

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 (ФНЦ риса),

д-р с.-х. наук, профессор

Заместитель главного редактора

В. С. КОВАЛЕВ (ФНЦ риса)

д-р с.-х. наук, профессор

Научный редактор

Н. Г. ТУМАНЬЯН (ФНЦ риса)

д-р биол. наук, профессор

Редакционная коллегия

И. Б. АБЛОВА (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко),

д-р с.-х. наук

Т. Ф. БОЧКО (КубГУ), канд. биол. наук

ДЖАО НЬЯНЛИ (Китай, Ляонинская Академия с.-х. наук)

В. А. ДЗЮБА (ФНЦ риса), д-р биол. наук, профессор

Л. В. ЕСАУЛОВА (ФНЦ риса), канд. биол. наук

Г. Л. ЗЕЛЕНСКИЙ (ФНЦ риса), д-р с.-х. наук, профессор

С. В. КИЗИНЁК (РПЗ «Красноармейский»

им. А. И. Майстренко), д-р с.-х. наук

С. В. КОРОЛЕВА (ФНЦ риса), канд. с.-х. наук

П. И. КОСТЫЛЕВ (ФГБНУ «Аграрный научный центр

«Донской»), д-р с.-х. наук, профессор

В. А. ЛАДАТКО (ФНЦ риса), канд. с.-х. наук

Ж. М. МУХИНА (ФНЦ риса), д-р биол. наук

А. Н. ПОДОЛЬСКИХ (Казакский НИИ рисоводства

им. И. Жахаева), д-р с.-х. наук

М. А. СКАЖЕННИК (ФНЦ риса), д-р биол. наук

А. И. СУПРУНОВ (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко),

д-р с.-х. наук

Н. Г. ТУМАНЬЯН (ФНЦ риса), д-р биол. наук, профессор

Е. М. ХАРИТОНОВ (ФНЦ риса), академик РАН,

профессор

М. И. ЧЕБОТАРЕВ (КубГАУ), д-р техн. наук, профессор

А. Х. ШЕУДЖЕН (ФНЦ риса), академик РАН, профессор

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

Корректор: **С. С. ЧИЖИКОВА**

Адрес редакции:

Белозерный, 3, Краснодар, 350921, Россия

arri_kub@mail.ru, «В редакцию журнала».

Научный редактор: тел.: (861) 229-41-49

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.

Editor-in-Chief

S. V. GARKUSHA (FSC of rice),

Dr. Sc. {Agriculture}, professor

Deputy Chief Editor

V. S. KOVALYOV (FSC of rice)

Doctor of Agricultural Sciences, professor

Scientific Editor

N. G. TUMANYAN (FSC of rice)

Doctor of Biological Sciences, professor

Editorial Board

I. B. ABLOVA (Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukianenko), Dr. Sc. {Agriculture}

T. F. BOCHKO (KubSU), Cand. Sc. {Biology}

ZHAO NIANLI (China, Liaoning Academy of Agricultural Science), Ph. D

V. A. DZUBA (FSC of rice), Dr. Sc. {Biology}, professor

L. V. ESAULOVA (FSC of rice), Cand. Sc. {Biology}

G. L. ZELENSKY (KubSAU), Dr. Sc. {Agriculture}, professor

S. V. KIZINEK (Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maystrenko), Dr. Sc. {Agriculture}

S. V. KOROLYOVA (FSC of rice), Cand. Sc. {Agriculture}

P. I. KOSTYLEV (SSE «ARC «Donskoy»), Dr. Sc. {Agriculture}, professor

V. A. LADATKO (FSC of rice), Cand. Sc. {Agriculture}

Zh. M. MUKHINA (FSC of rice), Dr. Sc. {Biology}

A. N. PODOLSKIKH (Kazakh Scientific Research Institute of Rice Growing named after I. Zhakhaev), Dr. Sc. {Agriculture}

M. A. SKAZHENNIK (FSC of rice), Dr. Sc. {Biology}

A. I. SUPRUNOV (Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukianenko), Dr. Sc. {Agriculture}

N. G. TUMANIAN (FSC of rice), Dr. Sc. {Biology}, professor

E. M. KHARITONOV (FSC of rice), Academician of Russian Academy of Sciences, professor

M. I. CHEBOTAREV (KubSAU), Dr. Sc. {Engineering}, professor

A. KH. SHEUDZHEN (FSC of rice), Academician of Russian Academy of Sciences, professor

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

Proofreader: **S. S. CHIZHIKOVA**

Address:

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

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

Ковалев Р. К., Дубин Р. И. Рисоводство Астраханской области	4
Костылев П. И., Костылева Л. М. Гены, детерминирующие признаки урожайности риса (обзор)	10
Ткаченко Ю. В., Зеленский А. Г., Зеленский Г. Л. Сравнительная оценка сортов и образцов риса с разной архитектоникой растений при воздушной засухе	17
Гапишко Н. И., Гончарова Ю. К. Варьирование массы проростков риса при воздействии стресса	24
Туманьян Н. Г., Чижилова С. С., Ольховая К. К. Кулинарные характеристики и пищевые достоинства сортов риса селекции ФНЦ риса	29
Папулова Э. Ю., Кумейко Т. Б., Туманьян Н. Г., Ткаченко Ю. В., Карамов А. С. Вариабельность амилографических характеристик зерна сортов риса, выращенных при различных дозах азотных удобрений	37
Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Хачмамук П. Н., Галай Н. С., Перепелин М. А. Эффективность применения на посевах риса модифицированного карбамида (®УТЕС)	44
Юаньке Лян, Ян Су, Лин Ли, Синь Хуан, Файз Хуссейн Панхвар, Тенгда Чжэн, Чжичэн Танг, Хла Хла Эй, Мухаммед Умер Фарук, Руи Цзэн, Юйцзе Чжан, Сяоин Е., Сяомэй Цзя, Ланлан Чжэн, Цзяньцин Чжу Быстрое накопление селена у риса, обогащенного селеном, и его физиологические реакции в изменяющихся условиях	54
Штуц Р. В. Минеральное питание растений риса и вынос биогенных элементов с урожаем при включении биогумата «Экосс» в систему удобрения	65
Штуц Р. В. Изучение влияния биогумата «Экосс» на урожайность и посевные качества семян риса при разных способах его применения	74
Чернышева Н. В., Барчукова А. Я., Тосунов Я. К. Эффективность применения микроудобрения Форрис в технологии возделывания риса	80
Барчукова А. Я., Чернышева Н. В., Тосунов Я. К. Воздействие агрохимиката Грейнсет на процессы роста, урожайность и масличность семян сои	85
Гаркуша С. В., Скаженник М. А., Чеботарев М. И., Кизинек С. В., Ковалёв В. С., Киселев Е. Н., Чижилов В. Н. Эффективность использования комбайна Тисапо 580 в условиях рисовой оросительной системы	90
Пищулин Г. В., Козлова И. В. Новый перспективный сорт фасоли зерновой Южанка для юга России	99
Козлова И. В. Эффективность применения некорневых подкормок сложным хелатным удобрением «Эко-темп-универсал» на посадках томата консервных сортов	105

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Kovalev R. K., Dubin R. I. Rice growing in Astrakhan region	4
Kostylev P. I., Kostyleva L. M. Genes determining traits of rice yield (overview)	10
Tkachenko Y. V., Zelensky A. G., Zelensky G. L. Comparative evaluation of varieties and samples of rice with different plant architectonics at air drought	17
Gapishko N. I., Goncharova Yu. K. Variability of mass of rice seedlings under the influence of stress	24
Tumanyan N. G., Chizhikova S. S., Olkhovaya K. K. Culinary characteristics and nutritional advantages of rice varieties of federal scientific rice centre	29
Papulova E. Yu., Kumeiko T. B., Tumanyan N. G., Tkachenko Yu. V., Karamov A. S. Variability of grain amylographic characteristics of rice varieties grown with different nitrogen fertilizer	37
Sheudzen A. Kh., Bondareva T. N., Khachmamuk P. N., Galay N. S., Perepelin M. A. Efficiency of using modified carbamide (®UTEK) on rice crops	44
Yuanke Liang, Yang Su, Ling Li, Xin Huang, Faiz Hussain Panhwar, Tengda Zheng, Zhichen Tang, Hla Hla Ei, Muhammad Umer Farooq, Rui Zeng, Yujie Zhang, Xiaoying Ye, Xiaomei Jia, Lanlan Zheng, Jianqing Zhu Quick selenium accumulation in the selenium-rich rice and its physiological responses in changing selenium environments	54
Shtuts R. V. Mineral nutrition of rice plants and removal of nutrients with the yield when incorporating ecoss biohumate into the fertilizer system	65
Shtuts R. V. The study of the impact of «ECOSS» biohumate on productivity and sowing qualities of rice seeds with different methods of its application	74
Chernisheva N. V., Barchukova A. Ya., Tosunov Ya. K. Efficiency of application of microfertilizers forris in rice cultivation technology	80
Barchukova A. Ya., Chernisheva N. V., Tosunov Ya. K. The impact of greenset of agrochemical on the growth, yield and oil content of soybean seeds	85
Garkusha S. V., Skazhennik M. A., Chebotarev M. I., Кизинек С. В., Kovalyov V. S., Kiselev E. N., Chizhikov V. N. Efficiency of using the Tucano 580 combine in the conditions of the rice irrigation system	90
Pishchulin G. V., Kozlova I. V. A new promising variety of grain beans Yuzhanka for the south of Russia	99
Kozlova I. V. Efficiency of using foliar dressing with complex chelate fertilizer «Ecotemp universal» on crops of cannery tomato varieties	105

