich Sheudzen

Head of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin,
Head of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre,
E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Oksana Alexandrovna Gutorova

Associate professor of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin
E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Victoria Petrovna Degtyareva

Junior Researcher of precise technologies depart-
ment, FSBSI Federal Scientific Rice Centre, post-
graduate student of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin

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

FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»
3, Belozerniy, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arrri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2022-55-2-81-86
УДК: 635.652.2:631.51:631.81:631.53.04

Козлова И.В.,
Пищулин Г.В., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ФАСОЛИ ЗЕРНОВОЙ

Урожайность любой культуры зависит не только от наследуемых качеств сорта, но и от условий, в которых происходит реализация его генетического потенциала. В статье представлены результаты полевых исследований по изучению продуктивности растений фасоли обыкновенной в зависимости от сроков сева и нормы внесения минеральных удобрений. Исследования проводили в 2020, 2021 гг. в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края путем закладки двухфакторного полевого опыта на территории опытного участка ФГБНУ «ФНЦ риса». Объектом исследования послужил среднеспелый сорт фасоли зернового направления Снежана селекции ФГБНУ «ФНЦ риса». Посев производили непосредственно семенами в хорошо подготовленную почву с нормой высева 222 тыс. шт. всхожих семян/га с междурядьем 45 см (с предпосевным внесением минеральных удобрений и в сроки согласно схемы опыта). Установлено, что сроки сева оказывают большое влияние на продолжительность междофазных периодов. Наибольшая урожайность отмечена при среднем сроке сева. Как ранние, так и поздние сроки сева снижали урожайность семян фасоли. Предпосевное внесение полного минерального удобрения в количестве 30 кг/га действующего вещества обеспечило рост урожайности зерна на уровне 23,8 %. Наиболее целесообразным для внедрения в производство в условиях Краснодарского края будет сев семян фасоли в конце апреля - начале мая, когда температура почвы на глубине 10 см достигает 11-12°C и предпосевное внесение минеральных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$. Эти технологические элементы обеспечат получение урожайности зерна фасоли на уровне 3,4 т/га.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, минеральные удобрения, сроки сева, урожайность зерна.

THE INFLUENCE OF INDIVIDUAL ELEMENTS OF CULTIVATION ON THE YIELD OF GRAIN BEANS

The yield of any crop depends not only on the inherited qualities of the variety, but also on the conditions in which its genetic potential is realized. The article presents the results of field research on the study of the productivity of common bean plants, depending on the timing of sowing and the rate of application of mineral fertilizers. The research was carried out in 2020-2021 in the central soil and climatic zone of the Krasnodar Territory by laying a two-factor field experiment on the territory of the experimental site of the FSBI "Rice Research Center". The object of the study was a medium-ripened bean variety of the Snezhana grain direction of the selection of the FGBNU "FNC rice". Sowing was carried out directly by seeds in well-prepared soil with a seeding rate of 222 thousand pieces of germinating seeds / ha. With a row spacing of 45 cm (with pre-sowing application of mineral fertilizers and in time according to the scheme of experience). It is established that the timing of sowing has a great influence on the duration of interphase periods. The crops had the highest yield with an average term. Both early and late sowing periods reduced the yield of bean seeds. The pre-sowing application of a complete mineral fertilizer in the amount of 30 kg / ha of the active substance ensured an increase in grain yield at the level of 23.8%. The most expedient for introduction into production in the conditions of the Krasnodar Territory will be the sowing of bean seeds in late April-early May, when the soil temperature at a depth of 10 cm reaches 11-12 °C and the pre-sowing application of mineral fertilizers by the norm $N_{30}P_{30}K_{30}$. These technological elements will ensure the yield of bean grain at the level of 3.4 t/ha.

Keywords: common beans, mineral fertilizers, sowing dates, grain yield.

Введение

Стабильность растениеводства, формирование и функционирование рынка зерна, особенно зернобобовых культур, на современном этапе и в будущем могут быть успешно реализованы только при условии повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет дальнейшей разработ-

ки и внедрения конкурентоспособных технологий возделывания с высоким уровнем окупаемости вложенных ресурсов.

Одним из важных направлений в развитии адаптивного растениеводства является правильный подбор и формирование высокопродуктивных агрофитоценозов зернобобовых культур, которые

наиболее полно используют биоклиматические ресурсы региона [8, 20].