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-4-9
УДК 633.18

Р. К. Ковалев, канд. с.-х. наук,
Р. И. Дубин

РИСОВОДСТВО АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлена информация об исторических этапах производства риса в Астраханской области РФ. Культура риса появилась в области в 1930-х годах, с 1966 г. начали строиться рисовые оросительные системы инженерного типа. До 1990 г. на 30 – 35 тыс. га сеяли сорта кубанской селекции Дубовский-129, Краснодарский-424, Кубань-3, Солнечный, Спальчик, Лиман. Однако к 2008 году площадь рисовых посевов сократилась до 7,5 га при урожайности 2,95 т/га, что было обусловлено интервенциями зарубежного риса, низкой на него ценой, высокими ценами на энергоносители, удобрения, сельскохозяйственную технику. В настоящее время в области 82,8 тысяч гектаров рисовых оросительных систем (РОС), из которых используется в производстве 25,0 тысяч гектаров, рис выращивается только на 4,2 тысячах гектаров. К 2019 году рисоводство сохранилось в двух районах области, расположенных в южной зоне рисосеяния, выращиванием риса занимается 16 хозяйств. Основными лимитирующими факторами производства риса являются высокая цена на поливную воду и износ уборочной техники. В 2019 году было проведено производственное испытание новых сортов: Аполлон, Визит, Станичный, Велес, Азовский. Для Астраханской области, относящейся к Нижневолжскому региону, были районированы сорта: Боярин, Виктория, Волгоградский, Контакт, Новатор, Рапан. Для региона разработаны технологии возделывания риса, интенсивная и природоохранная, позволяющие получать 6,0 – 7,0 т/га.

Ключевые слова: рис, история рисоводства, Астраханская область.

RICE GROWING IN ASTRAKHAN REGION

The article provides information on the historical stages of rice production in the Astrakhan region of the Russian Federation. Rice crops appeared in the region in the 1930s, since 1966, engineering type rice irrigation systems began to be built. Until 1990, varieties of the Kuban breeding Dubovsky-129, Krasnodar-424, Kuban-3, Solnechny, Spalchik, Liman were sown on 30 – 35 thousand ha. However, by 2008, the rice sown area was reduced to 7.5 hectares with a yield of 2.95 t/hectares, which was due to the intervention of foreign rice, its low price, high prices for energy, fertilizers, and agricultural machinery. Currently, there are 82.8 thousand hectares of rice irrigation systems (ROS) in the region, of which 25.0 thousand hectares are used in the production, rice is grown on only 4.2 thousand hectares. By 2019, rice cultivation was preserved in two districts of the region located in the southern zone of rice cultivation; 16 farms are engaged in rice cultivation. The main limiting factors for rice production are the high price of irrigation water and the wear of harvesting equipment. In 2019, the production test of new varieties was carried out: Apollon, Visit, Stanichny, Veles, Azovsky. For the Astrakhan region belonging to the Lower Volga region, the following varieties were zoned: Boyarin, Victoria, Volgogradsky, Kontakt, Novator, Rapan. Intensive and environmental rice cultivation technologies have been developed for the region, allowing to obtain 6.0 – 7.0 t/ha.

Key words: rice, history of rice growing, Astrakhan region

История культуры риса в Астраханской области начинается с 30-х годов прошлого столетия. Тогда рис выращивали на затопленных паводковыми водами участках, как правило, в южных дельтовых районах. Культура выращивания и урожайность риса в то время были невысокими, процесс выращивания – трудоемким. Сбор зерна проводили вручную [7].

Значимые изменения в рисоводстве произошли в 1966 году с началом строительства рисовых оросительных систем инженерного типа. За время строительства было освоено около 100 тысяч гектаров, которые были обеспечены насосными станциями, стационарными зерноочистительными машинами и зернохранилищами, сельскохозяйственной техникой, необходимой для выращивания риса [6, 9]. Одновременно велась подготовка специалистов для рисоводства в высших и средних специальных учебных заведениях.

До 90-х годов площадь засеваемая рисом составляла 30 – 35 тысяч гектаров. Использовали

сорта кубанской селекции – Дубовский-129, Краснодарский-424, Кубань-3, Солнечный, Спальчик, Лиман, которые хорошо зарекомендовали себя на Астраханской земле и давали устойчиво 3 – 4 тонны риса-сырца с одного гектара по области. В передовых хозяйствах урожайность их достигала 6,5 тонн с гектара [5].

Переход рисоводства в условия рынка привел к значительному снижению посевных площадей, урожайности и производства зерна риса (рис. 1). Если в 1990-м году рис высевался на площади 31 тыс. гектаров и урожайность его была 3,69 т/га, то к 2008 году посевная площадь составила 7,5 тысяч гектаров, а урожайность 2,95 т/га. Причины упадка рисосеяния в это время обусловлены несоразмерно низкой ценой на произведенную продукцию по сравнению с ценами на энергоносители, удобрения, сельскохозяйственную технику, а также массовым завозом импортного риса.

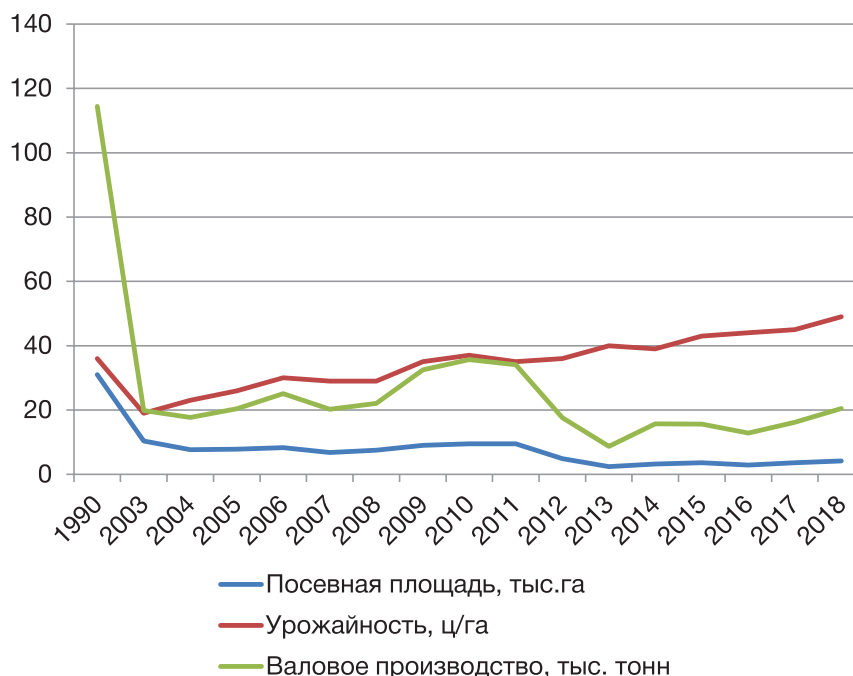


Рисунок 1. Основные производственные показатели рисоводства Астраханской области (по данным Минсельхоза Астраханской обл.)

В 2008 – 2009 годах цена на рисовую крупу несколько возросла, что способствовало увеличению посевных площадей риса в области. В эти годы увеличивается и валовое производство риса. До 2011 года оно составляло 32 – 34 тысячи тонн риса-сырца. Наряду с этим в 2010 – 11-е годы в Астраханской области на посевах риса массово развивается новый, не известный ранее рисоводам, опасный вредитель – желтая рисовая огневка. Увеличение инвестиций в рисоводство в связи с увеличением закупочных цен на рис-сырец, соблюдение технологии выращивания риса в 2009 – 2011-е годы не привело к ожидаемому результату, урожайность оставалось на прежнем уровне из-за вредоносности огневки. Это способствовало сокращению посевных площадей и валового производства риса с 2011 по 2013 годы.

Федеральный научный центр риса с 2004 года ведет работы по изучению биологии желтой рисовой огневки [2 – 4]. Для оптимизации и ускорения проведения исследовательских работ был привлечен к сотрудничеству Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург), а позже ФГБУ «Астраханский государственный природный биосферный заповедник». В 2013 году на опорном пункте апробирован и предложен рисоводам химический метод борьбы с желтой рисовой огневкой. С 2014 года отмечается увеличение посевных площадей, урожайности и валового сбора зерна риса. Урожайность зерна в 2018 году достигла 5 т/га, в основном за счет соблюдения рекомендаций опорного пункта по технологии выращивания, использования интенсивного типа сортов созданных институтом риса и применения химических средств защиты растений.

В настоящее время в области 82,8 тысяч гектаров рисовых оросительных систем (РОС). Из них используется в сельскохозяйственном производстве – 25,0 тысяч гектаров, а рис выращивается только на 4,2 тысячах гектаров. Площадь РОС, требующих ремонта составляет 54,9 тысяч гектаров, в том числе проведения капитальной планировки – 49,2 тысяч гектаров. Правительство Астраханской области предоставляет субсидии на возмещение до 50 % затрат на реализацию мероприятий по мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, в том числе рисовых оросительных систем, которые включают: восстановление гидротехнических сооружений, приобретение насосных станций, трубопроводов, затворов, сопутствующих материалов и деталей. Хозяйствам области предоставляются, также, субсидии при освоении залежных земель рисовых оросительных систем.

В 2019 году рисоводство сохранилось в 2 районах области, расположенных в Южной зоне рисосеяния (табл. 1). Выращиванием риса занимается 16 хозяйств, в том числе 4 с посевной площадью от 301 до 1500 гектаров. К сравнению, в 2009 году рис выращивало 31 хозяйство в 7 районах области, расположенных в Южной, Северной и Центральной зонах рисосеяния, из них 7 хозяйств было с площадью от 301 до 1500 гектаров.

К 2012-му году производством риса занимались 19 хозяйств в 6 районах области, из них 4 с посевной площадью от 301 до 1500 гектаров.

Сокращению площадей посева риса в Северных и Центральных зонах способствовал рост цены на полив (табл. 2). Если в 2009 году оплата за полив риса составляла от 1485 рублей за 1 гектар в Камызякском

районе до 2635 рублей в Черноярском, а разница по тарифу между районами – 1158 рублей за гектар, то в 2019-м году полив гектара в Камызякском райо-

не стоил 6954 рубля, а в Черноярском 12394 рубля, и эта разница между районами возросла практически в 2 раза составив 5440 рублей.

Таблица 1. Характеристика хозяйств Астраханской области по размеру площади, отводимой под рис

Год	Количество хозяйств с площадью, га				Итого по области	
	30 – 100	101 – 150	151 – 300	301 – 1500	рисоводческих районов	хозяйств
2009	10	8	5	7	7	31
2012	5	4	6	4	6	19
2019	6	2	4	4	2	16

Как видно из таблицы 2, резкий скачок цен на подачу воды произошел в период с 2009 по 2013 годы. Новые расценки были разработаны ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз» в 2013 году

в соответствии с Порядком определения платы за оказание услуг федерального бюджетного учреждения (приказ Минсельхоза России от 18 февраля 2013 г.).

Таблица 2. Размер платы за подачу воды для полива риса в расчете на 1 гектар (по данным ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз»)

Наименование филиалов	Год		
	2009	2013	2019
Ахтубинский	2344	6698	11051
Енотаевский	2187	6250	10312
Камызякский	1485	4245	6954
Лиманский	2094	5983	9871
Правобережный	1681	4803	7924
Харабалинский	1614	4614	7613
Черноярский	2635	7529	12394

До утверждения вышеназванного Порядка, расценки на отпуск воды из государственных систем согласовывались с министерством сельского хозяйства области, которое не допускало их значительного роста.

Научное обеспечение рисосеяния в области осуществляет ФГБНУ «ФНЦ риса». Для этого был создан опорный пункт на базе рисоводческих хозяйств ИП Прелов и ООО «АгроТехнология». На опорном пункте ведутся работы по семеноводству и экологическому испытанию сортов риса, испытываются новые сорта, а также перспективные для возделывания в производстве. В 2019 году испытывали сорта: Аполлон, Визит, Станичный, Велес, Азовский. Стандартом был Рапан. Отобранные в экологических испытаниях сорта, по хозяйственно-ценным признакам превосходящие сорт-стандарт, передаются в производственное испытание. По итогам производственных испытаний сорта передаются в государственное сортоиспытание. Для Астраханской области, относящейся к Нижневолжскому региону, районированы следующие сорта риса: Боярин, Виктория, Волгоградский, Контакт, Новатор, Рапан [8].

При научном обеспечении института в хозяйстве ООО «АгроТехнология» ведется первичное семеноводство сорта Рапан. Ежегодно в этом хозяйстве

получают около 200 тонн семян элиты.

Ведение семеноводства в области способствует улучшению качества посевного материала, используемого рисоводами. В 2019 году элитными семенами было засеяно 40 % площади и столько же семенами первой репродукции. Ежегодно снижается площадь под второй и последующими репродукциями.

В производственных условиях изучается влияние предшественников, сроков посева и доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна сортов риса. Сотрудниками опорного пункта оказывается консультационная помощь рисоводам области по интенсивной и безгербицидной технологии выращивания этой культуры.

В области до 2018 года возделывали 2 сорта риса – Рапан и Новатор (рис. 2). Из них основную площадь – 97 %, занимал сорт Рапан. Сорт Новатор высевали на 3 % площади. В 2019 году высевали только сорт Рапан. Опорным пунктом испытаны и рекомендованы в производство новые современные сорта – Виктория, Диамант, Гамма, Гарант и Флагман, однако в хозяйствах высевают сорт Рапан. Хозяйственники не спешат переходить на новые сорта и связывают это с тем, что сорт Рапан относительно других сортов более пластичен в технологии выращивания и особенно в уборке. Во время созревания, при пе-

рестое на корню растений сорта Рапан трещиноватость зерновок в разы меньше в сравнении с новыми испытанными сортами, а это влияет на выход крупы и цену на рис-сырец при сдаче на завод.

В Астраханской области существует проблема с уборкой урожая риса (рис. 2). Уборочные работы зачастую затягиваются на 1,5 – 2 месяца. Рисовых

комбайнов в хозяйствах не достаточно для проведения уборки в рекомендуемые сроки. Приобрести дорогостоящую технику имеют возможность только крупные хозяйства с посевной площадью более 800 гектаров. В области отсутствует программа субсидирования приобретения сельскохозяйственной техники.

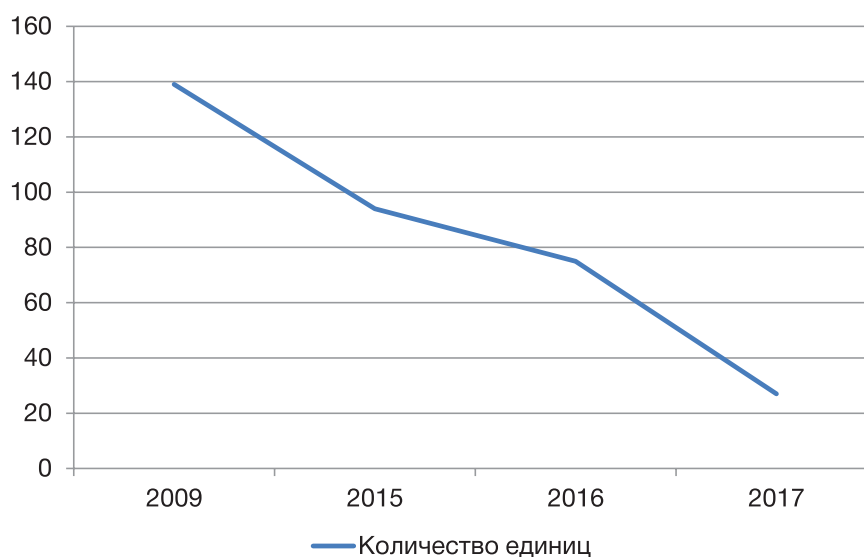


Рисунок 2. Наличие рисоуборочных комбайнов в хозяйствах Астраханской области (по данным Минсельхоза Астраханской обл.)

Сокращение количества рисоуборочных комбайнов в период с 2009 по 2017 год со 139 до 27 единиц, обусловлено переходом крупных хозяйств на современную мощную технику, а также общим уменьшением числа хозяйств занимающихся рисоводством. Качественно убрать урожай риса, превышающий 5 тонн с гектара, возможно только современной

техникой, а применение полной нормы рекомендуемых удобрений, соблюдение технологии выращивания приводит в последние годы к увеличению урожайности культуры и соответственно, к нехватке современных комбайнов.

В 2012 году под рис вносили около половины рекомендуемой нормы минеральных удобрений (рис. 3).

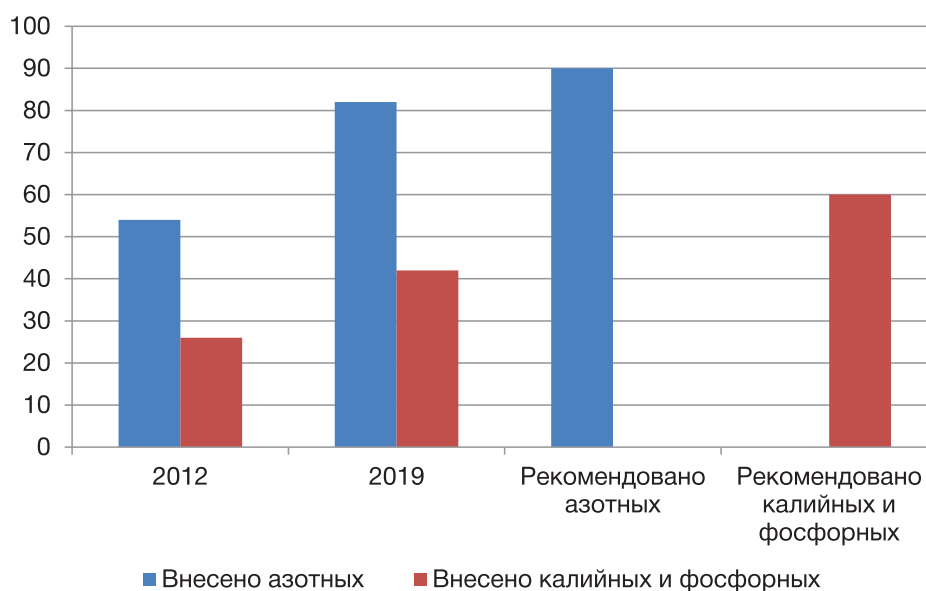


Рисунок 3. Применение минеральных удобрений в рисосеющих хозяйствах Астраханской области

В настоящее время в среднем по области на 1 гектар посевов вносят около рекомендуемой нормы: азотных – 82, фосфорных и калийных – 42 килограмма по действующему веществу. Специализированные хозяйства с площадью от 300 до 1500 гектаров имеют необходимый набор машин и тракторов для выращивания риса и вносят: азотных – 120 – 140, фосфорных и калийных – 70 – 80 килограммов по действующему веществу на гектар. Такие хозяйства как ООО «АгроТехнология», ООО «Астнива», ООО «Астраханский рисовод» вносят оптимальное количество удобрений, в среднем получают 6 – 7 т/га зерна риса.