Во все времена определяющим международным стандартом социально-экономического развития цивилизованного государства был уровень жизни его населения, основным показателем которого считается уровень потребления жизненно важных продуктов питания [6].

В решении проблемы повышения жизненного уровня и качества белкового питания человека немаловажное значение имеет фасоль, которая широко используется как продовольственная культура, в том числе в кулинарии и приготовлении консервов. Велико агротехническое значение фасоли не только как азотнакопителя, но и как хорошего предшественника для большинства сельскохозяйственных культур.

В развитии отечественного производства растительных белковых продуктов особый интерес представляет фасоль обыкновенная *Phaseolus vulgaris* L. – богатый источник растительных белков, углеводов, витаминов группы В, калия, фосфора, магния, железа и клетчатки [11].

Род фасоли *Phaseolus* L. насчитывает около 230 видов, которые разделяют на две группы: американскую (известна за 3–4 тысячелетия до н. э. на Южно-Мексиканском и Гватемальском плоскогорьях) и азиатскую (центр происхождения Индия и Пакистан). У фасоли американского происхождения формируются крупные плоские бобы с длинным клювиком и крупными семенами, у азиатской – узкие бобы без клювика с мелкими семенами [18]. В Европу культура завезена после второго путешествия Колумба, а оттуда она попала в Россию в XVII–XVIII веках. Вероятно, поэтому в России фасоль долгое время называли французскими бобами. Сначала её выращивали как декоративный кустарник, и лишь со временем, в конце XVII века, фасоль приобрела широкое распространение как овощная культура [19]. Мировое производство фасоли в 2020 году составило 23,2 миллиона тонн, в пятерку ведущих производителей вошли Индия, Бразилия, Мьянма, Китай и США. На сегодняшний день в России более 90 % фасоли производится в личных подсобных хозяйствах населения. Это около 6,4 тыс. тонн. В товарном секторе (крестьянско-фермерских хозяйствах и сельскохозяйственных организациях) производится менее 0,7 тыс. тонн фасоли или всего 9,5% от общего объема сборов данной культуры в РФ [14]. Произведенных объемов не хватает для удовлетворения внутреннего спроса, поэтому дополнительно импортируется от 20 до 23 тысяч тонн в год. Основные поставщики: Аргентина – 28 %, Узбекистан – 14 %, Китай – 6 %, Индия – 5 %, Шри Ланка – 4 % [5].

В России расширение площадей посева фасоли происходит, в основном, за счет частного сектора. Промышленное выращивание незначительное.

Решение этой проблемы на сегодняшний день сдерживается отсутствием научно-обоснованных разработок по технологии возделывания фасоли. Изменения, произошедшие в нашей стране, требуют иного подхода к совершенствованию условий хозяйствования, где важным становится не только получение как можно большей продукции любыми способами, а применение рациональных приемов при соблюдении природоохранных мероприятий. В связи с этим, научные разработки, направленные на усовершенствование технологии возделывания фасоли на орошаемых землях юга России, в том числе Краснодарского края и многих других регионов являются актуальными.

Цель исследований

Изучить влияние сроков сева и различных норм внесения минеральных удобрений на продуктивность растений фасоли обыкновенной сорта Снежана.

В последние годы многие научные статьи посвящены различным аспектам выращивания фасоли обыкновенной [4, 15, 22, 23]. Наряду с этим, для орошаемых условий юга России не в полной мере исследовано влияние сроков сева и удобрений на продуктивность фасоли обыкновенной в условиях энергетического и финансового кризиса, что и обусловило проведение соответствующих исследований.

Материалы и методы

Исследования по изучению элементов агротехники возделывания фасоли проводили в 2020, 2021 гг. в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края путем закладки двухфакторного полевого опыта на территории опытного участка ФГБНУ «ФНЦ риса». По основным климатическим факторам, определяющим условия роста и развития сельскохозяйственных культур, центральная зона Краснодарского края характеризуется умеренно-континентальным климатом (КУ–0,35), достаточно теплым [7]. В первой декаде мая происходит устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через плюс 15 °С и наступает лето. Оно характеризуется быстрым нарастанием высоких температур, часто сухое и жаркое. Среднемесячная температура воздуха в июне составляет 23...24 °С. Максимальная температура в июле-августе – 40...42 °С.

Объектом исследования послужил среднеспелый сорт фасоли зернового направления Снежана селекции ФГБНУ «ФНЦ риса». Посев производили непосредственно семенами в хорошо подготовленную почву с нормой высева 222 тыс. шт. всхожих семян/га. С междурядьем 45 см (с предпосевным внесением минеральных удобрений непосредственно в подготовленные рядки и в сроки согласно схеме опыта). Опыты заложены в трехкратной повторности, расположение вариантов последовательное. По следующей схеме:

Опыт №1 – Исследование влияния сроков сева на урожай фасоли.

1 Первый срок сева ранний (при температуре почвы 8-9 °С);

2 второй срок сева средний (при температуре почвы 11-12 °С);

3 третий срок сева поздний (при температуре почвы 15-16 °С).

Опыт №2 – Исследование влияния норм внесения удобрений на урожай фасоли:

1. без удобрений;

2. $N_{30} P_{30} K_{30}$;

3. $N_{60} P_{60} K_{60}$.

Агротехнические работы на опытных полях выполняли в соответствии с рекомендациями по выращиванию фасоли за исключением факторов, которые исследовали [16]. Для полива использовали капельные системы фирмы «Нетафим». Во время проведения исследований руководствовались общепризнанными методиками полевых опытов [10, 21]. Уборку проводили вручную - поделяночно, обмолот - на стационарной молотилке, урожай учитывался в т/га с приведением к стандартной влажности и 100 % -ной чистоте. Результаты исследований обработаны методами биометрической статистики.

Результаты и обсуждение

Урожайность любой культуры зависит не только от наследуемых качеств сорта, но и от условий, в которых происходит реализация его генетического потенциала. Если эти условия наиболее полно будут соответствовать биологическим потребностям сорта, то урожай будет максимальным.

В связи с тем, что фасоль весьма чувствительна

к колебаниям температуры почвы в период прорастания семян и начального роста, вопросу о сроках посева следует уделить особое внимание. Так как метеорологические условия по годам резко отличаются, придерживаться календарных сроков посева невозможно. Одни авторы рекомендуют высевать фасоль, когда температура почвы прогреется на глубине 10 см до 8 – 12 °С, другие – при прогревании почвы до 12–15°С [1-3, 12]. Срок сева оказывает специфическое влияние на наступление фаз развития и продолжительность вегетационного периода. По данным ряда исследователей некоторые межфазные периоды развития растений сокращаются от позднего срока сева к раннему, вследствие более быстрого прохождения сортами фаз развития, а некоторые – удлиняются, вследствие неблагоприятных погодных условий в период их прохождения.

В наших исследованиях в 2020, 2021 гг. зерновую фасоль сорта Снежана высевали в три срока при температуре почвы 8-9 °С (ранний срок), 11-12 °С (средний срок) и 15-16 °С (поздний срок). Фенология фасоли в опыте представлена в таблице 1. Из данных таблицы видно, что длина вегетационного периода фасоли зависела от погодных условий в период возделывания культуры.

Длина периода вегетации при ранних сроках посева составила 78–80 дней, при среднем сроке посева – 82–85 дней, при позднем посеве – 106–111 дней. Удлинение срока вегетации растений фасоли высеянных в поздние сроки связано с задержкой развития растений из-за аномально высоких температур в июле-августе.

Таблица 1. Фенология развития фасоли зерновой сорта Снежана при различных сроках посева.

Срок посева	Температура почвы, °С	Период от посева до всходов, дн.	Период от всходов до фазы вегетации, дн.		Длина вегетационного периода, дн.
			2 настоящих листа	начало цветения	
Ранний	8-9	15-18	9-10	33-36	78-80
Средний	11-12	10-12	6-8	29-31	82-85
Поздний	15-16	7-8	5-6	25-26	106-111

Сроки посева оказывают большое влияние на продолжительность межфазного периода посев – всходы. В условиях Краснодарского края было установлено, что при посеве во второй декаде мая, когда температура почвы была 15-16°С, всходы появлялись на 7-8-й день, а при посеве в середине апреля, когда почва прогревалась лишь до 8-9°С, всходы были отмечены на 15-18-й день.

Отмечено, что при запаздывании с посевом, цветение наступает на 8-10 дней раньше, фаза цветения сокращается на 5-8 дней, а вегетационный период увеличивается. Следует отметить, что фасоль теплолюбива, но не жаростойка. Наиболее благоприятной температурой воздуха для роста и развития растений фасоли является 20 – 25 °С [9]. Раз-

ница в длине вегетационного периода раннего и позднего сроков сева по годам доходила до 31 дн. Удлинение вегетационного периода наблюдалась за счет более длительного периода налива семян и созревания всвязи с прохождением этих фаз в менее благоприятных температурных условиях.