Как уже отмечалось, климатические условия области благоприятны для возделывания риса [1]. Для региона разработаны технологии возделывания риса, как интенсивная, так и природоохранная, позволяющие получать 6,0 – 7,0 т/га, а у переработчиков риса-сырца есть резервы для увеличения

объемов переработки. Общая мощность перерабатывающих предприятий составляет 400 тонн в сутки. Переработкой риса-сырца занимается 4 предприятия: ООО «Астраханский рис» в г. Астрахани, ООО «Красноярский рис» в Красноярском районе, ИЧП «Хечоян» в Приволжском районе и ООО «Рис» в Камызякском районе.

Выводы

В настоящее время рисоводству Астраханской области необходима государственная поддержка финансирования программы обновления машинно-тракторного парка сельскохозяйственной техники; увеличение субсидирования затрат на ремонт и реконструкцию рисовых систем до 80 %. При такой поддержке, построенные рисовые системы будут использоваться по назначению, а Астраханская область займет достойное место по производству риса в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Астраханской области [Текст] / Глав. упр. гидрометеорол. службы. Рост. гидрометеорол. Обсерватория. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. – 127с.
2. Касьянов, А. И. Желтая рисовая огневка [Текст] / А. И. Касьянов, К. Е. Ковалев, А. Л. Львовский // Защита и карантин растений № 10. – М., 2007. – С. 42.
3. Ковалев, Р. К. *Chilo suppressalis* Walk. – представитель семейства Piralididae в рисовых севооборотах Астраханской области [Текст] / Ковалев Р. К., Лозовская М. В., Пироговский М. И. // Естественные науки. – 2012. – № 3. – С. 29 – 31.
4. Ковалев, Р. К. Желтая рисовая огневка [Текст] / Р. К. Ковалев // Защита и карантин растений № 11. – М., 2016. – С. 47 – 48.
5. Конохова, В. П. Учебная книга рисовода [Текст] / В. П. Конохова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
6. Научно обоснованные системы земледелия Астраханской области [Текст] / Коллектив авторов. – Волгоград, Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1983. – 240 с.
7. Ляховкин, А. Г. Рис. Мировое производство и генофонд [Текст] / А. Г. Ляховкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: «ПРОФИ-ИНФОРМ», 2005. – 288 с.
8. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Реестр сортов и гибридов растений, допущенных к использованию по Астраханской области на 2019 год [Текст]. – Астрахань, 2019.
9. Шумаков, Б. А. Орошение в Поволжье [Текст] / Б. А. Шумаков. – М.: «Колос», 1971. – С. 188 – 191.

REFERENCES

1. Agroclimatic guide to the Astrakhan region / General Directorate of Hydrometeorological Service. Rostov Hydrometeorological Observatory. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1961. – 127 p.
2. Kasyanov, A. I. Rice Stem Borer / A. I. Kasyanov, K. E. Kovalev, A. L. Lvovsky // Plant protection and quarantine No. 10. – M., 2007. – p. 42.
3. Kovalev, R. K. *Chilo suppressalis* Walk. – representative of the Piralididae family in rice crop rotations of the Astrakhan region / Kovalev R. K., Lozovskaya M. V., Pirogovsky M. I. // Natural sciences. – 2012. – No. 3. – p. 29 – 31.
4. Kovalev, R. K. Rice Stem Borer / R. K. Kovalev // Plant protection and quarantine No. 11. – M., 2016. – p. 47 – 48.
5. Konokhova, V. P. Training book of the rice grower / V. P. Konokhov. – 2nd ed., revised and enlarged. – M.: Agropromizdat, 1990. – 239 p.
6. Scientifically-based agricultural systems of the Astrakhan region / Collective of authors. – Volgograd, Nizhne-Volzh. Publishing House, 1983. – 240 p.
7. Lyakhovkin, A. G. Rice. World production and gene pool / A. G. Lyakhovkin. – 2nd ed., revised and enlarged. – St. Petersburg: "PROFI-INFORM", 2005. – 288 p.
8. The Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Federal State Budgetary Institution "State Commission of the Russian Federation for the Testing and Protection of Breeding Achievements". The register of plant varieties and hybrids approved for use in the Astrakhan region for 2019. – Astrakhan, 2019.
9. Shumakov, B. A. Irrigation in the Volga region / B. A. Shumakov. – M., «Kolos», 1971. – P. 188 – 191.

Роман Константинович Ковалев

руководитель Поволжским ОП
ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

Roman Konstantinovich Kovalev

Head of Volga experimental station,
FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

Ринат Исмаилович Дубин

начальник отдела растениеводства

Министерство сельского хозяйства

и рыбной промышленности Астраханской области

г. Астрахань, ул. Свердлова, 31

Rinat Ismailovich Dubin

Head of Plant breeding department

Ministry of Agriculture and Fisheries

of Astrakhan region

31, st. Sverdlova, Astrakhan, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-10-16
УДК 575.1:633.18

П. И. Костылев, д-р с.-х. наук, профессор,
Л. М. Костылева, канд. с.-х. наук,
г. Зеленоград, Россия

ГЕНЫ, ДЕТЕРМИНИРУЮЩИЕ ПРИЗНАКИ УРОЖАЙНОСТИ РИСА (обзор)

Для повышения сборов зерна риса необходима селекция новых высокоурожайных сортов в различных регионах. Урожайность риса состоит из пяти основных компонентов: количества растений на единицу площади, количества побегов на растении, количества зерен в метелке, размера и фертильности зерновок. Существенными признаками для производства зерна риса является габитус побегов и метелок, который тесно связан с потенциалом урожайности за счет кушения вегетативных побегов и ветвления веточек метелки. Такие важные агрономические признаки, как урожайность, устойчивость к болезням и качество крупы, обычно определяются многими генами, известными как QTL. В статье на основе литературных данных представлен обзор основных генов / QTL, которые непосредственно влияют на формирование продуктивности растений и биоценозов. Наиболее важны последние достижения в идентификации и характеристике основных QTL, связанных с высокой урожайностью, таких, как количество зерен в метелке, размер зерновок и их выполненность, а также кустистость.

Ключевые слова: рис, ген, QTL, урожайность, наследование.

GENES DETERMINING TRAITS OF RICE YIELD (overview)

To increase rice grain harvests, breeding of new high-yielding varieties in different regions is necessary. Rice productivity consists of five main components: the number of plants per unit area, the number of shoots per plant, the number of grains in a panicle, the size and fertility of the grains. The essential characteristics for the production of rice grain is the habit of shoots and panicles, which is closely related to the yield potential due to tillering of vegetative shoots and branching of panicle. Important agronomic traits such as yield, disease resistance, and cereal quality are usually determined by many genes known as QTLs. Based on published data, the article presents an overview of the main genes / QTLs that directly affect the formation of plant productivity and biocenoses. Most important are recent advances in identifying and characterizing the main QTLs associated with high yields, such as the number of grains in a panicle, the size of the grains and their completeness, as well as bushiness.

Key words: rice, gene, QTL, productivity, inheritance.

Введение

Население мира продолжает быстро расти и, как ожидается, вырастет с семи миллиардов сегодня до 9,3 миллиардов к 2050 году. Учитывая этот рост, нехватка продовольствия становится более серьезной глобальной проблемой. Чтобы удовлетворить спрос на продукты питания, повышение урожайности имеет большое значение и является наиболее важной целью при выращивании сельскохозяйственных культур.

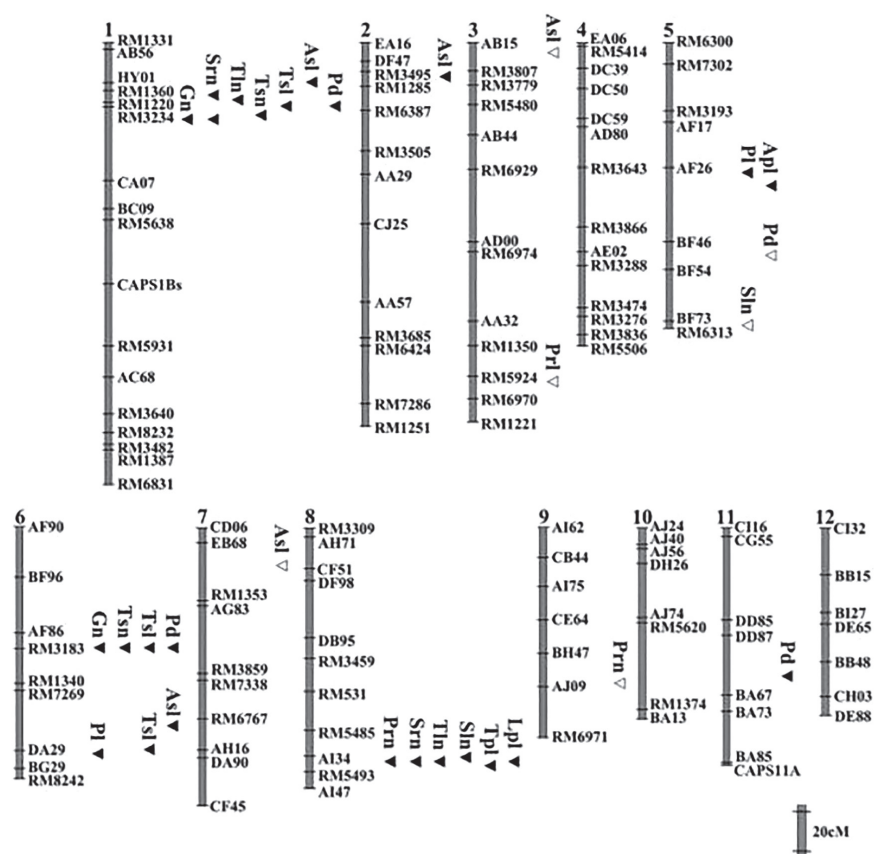
Наряду с кукурузой (*Zea mays*) и пшеницей (*Triticum aestivum*) рис (*Oryza sativa* L.) является одной из самых распространенных зерновых культур в мире и основным продуктом питания для более половины человечества. В середине двадцатого века, когда в Азии возникла проблема нехватки продовольствия, Международный научно-исследовательский институт риса (IRRI) создал высокоурожайный полукарликовый сорт риса IR8, известный как чудо-рис. IR8 был выведен путем скрещивания индонезийского сорта Peta с хорошим вкусом и местного тайваньского низкорослого сорта Dee-geo-woo-gen, несущего ген полукарликовости 1 (*sd1*) [5]. IR8 резко увеличил производство риса и в результате этого опасный продовольственный кризис был предотвращен в Азии в 1960-х и 1970-х годах. Это достижение было названо частью зеленой революции. Однако для преодоления нехватки продовольствия необходима вторая зеленая

революция, что привело к попыткам селекции новых высокоурожайных сортов в различных регионах [30]. Урожайность риса определяет его пять основных компонентов: количество растений на единицу площади, количество побегов на растении, количество зерен в метелке, размер и фертильность зерновок. Габитус побегов и метелок привлекает внимание, как существенные признаки в производстве зерна риса, поскольку они тесно связаны с потенциалом урожайности за счет кушения вегетативных побегов и ветвления веточек метелки.

Наиболее важные агрономические признаки (например, урожайность, устойчивость к болезням и качество крупы) обычно определяются многими генами, известными как QTL. В рамках проекта геномных последовательностей двух подвидов риса, *O. sativa* L. ssp. *japonica* сорт Nipponbare и *O. sativa* L. ssp. *indica* сорт 93 – 11, а впоследствии Международного проекта в 2005 году было завершено секвенирование всего генома риса [11, 26]. Это достижение позволило исследователям провести детальный генетический анализ QTL с использованием карт сцепления ДНК-маркеров. С тех пор во многих исследованиях были идентифицированы и охарактеризованы QTL и гены, важные для агрономических признаков [20, 25].

Наиболее важны последние достижения в идентификации и характеристике основных QTL, связан-

Используя этот метод, они проанализировали некоторые сорта риса, которые формируют очень большое количество зерен, и провели QTL-анализ 18-ти признаков метелки, включая длину, в расщепляющейся популяции F_2 , полученной от скрещивания между ведущим японским сортом Koshihikari и сортом с исключительно большим количеством зерен NP-6, который классифицируется как Новый Тип Растения [23]. В результате были обнаружены три региона, в которых более четырех QTL были сконцентрированы в виде кластера (рис. 1). При изучении взаимосвязи между длиной каждой веточки и их числом была обнаружена как независимая, так и зависимая схема контроля ветвления.



Примечание: Gn – число зерен, Pm – число первичных веточек оси, Sm – число вторичных веточек, Tn – общее число боковых веточек на первичной ветви, Tsn – общее число боковых ветвей на вторичной ветви, Sln – общее число вторичных веточек на самой длинной первичной ветви, Pl – длина метелки, Prl – длина оси метелки, Trl – общая длина первичных ветвей оси, Apl – средняя длина первичной ветви оси, Tsl – общая длина вторичных ветвей, Asl – средняя длина вторичной ветви, Lpl – длина самой длинной первичной ветви, Pd – плотность метелки

Эти результаты показывают, что различные генетические механизмы могут контролировать длину и количество ветвей оси в метелках риса. Когда генетический контроль каждого компонента метелки будет идентифицирован, можно будет разработать схемы ветвления метелки для различных целей, например, одна схема имеет длинную метелку со многими первичными ветвями, а другая – длинные первичные оси с большим количеством боковых веточек на них.

Количество зерен. Было выполнено несколько QTL-анализов для признаков урожайности риса [13, 17, 18, 24, 34, 38]. В 2005 году был обнаружен и идентифицирован локус Gn1a (grain number – количество зерен) как наиболее эффективный QTL, увеличивающий число зерен, с помощью анализа беккроссных инбредных линий между сортами подвидов *indica* Habataki и *japonica* Koshihikari [3].

Gn1a кодирует рисовую цитокининоксидазу / дегидрогеназу OsCKX2, пониженная экспрессия которой в меристемах соцветия индуцирует накопление цитокинина, что приводит к увеличению количества цветков. Почти изогенная линия с Gn1a имела большое количество зерен, примерно на 45 % больше, чем у Koshihikari, а, значит, локус Gn1a влияет на урожайность риса. Таким образом, впервые был идентифицирован полезный ген агрономического признака у риса. Локус естественной вариации в количестве зерен, высоте растения и дате цветения (Ghd7) также был определен с использованием QTL-анализа как для F_2 – F_3 , так и для популяций рекомбинантных инбредных линий, полученных от скрещивания сортов *indica* Zhenshan 97 и Minghui 63 [37]. Локус Ghd7, кодирующий доменный белок CCT, увеличивает число зерен, высоту растения и дату цветения и действует по времени перед генами Ehd1 (Early heading date – дата раннего цветения) и Hd3a (Heading date – дата цветения) в фотопериодическом процессе цветения [35]. Локус Ghd7 контролирует дату цветения посредством его повышенной экспрессии в условиях длинного дня, подавляя экспрессию Hd3a, вероятно, через Ehd1, тем самым задерживая цветение и увеличивая высоту растения и размер метелки. Подобно Ghd7, локус Ghd8/DTH8 (Days to heading – дней до цветения), который кодирует белок OsHAP3, также плеiotропно регулирует урожайность зерна, дату цветения и высоту растения [36]. Регулируя экспрессию генов Ehd1 и Hd3a, Ghd8/DTH8 задерживает время цветения в условиях длинного дня, тогда как при коротком дне ускоряет его. Ghd8 также увеличивает количество побегов, первичных и вторичных ветвей благодаря положительной регуляции ключевого гена, контролирующего кущение и ветвление, MONOCULM 1 (MOC1).

Ген DEP1 (dense and erect panicle – плотная вертикальная метелка) также был идентифицирован как естественный вариант локуса DEP1, который увеличивает число зерен и приводит к образованию плотных, вертикальных метелок, на основе анали-

за популяции F_2 между сортами подвидов *japonica* и *indica* (Q169 × 93-11 и W101 × NJ6) [6].

DEP1 кодирует ранее неизвестный белок с фосфатидилэтаноламин-подобным доменом. Он может ускорить деление клеток риса и привести к увеличению количества зерен.

Кроме того, локусы WFP (wealthy farmer's panicle – метелка богатого фермера) и IPA1 (Ideal Plant Architecture – архитектура идеального растения) были независимо идентифицированы и кодируют один и тот же белок риса OsSPL14 [12, 21]. Локусы WFP у сорта *indica* ST-12 и IPA1 у Shaonieijing увеличивали количество зерен на метелке из-за того, что формировалось значительно больше первичных веточек. Микро-PHK, OsmiR156, высоко экспрессируется в вершине побега и зачатках первичных и вторичных ветвей, что уменьшает количество побегов и способствует разветвлению метелки.

Недавно M. Ikeda et al. (2010) идентифицировали важный QTL – SCM2 (strong culm – прочная соломина) с использованием линий с замещенными хромосомными сегментами [22]. Позиционное клонирование SCM2 показало, что он идентичен APO1 (aberrant panicle organization – аномальная форма метелки), кодирующему белок, участвующий в контроле количества веточек оси метелки. Растения почти изогенной линии SCM2 на основе сорта Koshihikari показали повышенную прочность стебля и плеiotропное увеличение количества ветвей и зерен на метелке. Эти плеiotропные эффекты SCM2 должны быть очень полезны для повышения урожайности риса. С другой стороны, изучение мутантного гена LP (larger panicle – крупная метелка) показало, что он кодирует белок F-box [14]. Морфологический анализ показал, что мутантные метелки производят больше ветвей, особенно первичных, и содержат больше колосков с увеличенной массой 1000 зерен. По сравнению с растениями дикого типа общий урожай зерна на одно мутантное растение также увеличивается, что указывает на то, что они могут быть использованы в качестве генного ресурса при селекции риса на более высокую урожайность зерна.

Размер и выполненность зерновки. В селекционных программах размер зерновки обычно оценивается по ее массе, которая положительно коррелирует с несколькими признаками, включая длину, ширину и толщину зерна. Размер зерновки также является очень важным качественным признаком риса, поскольку его увеличение обычно снижает качество крупы. Были обнаружены некоторые QTL для массы зерновки. Локус GS3, идентифицированный в потомстве от скрещивания сортов Minghui 63 (крупное зерно) и Chuan 7 (мелкое зерно), является основным QTL для длины и массы зерновки [4]. Однако биологическая функция GS3 в контроле длины и веса зерна не ясна.