Исследуемые элементы технологии выращивания фасоли существенно повлияли на урожайность культуры. По вариантам опыта за исследуемый период урожайность зерна варьировала в пределах от 1,5 т/га до 3,44 т/га (табл. 2). Наибольшая продуктивность за период вегетации сформировалась у растений при посеве с нормой внесения удобрений $N_{30} P_{30} K_{30}$ высеянных в конце апреля-начале мая (средний срок сева).

Таблица 2. Урожайность зерна фасоли зерновой сорта Снежана, 2020-2021 гг.

Сроки сева (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Урожайность зерна, т/га	
		2020 г	2021 г
Ранний срок	без удобрения	2,41	2,35
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	3,04	3,09
	$N_{60} P_{60} K_{60}$	2,94	2,78
Средний срок	без удобрения	3,00	3,10
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	3,36	3,44
	$N_{60} P_{60} K_{60}$	3,25	3,31
Поздний срок	без удобрения	1,5	1,72
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	2,2	2,35
	$N_{60} P_{60} K_{60}$	2,0	2,1

Наибольшая урожайность (в среднем 3,24 т/га) отмечена при среднем сроке посева, когда температура почвы на глубине 10 см достигала 11-12°C (табл. 3). Как ранние, так и поздние сроки сева снижали урожай семян фасоли. При более ранних сроках посева всходы появлялись позднее, были не дружные. Растения при этом медленно развивались, отставали в росте, посевы сильно угнетались сорняками. Урожайность культуры в среднем составила 2,77 т/га. При поздних сроках посева наблюдался недостаток почвенной влаги (без применения орошения дружные всходы получить не удавалось). Чем позже про-

изводился посев, тем сильнее растения страдали от болезней, особенно вирусных и бактериальных. Цветение и завязывание бобов приходилось на более жаркий период. Наблюдалось опадение цветков, на растениях завязывалось меньше бобов, зерна в бобах были слабо выполнены и имели меньшую массу. Урожайность зерна фасоли составила в среднем 1,98 т/га, что на 28,5 % меньше раннего срока и на 38,9 % - среднего срока сева. Дисперсионный анализ урожайности зерновой фасоли сорта Снежана, выявил высокую (71,1 %) долю влияния сроков посева на урожайность зерна.

Таблица 3. Средние показатели урожайности зерновой фасоли в зависимости от изучаемых факторов

Срок посева (фактор А)	Удобрения (фактор В)			В среднем по фактору А
	без удобрения	$N_{30} P_{30} K_{30}$	$N_{60} P_{60} K_{60}$	
Ранний	2,38	3,07	2,86	2,77
Средний	3,05	3,4	3,28	3,24
Поздний	1,61	2,28	2,05	1,98
В среднем по фактору В	2,35	2,91	2,73	
HCP ₀₅ для фактора А – 0,018 фактора В – 0,018 взаимодействия АВ – 0,044				

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства больше всего влияние на урожайность любой культуры оказывает внесение как органических, так и минеральных удобрений. Внесение органических удобрений на сегодняшний день в Краснодарском крае является очень ограниченным в связи с упадком отрасли животноводства. Поэтому целесообразным для товаропроизводителей является применение минеральных удобрений. Проведенные нами исследования показали эффективность этого элемента агротехники для фасоли обыкновенной. Следует отметить, что фасоль является бобовой культурой, которая способна частично удовлетворять свои потребности в азоте за счет азотфиксации, но при этих условиях уровень продуктивности растений достаточно низкий. На вариантах без удобрений урожайность, в среднем за годы исследований, составила 2,35 т/га (табл. 3). Внесение удобрений в количестве 30 кг/га действующего вещества обеспечило рост урожайности

зерна фасоли обыкновенной до 23,8 % (2,91 т/га). Увеличение количества действующего вещества в два раза не обеспечило аналогичного прироста урожая зерна. Наоборот, урожайность зерна понизилась в результате сложившихся погодных условий и действия концентрации солей в зоне прорастания семян фасоли. В этих условиях, по сравнению с вариантами без удобрений, увеличение урожайности составило 16,2 %, а по сравнению с предыдущим вариантом урожайность снизилась на 6,2 %. Проведенная статистическая обработка экспериментальных данных показала, что долевое участие исследуемых норм минеральных удобрений за годы исследований составляло 26,6 %