Другой QTL, влияющий на ширину и массу зерна, GW2, был идентифицирован с использованием популяции F_2 между сортом *japonica* WY3 (круп-

ное зерно) и высококачественным сортом indica Fengaizhan-1 (мелкое зерно) [29]. GW2 кодирует убиквитинлигазу E3 типа RING. Почти изогенная линия, содержащая аллель с потерей функции (NIL-GW2), показала увеличение числа клеток, что привело к увеличению (расширению) чешуй колоска и более быстрому наливу зерна, что привело к увеличению его ширины, массы и урожайности. Эти результаты позволяют предположить, что GW2 регулирует деление клеток.

Shomura et al. (2008) и Weng et al. (2008) сообщили о клонировании связанного с окультуриванием риса QTL (qSW5 / GW5), влияющего на ширину зерна риса [28, 33]. Этот QTL обнаружили в популяции F₂ от скрещивания между сортом japonica Nipponbare и indica Kasalath. Недавно было установлено, что GS5 контролирует размер зерна риса путем регулирования налива зерна, его ширины и массы с использованием популяции дигаплоидов, полученной из скрещивания сортов Zhenshan 97 и H94 [16]. GS5 кодирует предполагаемую сериновую карбоксипептидазу и функционирует как положительный регулятор размера зерна.

Ген риса GIF1 (grain incomplete filling – неполный налив зерновки) кодирует инвертазу клеточной стенки, которая гидролизует сахарозу до глюкозы и фруктозы и участвует в распределении углерода во время раннего налива зерна. Более высокая экспрессия аллеля GIF1 дикого типа приводит к меньшему количеству зерна по сравнению с аллелем GIF1 культурного сорта. Основываясь на популяционно-генетическом анализе, Wang et al. сообщили, что GIF1 и другой ген инвертазы клеточной стенки, OsCIN1, подверглись сильному влиянию искусственного отбора в процессе окультуривания, причем его целью в гене GIF1 является область промотора, а в OsCIN1 – кодирующая область [32].

Кущение. Архитектура растения определяется развитием побегов и формированием метелки, а увеличение количества ветвей приводит к максимальному потенциалу урожайности. Таким образом, для растениеводства такие признаки, как кущение и ветвление, являются очень важными.

Было установлено, что MOC1 является основным регулятором кущения риса, участвуя в инициации пазушной меристемы и росту почки побега [15]. Этот ген кодирует ядерный белок семейства GRAS, высоко гомологичный латеральному супрессору томата (LS). Потеря функции этого гена у томата приводит к фенотипу без ветвления из-за недостаточности инициации пазушной меристемы. Мутанты

MOC1 почти полностью теряют способность к кущению и производят только один основной стебель. Следовательно, эти результаты предполагают, что как MOC1, так и LS идентично регулируют формирование пазушных почек.

Среди мутаций риса, влияющих на кущение, ген ветвистости Teosinte (OsTB1) является аналогом гена кукурузы TB1. TB1 является негативным регулятором бокового ветвления и способствует окультуриванию кукурузы от ее предшественника Teosinte [41]. И OsTB1, и TB1 кодируют фактор транскрипции TCP-домена, а мутант FC1 (fine culm – тонкий стебель) имеет аллель с потерей функции OsTB1 [31]. Minakuchi et al. (2010) предположили, что FC1 интегрирует сигнальные пути как стриголактонов, так и цитокининов, происходящих из ауксина, что приводит к регуляции роста пазушных почек [19].

Процесс образования побегов у риса может быть похож на механизм ветвления арабидопсиса, и было предположено, что эти растения имели некоторые регулирующие компоненты. В недавних исследованиях сообщалось о некоторых генах, гомологичных между рисом и арабидопсисом. Гены риса DWARF и гены арабидопсиса MAX связаны в их соответствующей регуляции удлинения побегов и апикального доминирования; следовательно, эти результаты предполагают, что один и тот же механизм действует на однодольных и двудольных растениях [2].

Выводы

Со времени появления технологий секвенирования следующего поколения [27] стало возможным с высокой скоростью получать информацию в масштабе всего генома. Этот прогресс в технологии секвенирования привел к новым возможностям для изучения глобальных геномных и транскриптомных ландшафтов. Следовательно, анализ всего генома основывается на использовании высокопроизводительных секвенаторов [1, 7]. Было выявлено несколько QTL для признаков урожайности, однако ожидается, что исследование генов, регулирующих важные агрономические признаки, будет продвигаться еще быстрее. Комбинирование маркированных генов и QTL-пирамидирование, которое позволяет создавать новые сорта, интегрирующие гены, необходимые для селекции сортов с желаемыми признаками, позволяет более эффективно реализовать эти достижения. Кроме того, при таком подходе каждая селекционная программа сможет расширяться в соответствии с местными или региональными предпочтениями и потребностями и может применяться для селекции других зерновых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arai-Kichise, Y. Discovery of genome-wide DNA polymorphisms in a landrace cultivar of japonica rice by whole-genome sequencing / Y. Arai-Kichise, Y. Shiwa, H. Nagasaki, K. Ebana, H. Yoshikawa, M. Yano, K. Wakasa // Plant Cell Physiol. – 2011. – № 52. – P. 274 – 282.
2. Arite, T. DWARF10, an RMS1/MAX4/DAD1 ortholog, controls lateral bud outgrowth in rice / T. Arite, H. Iwata, K. Ohshima, M. Maekawa, M. Nakajima, M. Kojima, H. Sakakibara, J. Kyojima // Plant J. – 2007. – № 51. – P. 1019 – 1029.

3. Ashikari, M. Cytokinin oxidase regulates rice grain production / M. Ashikari, H. Sakakibara, S. Lin, T. Yamamoto, T. Takashi, A. Nishimura, E.R. Angeles, Q. Qian, H. Kitano, M. Matsuoka // *Science*. – 2005. – № 309. – P. 741 – 745.
4. Fan, C. GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein / C. Fan, Y. Xing, H. Mao, T. Lu, B. Han, C. Xu, X. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2006. – № 112. – P. 1164 – 1171.
5. Hargrove, T. R. The impact of semidwarf varieties on Asian rice-breeding programs / T. R. Hargrove, V. L. Cabanilla // *Bioscience*. – 1979. – № 29. – P. 731 – 735.
6. Huang, X. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice / X. Huang, Q. Qian, Z. Liu, H. Sun, S. He, D. Luo, G. Xia, C. Chu, J. Li, X. Fu // *Nat. Genet.* – 2009. – № 41. – P. 494 – 497.
7. Huang, X. Genome-wide association studies of 14 agronomic traits in rice landraces / X. Huang, X. Wei, T. Sang, Q. Zhao et al. // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 961 – 967.
8. Hubbard, L. Expression patterns and mutant phenotype of teosinte branched1 correlate with growth suppression in maize and teosinte / L. Hubbard, P. McSteen, J. Doebley, S. Hake // *Genetics*. – 2002. – № 162. – P. 1927 – 1935.
9. Ikeda, M. Analysis of rice panicle traits and detection of QTLs using an image analyzing method / M. Ikeda, Y. Hirose, T. Takashi, Y. Shibata, T. Yamamura, T. Komura, K. Doi, M. Ashikari, M. Matsuoka, H. Kitano // *Breed. Sci.* – 2010. – № 60. – P. 55 – 64.
10. Ikeda, M. Yield. / Ikeda M., Kitano H., Matsuoka M. // in: *Genetics and Genomics of Rice*, edit.: Q. Zhang, R.A. Wing, Springer. – 2013. – P. 227 – 236.
11. International Rice Genome Sequencing Project / The map-based sequence of the rice genome // *Nature*. – 2005. – № 436. – P. 793 – 800.
12. Jiao, Y. Regulation of OsSPL14 by OsmiR156 defines ideal plant architecture in rice / Y. Jiao, Y. Wang, D. Xue, J. Wang, M. Yan, G. Liu, G. Dong, D. Zeng, Z. Lu, X. Zhu, Q. Qian, J. Li // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 541 – 544.
13. Li, J. X. Analyzing quantitative trait loci for yield using a vegetatively replicated F2 population from a cross between the parents of an elite rice hybrid / J. X. Li, S. B. Yu, C. G. Xu, Y. F. Tan, Y. J. Gao, X. H. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2000. – № 101. – P. 248 – 254.
14. Li, M. Mutations in the F-box gene LARGER PANICLE improve the panicle architecture and enhance the grain yield in rice / M. Li, D. Tang, K. Wang, X. Wu, L. Lu, H. Yu, M. Gu, C. Yan, Z. Cheng // *Plant. Biotechnol. J.* – 2011. – № 9. – P. 1002 – 1013.
15. Li, X. Control of tillering in rice / X. Li, Q. Qian, Z. Fu, Y. Wang, G. Xiong, D. Zeng, X. Wang, X. Liu, S. Teng, F. Hiroshi, M. Yuan, D. Luo, B. Han, J. Li // *Nature* 2003. – № 422. – P. 618 – 621.
16. Li, Y. Natural variation in GS5 plays an important role in regulating grain size and yield in rice / Y. Li, C. Fan, Y. Xing, Y. Jiang, L. Luo, L. Sun, D. Shao, C. Xu, X. Li, J. Xiao, Y. He, Q. Zhang // *Nat. Genet.* – 2011. – № 43. – P. 1266 – 1269.
17. Li, Z. Epistasis for three grain yield components in rice (*Oryza sativa* L.) / Z. Li, S. R. M. Pinson, W. D. Park, A. H. Paterson, J.W. Stansel // *Genetics*. – 1997. – № 145. P. 453 – 465.
18. Liu, G. F. Mapping QTL for biomass yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) / G.F. Liu, J. Yang, J. Zhu // *Acta Genet. Sin.* – 2006. – № 33. – P. 607 – 616.
19. Minakuchi, K. FINE CULM1 (FC1) works downstream of strigolactones to inhibit the outgrowth of axillary buds in rice / K. Minakuchi, H. Kameoka, N. Yasuno et al. // *Plant Cell Physiol.* – 2010. – № 51. – P. 1127 – 1135.
20. Miura, K. The role of QTLs in the breeding of high-yielding rice / K. Miura, M. Ashikari, M. Matsuoka // *Trends Plant Sci.* – 2011. – № 16. – P. 319 – 326.
21. Miura, K. OsSPL14 promotes panicle branching and higher grain productivity in rice / K. Miura, M. Ikeda, A. Matsubara, X. J. Song, M. Ito, K. Asano, M. Matsuoka, H. Kitano, M. Ashikari // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 545 – 549.
22. Ookawa, T. New approach for rice improvement using a pleiotropic QTL gene for lodging resistance and yield / T. Ookawa, T. Hobo, M. Yano et al. // *Nat. Commun.* – 2010. – № 1. – P.132.
23. Peng, S. Four decades of breeding for varietal improvement of irrigated lowland rice in the International Rice Research Institute / S. Peng, G. S. Khush // *Plant Prod. Sci.* – 2003. – № 6. – P. 157 – 164.
24. Redona, E. D. Quantitative trait locus analysis for rice panicle and grain characteristics / E. D. Redona, D. J. Mackill // *Theor. Appl. Genet.* – 1998. – № 96. – P. 957 – 963.
25. Sakamoto, T. Identifying and exploiting grain yield genes in rice / T. Sakamoto, M. Matsuoka // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2008. – № 11. – P. 209 – 214.
26. Sasaki, T. From mapping to sequencing, post-sequencing and beyond / T. Sasaki, T. Matsumoto, B. A. Antonio, Y. Nagamura // *Plant Cell Physiol.* – 2005. – № 46. – P. 3 – 13.
27. Schuster, S. C. Next-generation sequencing transforms today's biology / S.C. Schuster // *Nat. Methods*. – 2008. – № 5. – P.16 – 18.
28. Shomura, A. Deletion in a gene associated with grain size increased yields during rice domestication / A. Shomura, T. Izawa, K. Ebana, T. Ebitani, H. Kanegae, S. Konishi, M. Yano // *Nat. Genet.* – 2008. – P. 1023 – 1028.
29. Song, X. J. A QTL for rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase / X. J. Song, W. Huang, M. Shi, M. Z. Zhu, H. X. Lin // *Nat. Genet.* – 2007. – № 39. – P. 623 – 630.
30. Surridge, C. Agricultural biotech: the rice squad / C. Surridge // *Nature* 2002. – № 416. – P. 576 – 578.
31. Takeda, T. The OsTB1 gene negatively regulates lateral branching in rice / T. Takeda, Y. Suwa, M. Suzuki et al. // *Plant J.* – 2003. – № 33. – P. 513 – 520.