Выводы

Исследования, проведенные в 2020-2021 гг. с фасолью обыкновенной при орошении, показали, что сроки сева оказывают большое влияние на продолжительность вегетационного периода. При раннем посеве резко увеличивается период от посева до

появления всходов, при позднем – происходит более позднее наступление фазы созревания зерна. Разница в длине вегетационного периода раннего и позднего сроков сева по годам доходила до 31 дня. Наибольшая урожайность отмечена при среднем сроке посева. Как ранние, так и поздние сроки сева снижают урожай семян фасоли. Предпосевное внесение удобрений в количестве 30 кг/га действующего вещества обеспечивает рост урожайности зерна фасоли на уровне 23,8 % (2,91 т/га). Увеличение норм внесения удобрений не дает ожидаемого результата.

Наоборот, урожайность повышенной концентрации зерна понижается в результате действия концентрации солей в зоне прорастания семян фасоли.

Наиболее целесообразным для внедрения в производство в условиях Краснодарского края будет сев семян фасоли в конце апреля - начале мая, когда температура почвы на глубине 10 см достигает 11-12 °С и внесение минеральных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$. Эти технологические элементы обеспечат получение урожайности зерна фасоли обыкновенной на уровне 3,4 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаев, А.А. Влияние сроков посева на рост, развитие и продуктивность зернобобовых культур в лесостепной зоне РСО-Алания / А.А. Абаев, И.Г. Казаченко, Н.Т. Хохоева // Аграрный вестник Урала. - 2009. - № 6 (60). - С. 31-33.
2. Абаев, А.А. Усовершенствованные технологии возделывания перспективных сортов зернобобовых культур в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа / А.А. Абаев, А.А. Тедеева, Н.Т. Хохоева, В.В. Тедеева, Л.М. Келехсашвили. - Владикавказ: Издательство ООО НПКП «МАВР», 2018. - 72 с.
3. Адиньяев, Э.Д. Агротехнические особенности возделывания зернобобовых культур в лесостепной зоне РСО-Алания / Э.Д. Адиньяев, А.А. Абаев, Л.М. Хугаева, Э.А. Танделова, В.В. Тедеева // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2013. - Т. 50. - № 4. - С. 29-35.
4. Акуленко, В.В. Рост растений фасоли обыкновенной в зависимости от технологии выращивания в северной части Лесостепи / В.В. Акуленко // Вестник Центра научного обеспечения АПВ Харьковской области. - 2014. - Вып. 16. - С. 5-11.
5. Анализ рынка фасоли в России— маркетинговое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Гид Маркет //gidmark.ru
6. Асадова, А.И. Бобовые как альтернативный источник белка в повседневном рационе человека/ А. И. Асадова //Знание. – 2016. – № 6–1 (35). – С. 30–36.
7. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы северного Кавказа): учеб. Для вузов / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов.- Краснодар: Сов. Кубань, 2002.- 728 с.
8. Казаченко, И.Г. Оптимальные нормы высева и способы посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / И.Г. Казаченко, Э.Д. Адиньяев, А.А. Абаев, Н.Т. Хохоева // Аграрный вестник Урала. - 2011. - № 3 (82).- С. 6-7.
9. Козлова, И. В. Оценка потенциальных возможностей выращивания семян овощной фасоли в почвенно-климатических условиях Краснодарского края / И. В. Козлова, А. И. Грушанин, Н. Н. Бут //Рисоводство. – 2019. – №. 3. – С. 77-83.
10. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве.– М: 2011. – 648 с.
11. Марков, П. Полезные и диетические характеристики зернобобовых на основе медицинских доказательств [Электронный ресурс] /П. Марков, Д. Марков, А. Воденичарова // Наука. Мысль: [электронный период.журн.]. – 2016. – № 12. –С. 24-30.
12. Нестерова, О. П. и др. Влияние погодных условий на качественные показатели сортов фасоли/ О. П. Нестерова и др. //Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №. 1. – С. 36-41.
13. Равшанова, Н. А., Усманов Н. А., Мансуров Х. Г. Продолжительность фаз развития фасоли обыкновенной в зависимости от способов возделывания / Н. А. Равшанова, Н. А. Усманов, Х. Г. Мансуров //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 7. – С. 280-285.
14. Рынок фасоли – Фасоль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.фасоль.рф/market.htmllab-centre.ru
15. Сайко, В.Ю. Источники для селекции фасоли овощной, пригодные к механизированной уборке / В.Ю. Сайко // Овощеводство и бахчеводство. - 2012. - Вып. 58. - С. 269-273.
16. Самодуров, В.Н. Технология выращивания фасоли в условиях Краснодарского края: рекомендации / В.Н. Самодуров, А.И. Грушанин, А.С. Дмитриева и др. - Краснодар, 2009. – 15 с.
- 17.Тихончук, П.В. Влияние сроков посева на рост и развитие фасоли обыкновенной / П.В. Тихончук, А.А. Муратов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2008.- № 10 (48). - С. 1015.
18. Фасоль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sadovnikonline.ru>.
19. Фасоль обыкновенная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Википедия //wikipedia.org.
20. Хохоева Н.Т. Симбиотическая активность посевов фасоли в условиях предгорий Северного Кавказа / Н.Т. Хохоева, А.А. Тедеева, А.А. Абаев, И.Г. Казаченко // Известия Горского государственного аграрного университета.- 2013. - Т. 50. - № 3.- С. 58-62.
21. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева.-Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ»,2015.-664с
22. Josipovic, M. Response of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to planting date and plant density under subtropical conditions of Ethiopia / M. Josipovic , I. Zugec, I. Juric//Poljoprivreda. – 1997. – 3. – №2. – С. 15-20.
23. Shirliffe Steven, J. Yield-density relationships and optimum plant population in two cuti- vars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Sas- katchewan / J. Shirliffe Steven, M. Johnston Adrian // Can. J. Plant Sci.– 2002. – 82. – №3. – P. 521-529.