32. Wang, E. Duplication and independent selection of cell-wall invertase genes GIF1 and OsCIN1 during rice evolution and domestication / E. Wang, X. Xu, L. Zhang et al. // *BMC Evol. Biol.* – 2010. – № 10. – P. 108.
33. Weng, J. Isolation and initial characterization of GW5, a major QTL associated with rice grain width and weight / J. Weng, S. Gu, X. Wan et al. // *Cell Res.* – 2008. – № 18. – P. 1199 – 1209.
34. Xiao, J. Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from a subspecific rice cross / J. Xiao, J. Li, L. Yuan, S.D. Tanksley // *Theor. Appl. Genet.* – 1996. – № 92. – P. 230 – 244.
35. Xue, W. Natural variation in Ghd7 is an important regulator of heading date and yield potential in rice / W. Xue, Y. Xing, X. Weng et al. // *Nat. Genet.* – 2008. – № 40. – P. 761 – 767.
36. Yan, W. H. A major QTL, Ghd8, plays pleiotropic roles in regulating grain productivity, plant height, and heading date in rice / W. H. Yan, P. Wang, H.X. Chen // *Mol. Plant.* – 2011. – № 4. – P. 319 – 330.
37. Yu, S.B. Identification of quantitative trait loci and epistatic interactions for plant height and heading date in rice / S. B. Yu, J. X. Li, C. G. Xu, Y. F. Tan, X. H. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2002. – № 104. – P. 619 – 625.
38. Zhuang, J. Y. Analysis on additive effects and additive-by-additive epistatic effects of QTLs for yield traits in a recombinant inbred line population of rice / J. Y. Zhuang, Y. Y. Fan, Z. M. Rao, J. L. Wu, Y. W. Xia, K. L. Zheng // *Theor. Appl. Genet.* – 2002. – № 105. – P. 1137 – 1145.

REFERENCES

1. Arai-Kichise, Y. Discovery of genome-wide DNA polymorphisms in a landrace cultivar of japonica rice by whole-genome sequencing / Y. Arai-Kichise, Y. Shiwa, H. Nagasaki, K. Ebana, H. Yoshikawa, M. Yano, K. Wakasa // *Plant Cell Physiol.* – 2011. – № 52. – P. 274 – 282.
2. Arite, T. DWARF10, an RMS1/MAX4/DAD1 ortholog, controls lateral bud outgrowth in rice / T. Arite, H. Iwata, K. Ohshima, M. Maekawa, M. Nakajima, M. Kojima, H. Sakakibara, J. Kozuka // *Plant J.* – 2007. – № 51. – P. 1019 – 1029.
3. Ashikari, M. Cytokinin oxidase regulates rice grain production / M. Ashikari, H. Sakakibara, S. Lin, T. Yamamoto, T. Takashi, A. Nishimura, E.R. Angeles, Q. Qian, H. Kitano, M. Matsuoka // *Science.* – 2005. – № 309. – P. 741 – 745.
4. Fan, C. GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein / C. Fan, Y. Xing, H. Mao, T. Lu, B. Han, C. Xu, X. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2006. – № 112. – P. 1164 – 1171.
5. Hargrove, T. R. The impact of semidwarf varieties on Asian rice-breeding programs / T. R. Hargrove, V. L. Cabanilla // *Bioscience.* – 1979. – № 29. – P. 731 – 735.
6. Huang, X. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice / X. Huang, Q. Qian, Z. Liu, H. Sun, S. He, D. Luo, G. Xia, C. Chu, J. Li, X. Fu // *Nat. Genet.* – 2009. – № 41. – P. 494 – 497.
7. Huang, X. Genome-wide association studies of 14 agronomic traits in rice landraces / X. Huang, X. Wei, T. Sang, Q. Zhao et al. // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 961 – 967.
8. Hubbard, L. Expression patterns and mutant phenotype of teosinte branched1 correlate with growth suppression in maize and teosinte / L. Hubbard, P. McSteen, J. Doebley, S. Hake // *Genetics.* – 2002. – № 162. – P. 1927 – 1935.
9. Ikeda, M. Analysis of rice panicle traits and detection of QTLs using an image analyzing method / M. Ikeda, Y. Hirose, T. Takashi, Y. Shibata, T. Yamamura, T. Komura, K. Doi, M. Ashikari, M. Matsuoka, H. Kitano // *Breed. Sci.* – 2010. – № 60. – P. 55 – 64.
10. Ikeda, M. Yield. / Ikeda M., Kitano H., Matsuoka M. // in: *Genetics and Genomics of Rice*, edit.: Q. Zhang, R.A. Wing, Springer. – 2013. – P.227 – 236.
11. International Rice Genome Sequencing Project / The map-based sequence of the rice genome // *Nature.* – 2005. – № 436. – P. 793 – 800.
12. Jiao, Y. Regulation of OsSPL14 by OsmiR156 defines ideal plant architecture in rice / Y. Jiao, Y. Wang, D. Xue, J. Wang, M. Yan, G. Liu, G. Dong, D. Zeng, Z. Lu, X. Zhu, Q. Qian, J. Li // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 541 – 544.
13. Li, J. X. Analyzing quantitative trait loci for yield using a vegetatively replicated F2 population from a cross between the parents of an elite rice hybrid / J. X. Li, S. B. Yu, C. G. Xu, Y. F. Tan, Y. J. Gao, X. H. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2000. – № 101. – P. 248 – 254.
14. Li, M. Mutations in the F-box gene LARGER PANICLE improve the panicle architecture and enhance the grain yield in rice / M. Li, D. Tang, K. Wang, X. Wu, L. Lu, H. Yu, M. Gu, C. Yan, Z. Cheng // *Plant. Biotechnol. J.* – 2011. – № 9. – P. 1002 – 1013.
15. Li, X. Control of tillering in rice / X. Li, Q. Qian, Z. Fu, Y. Wang, G. Xiong, D. Zeng, X. Wang, X. Liu, S. Teng, F. Hiroshi, M. Yuan, D. Luo, B. Han, J. Li // *Nature* 2003. – № 422. – P. 618 – 621.
16. Li, Y. Natural variation in GS5 plays an important role in regulating grain size and yield in rice / Y. Li, C. Fan, Y. Xing, Y. Jiang, L. Luo, L. Sun, D. Shao, C. Xu, X. Li, J. Xiao, Y. He, Q. Zhang // *Nat. Genet.* – 2011. – № 43. – P. 1266 – 1269.
17. Li, Z. Epistasis for three grain yield components in rice (*Oryza sativa* L.) / Z. Li, S. R. M. Pinson, W. D. Park, A. H. Paterson, J. W. Stansel // *Genetics.* – 1997. – № 145. P. 453 – 465.
18. Liu, G. F. Mapping QTL for biomass yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) / G. F. Liu, J. Yang, J. Zhu // *Acta Genet. Sin.* – 2006. – № 33. – P. 607 – 616.
19. Minakuchi, K. FINE CULM1 (FC1) works downstream of strigolactones to inhibit the outgrowth of axillary buds in rice / K. Minakuchi, H. Kameoka, N. Yasuno et al. // *Plant Cell Physiol.* – 2010. – № 51. – P. 1127 – 1135.
20. Miura, K. The role of QTLs in the breeding of high-yielding rice / K. Miura, M. Ashikari, M. Matsuoka // *Trends Plant Sci.* – 2011. – № 16. – P. 319 – 326.