REFERENCES

1. Abaev, A.A. The influence of sowing dates on the growth, development and productivity of leguminous crops in the forest-steppe zone of the RSO-Alania / A.A. Abaev, I.G. Kazachenko, N.T. Khokhoeva // *Agrarian Bulletin of the Urals*. - 2009. - №6 (60). - P. 31-33.
2. Abaev A.A. Improved technologies of cultivation of promising varieties of leguminous crops in the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus / A.A. Abaev, A.A. Tedeeva, N.T. Khokhoeva, V.V. Tedeeva, L.M. Kelekhsashvili. - Vladikavkaz: Publishing house of LLC NPKP "MAVR", 2018. - 72 p.
3. Adinyayev, E.D. Agrotechnical features of cultivation of leguminous crops in the forest-steppe zone of RSO-Alania / E.D. Adinyayev // *News of the Gorsky State Agrarian University*. - 2013. - Vol. 50. - № 4. - P. 29-35.
4. Akulenko, V.V. Plant growth of common beans depending on the cultivation technology in the northern part of the Forest-steppe / V.V. Akulenko // *Bulletin of the Center for Scientific Support of the APV of the Kharkiv region*. - 2014. - I. 16. - P. 5-11.
5. Analysis of the bean market in Russia — marketing research [Electronic resource]. - Access mode: Guide Market // gidmark.ru
6. Asadova, A.I. Legumes as an alternative source of protein in the daily human diet/ A. I. Asadova // *Knowledge*. - 2016. - № 6-1 (35). - P. 30-36.
7. Valkov, V.F. Soil science (soils of the North Caucasus): studies. For universities / V.F. Valkov, Yu.A. Shtompel, V.I. Tulpanov. - Krasnodar: Sov. Kuban, 2002. - 728 p.
8. Kazachenko, I.G. Optimal seeding rates and methods of sowing promising soybean varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the RSO-Alania / I.G. Kazachenko, E.D. Adinyayev, A.A. Abaev, N.T. Khokhoeva // *Agrarian Bulletin of the Urals*. - 2011. - № 3 (82). - P. 6-7.
9. Kozlova, I. V. Assessment of the potential possibilities of growing vegetable bean seeds in the soil and climatic conditions of the Krasnodar Territory / I. V. Kozlova, A. I. Grushanin, N. N. But // *Rice growing*. - 2019. - №. 3. - P. 77-83.
10. Litvinov, S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. - Moscow: 2011. - 648 p.
11. Markov, P. Useful and dietary characteristics of legumes based on medical evidence [Electronic resource] / P. Markov, D. Markov, A. Vodenicharova // *Nauka. Thought: [electronic periodical]*. - 2016. - № 12. - P. 24-30.
12. Nesterova O. P. et al. The influence of weather conditions on the quality indicators of bean varieties // *Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy*. - 2021. - №. 1. - P. 36-41.
13. Ravshanova, N. A. Duration of phases of development of common beans depending on cultivation methods / N.A. Ravshanova, N. A. Usmanov, H. G. Mansurov // *Scientific research in the field of pedagogical sciences*. - 2021. - Vol. 2. - № 7. - P. 280-285.
14. The bean market – Beans [Electronic resource]. - Access mode: www.фасоль.Russian federation/market.htmllab-centre.ru
15. Saiko, V.Yu. Sources for the selection of vegetable beans suitable for mechanized harvesting. // *Vegetable growing and melon growing*. - 2012. - I. 58. - P. 269 - 273
16. Samodurov, V.N. Technology of bean cultivation in the conditions of the Krasnodar Territory: recommendations / A.I. Grushanin, A.S. Dmitrieva et al. - Krasnodar, 2009. - 15 p.
17. Tikhonchuk, P.V. The influence of sowing dates on the growth and development of common beans / P.V. Tikhonchuk, A.A. Muratov // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. - № 10 (48) 2008. - P. 1015.
18. Beans [Electronic resource]. - Access mode: <https://sadovnikonline.ru> .
19. Common beans [Electronic resource]. - Access mode: [Wikipedia //wikipedia.org](https://wikipedia.org) .
20. Khokhoeva, N.T. Symbiotic activity of bean crops in the foothills of the North Caucasus / N.T. Khokhoeva, A.A. Tedeeva, A.A. Abaev, I.G. Kazachenko // *News of the Gorsky State Agrarian University*. - 2013. - Vol. 50. - № 3. - P. 58-62.
21. Sheudzhen. A.H. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of their results / A.H. Sheudzhen, T.N. Bondareva. - Maykop: JSC "Polygraph-YUG", 2015. - 664 p.
22. Josipovic, M. Response of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to planting date and plant density under subtropical conditions of Ethiopia / M. Josipovic, I. Zucec, I. Juric // *Poljoprivreda*. - 1997. - 3. - №2. - C. 15-20.
23. Shirliffe Steven, J. Yield-density relationships and optimum plant population in two cuti- vars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Sas- katchewan / J. Shirliffe Steven, M. Johnston Adrian // *Can. J. Plant Sci.* - 2002. - 82. - №3. - P. 521-529.

Ирина Викторовна Козлова

Научный сотрудник отдела
овощекartoфелеводства
E-mail: k.irina1967@mail.ru

Irina Victorovna Kozlova

Research associate of the Department
vegetable and potato growing
E-mail: k.irina1967@mail.ru

Григорий Вячеславович Пищулин

Старший научный сотрудник отдела
овощекartoфелеводства
E-mail: grigory.pishchulin@yandex.ru

Gregory Vyacheslavovich Pishchulin

Senior researcher of the Department
vegetable and potato growing
E-mail: grigory.pishchulin@yandex.ru

Все: ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

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

В ФНЦ РИСА ПРОШЛА МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ И ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»



В Федеральном научном центре риса 25-26 мая состоялась Международная научно-практическая конференция «Эколого-генетические основы се-



лекции и возделывания сельскохозяйственных культур». Открывая конференцию, руководитель ФГБНУ «ФНЦ риса» Гаркуша С.В. отметил важность таких встреч и поблагодарил всех присутствующих на мероприятии. С приветственным словом также



выступил заместитель министра сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края Тимофеев М.Н. и директор Кубанского научного фонда Анисимов В.В.

В рамках конференции проводилась школа молодых ученых. С докладами для молодежи выступили ведущие ученые, среди которых академик РАН,

д-р с.-х. наук, профессор Беспалова Л.А., д-р с.-х. наук, профессор Ковалев В.С., д-р биол. наук, профессор РАН Дубина Е.В., кандидат биол. наук Асатулова А.М., д-р биол. наук Волкова Г.В.

В конференции приняли участие ученые из разных регионов: Краснодарского и Ставропольского края, Башкирии, Москвы, а также граждане республики Бурунди. Молодые ученые выступили с докладами и поделились результатами проводимых исследований. Доклады вызвали искреннюю заинтересованность аудитории и оживленную дискуссию.

Для участников конференции сотрудники лаборатории качества риса подготовили дегустаци-



онную площадку. Гостей приятно удивило разнообразие и вкус блюд из риса: сладкий плов, салаты, запечённая с рисом тыква, котлеты и многое другое. Сотрудники лаборатории рассказали, какой сорт крупы, следует использовать для каждого блюда, чтобы максимально раскрыть вкус риса.

В рамках конференции была организована экскурсия в Элитно-семеноводческую опытную станцию «Красная» – филиал ФНЦ риса. Директор филиала Максименко Е.П. показал молодым ученым рисовую оросительную систему и рассказал об особенностях севооборота. Учёные также увидели госсортоучастки, на которых закладывают опыты.

В завершение конференции участники были награждены дипломами.



ПАМЯТИ ВОРОБЬЕВА НИКОЛАЯ ВАСИЛЬЕВИЧА

Коллектив Федерального государственного бюджетного научного учреждения «ФНЦ риса» с скорбием сообщает, что 11 июня 2022 года на 90-м году жизни скончался известный физиолог риса, доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Кубани Николай Васильевич Воробьев.

С 1967 г. по 2015 г. Н.В. Воробьев работал во Всероссийском НИИ риса: старшим научным сотрудником – 1967-1983 гг., заведующим лабораторией физиологии растений – 1983-1994 гг., заместителем директора по научной работе – 1992-1994 гг., главным научным сотрудником – 1994-2012 гг., ведущим научным сотрудником – 2012-2017 гг. Воробьев Н.В. являлся крупным ученым в области физиологии и биохимии растений. Им проведены фундаментальные исследования по физиологии прорастания семян риса. Впервые вскрыты причины их массовой гибели при прорастании в затопленной почве, связанные с нарушением газообмена семян с окружающей средой. Установлены физиологические механизмы стимулирующего воздействия положительных температур на их прорастание. На основе этих исследований физиологически обоснованы рекомендации по повышению полевой всхожести семян риса. Под руководством Н.В. Воробьева проведены широкомасштабные исследования механизмов продук-

тивности различных сортов риса, их отзывчивости на азот и устойчивости к полеганию, имеющие не только теоретическое, но и практическое значение. Эти многолетние исследования особенностей продукционного процесса разных по урожайности сортов риса позволили разработать физиологическую модель интенсивного сорта риса, которая несет информацию об оптимальных морфофизиологических параметрах растений и агрофитоценоза, при которых формируется высокая урожайность конкретного сорта в данных агроэкологических условиях среды. Она используется при оценке продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды новых сортов риса и для совершенствования технологии их возделывания. Воробьев Н.В. автор более 250 научных публикаций, в том числе 10 монографий. Под его руководством защищено 6 кандидатских и 1 докторская диссертации. Особенно известны рисоводам России и сопредельных стран монографии: «Физиологические основы прорастания семян риса и пути повышения их всхожести» (2003); «Физиологические основы минерального питания риса» (2005); «Методы физиологических исследований в рисоводстве» (2009); «Продукционный процесс у сортов риса» (2011); «Физиологические основы формирования урожая риса» (2013). Профессор Воробьев Н.В. входит в число ученых, внесших значительный вклад в теорию и практику рисоводства. За многолетнюю плодотворную работу и подготовку кадров высшей квалификации ему было присвоено звание Заслуженный деятель науки Кубани. Он является лауреатом премии администрации Краснодарского края (2003) и диплома Россельхозакадемии за лучшую завершенную разработку в области растениеводства (2002). Награжден медалями: «Ветеран труда» (1966), «За выдающийся вклад в развитие Кубани» (2013) и почетными знаками: «За полезное общество научные труды» (2008) и «Звезда Прометей» (2011). Николай Васильевич Воробьев является достойным примером для ученых нашего центра и рисоводов Кубани и РФ. Память о Николае Васильевиче Воробьеве навсегда сохранится в наших сердцах, а его книги в памяти наших потомков.

Выражаем соболезнование семье и родственникам в связи с тяжелой утратой.

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 четко 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. Апрод. – 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. Харитоновой. – Краснодар, 2011. – 316 с.
- Авторефераты Ляховкин, А. Г. Мировой генофонд риса (*Oryza sativa* 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.
Чижилова, Н. П. Эволюция минералогического состава и микростроения основных типов почв Кубани при рисосеянии / Н. П. Чижилова, 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]**.

Подписано в печать 25.06.2022 Формат 60*84/8 Бумага офсетная Усл. печатн. листов 12,5 Заказ № 1590. Тираж 500 экз.	Тираж изготовлен в типографии ИП Копыльцов П.И., 394052, г. Воронеж, ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.
---	--