21. Miura, K. OsSPL14 promotes panicle branching and higher grain productivity in rice / K. Miura, M. Ikeda, A. Matsubara, X. J. Song, M. Ito, K. Asano, M. Matsuoka, H. Kitano, M. Ashikari // *Nat. Genet.* – 2010. – № 42. – P. 545 – 549.
22. Ookawa, T. New approach for rice improvement using a pleiotropic QTL gene for lodging resistance and yield / T. Ookawa, T. Hobo, M. Yano et al. // *Nat. Commun.* – 2010. – № 1. – P. 132.
23. Peng, S. Four decades of breeding for varietal improvement of irrigated lowland rice in the International Rice Research Institute / S. Peng, G. S. Khush // *Plant Prod. Sci.* – 2003. – № 6. – P. 157 – 164.
24. Redona, E. D. Quantitative trait locus analysis for rice panicle and grain characteristics / E.D. Redona, D.J. Mackill // *Theor. Appl. Genet.* – 1998. – № 96. – P. 957 – 963.
25. Sakamoto, T. Identifying and exploiting grain yield genes in rice / T. Sakamoto, M. Matsuoka // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2008. – № 11. – P. 209 – 214.
26. Sasaki, T. From mapping to sequencing, post-sequencing and beyond / T. Sasaki, T. Matsumoto, B. A. Antonio, Y. Nagamura // *Plant Cell Physiol.* – 2005. – № 46. – P. 3 – 13.
27. Schuster, S. C. Next-generation sequencing transforms today's biology / S. C. Schuster // *Nat. Methods.* – 2008. – № 5. – P. 16 – 18.
28. Shomura, A. Deletion in a gene associated with grain size increased yields during rice domestication / A. Shomura, T. Izawa, K. Ebana, T. Ebitani, H. Kanegae, S. Konishi, M. Yano // *Nat. Genet.* – 2008. – № 40. – P. 1023 – 1028.
29. Song, X. J. A QTL for rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase / X. J. Song, W. Huang, M. Shi, M. Z. Zhu, H. X. Lin // *Nat. Genet.* – 2007. – № 39. – P. 623 – 630.
30. Surridge, C. Agricultural biotech: the rice squad / C. Surridge // *Nature* 2002. – № 416. – P. 576 – 578.
31. Takeda, T. The OsTB1 gene negatively regulates lateral branching in rice / T. Takeda, Y. Suwa, M. Suzuki et al. // *Plant J.* – 2003. – № 33. – P. 513 – 520.
32. Wang, E. Duplication and independent selection of cell-wall invertase genes GIF1 and OsCIN1 during rice evolution and domestication / E. Wang, X. Xu, L. Zhang et al. // *BMC Evol. Biol.* – 2010. – № 10. – P. 108.
33. Weng, J. Isolation and initial characterization of GW5, a major QTL associated with rice grain width and weight / J. Weng, S. Gu, X. Wan et al. // *Cell Res.* – 2008. – № 18. – P. 1199 – 1209.
34. Xiao, J. Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from a subspecific rice cross / J. Xiao, J. Li, L. Yuan, S. D. Tanksley // *Theor. Appl. Genet.* – 1996. – № 92. – P. 230 – 244.
35. Xue, W. Natural variation in Ghd7 is an important regulator of heading date and yield potential in rice / W. Xue, Y. Xing, X. Weng et al. // *Nat. Genet.* – 2008. – № 40. – P. 761 – 767.
36. Yan, W. H. A major QTL, Ghd8, plays pleiotropic roles in regulating grain productivity, plant height, and heading date in rice / W. H. Yan, P. Wang, H. X. Chen // *Mol. Plant.* – 2011. – № 4. – P. 319 – 330.
37. Yu, S. B. Identification of quantitative trait loci and epistatic interactions for plant height and heading date in rice / S. B. Yu, J. X. Li, C. G. Xu, Y. F. Tan, X. H. Li, Q. Zhang // *Theor. Appl. Genet.* – 2002. – № 104. – P. 619 – 625.
38. Zhuang, J. Y. Analysis on additive effects and additive-by-additive epistatic effects of QTLs for yield traits in a recombinant inbred line population of rice / J. Y. Zhuang, Y. Y. Fan, Z. M. Rao, J. L. Wu, Y. W. Xia, K. L. Zheng // *Theor. Appl. Genet.* – 2002. – № 105. – P. 1137 – 1145.

Павел Иванович Костылев

Главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса,
E-mail: p-kostylev@mail.ru
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, г. Зерноград,
Ростовская обл., 347740, Россия
Профессор кафедры агрономии
и селекции с.-х. культур
АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
347740, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград,
ул. Ленина, 21

Людмила Михайловна Костылева

Доцент кафедры агрономии и селекции
с.-х. культур
АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
347740, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград,
ул. Ленина, 21

Pavel Ivanovich Kostylev

Chief researcher of the laboratory
of breeding and seed production of rice,
E-mail: p-kostylev@mail.ru
FSBSI «Agricultural research centre «Donskoy»,
Nauchnyi gorodok, 3, Zernograd,
Rostov region, 347740, Russia
Professor of agronomy
and selection of agricultural crops
ABSEI FSBEI HE DonSAU,
21, Lenin str., Zernograd, Rostov region,
347740, Russia

Lyudmila Mikhailovna Kostyleva

Associate Professor of agronomy and selection
of agricultural crops
ABSEI FSBEI HE DonSAU,
21, Lenin str., Zernograd, Rostov region,
347740, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-17-23
УДК 633.18 : 631.526.321] : 632.112

Ю. В. Ткаченко,
А. Г. Зеленский, канд. биол. наук,
Г. Л. Зеленский, д-р с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ РИСА С РАЗНОЙ АРХИТЕКТОНИКОЙ РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДУШНОЙ ЗАСУХЕ

В условиях Краснодарского края при восточных и северо-восточных ветрах и температуре воздуха свыше 30 °С возникает воздушная засуха. Такая погода наблюдалась в период вегетации в 2017 – 2018 гг. Она негативно влияет на растения риса, особенно в период цветения и налива зерна. В метелках увеличивается количество стерильных колосков и формируется щуплое зерно. От воздушной засухи особенно страдают сорта риса, имеющие крупные широкие листья. В результате гибридизации сорта Австрал, обладающего признаком сворачивания листьев в трубку при температуре свыше 28 °С, и форм риса с эректоидным (вертикальным) расположением листьев на стебле получен новый исходный материал, у растений которого вертикальные листья сворачиваются при высокой температуре, что способствует повышению устойчивости риса к засухе. В питомнике конкурсного испытания 2016 – 2018 гг. изучено 7 разнотипных образцов риса: ЮГ-1 и ЮГ-3 имеют вертикальные сворачивающиеся листья, ЮГ-2 – обычные, но сворачивающиеся (как у сорта Австрал), ЮГ-4, ЮГ-5, ЮГ-6, Рубикон – вертикальные не сворачивающиеся листья, а также стандартный сорт Рапан, у которого листья обычные, не сворачивающиеся. В условиях засухи лучшими по признаку «стерильность колосков» оказались образцы ЮГ-1, ЮГ-3, ЮГ-6 и сорт Рубикон на 3,2, 5,1, 2,1 и 2,9 %, у которых в 2018 г. стерильность была меньше на 3,2, 5,1, 2,1 и 2,9 % соответственно, чем в предыдущие годы. Все изучаемые новые образцы риса по результатам трехлетней оценки превысили по урожайности стандартный сорт Рапан на 3,4-5,3 ц/га.

Ключевые слова: рис, урожайность, эректоидные листья, сворачивающиеся в трубку листья, стерильность, воздушная засуха, устойчивость к засухе.

COMPARATIVE EVALUATION OF VARIETIES AND SAMPLES OF RICE WITH DIFFERENT PLANT ARCHITECTONICS AT AIR DROUGHT

In the conditions of the Krasnodar Territory with eastern and northeastern winds and air temperatures above 30 °C, air drought occurs. Such weather was observed in 2017 – 2018. It negatively affects rice plants. In panicles, the number of sterile spikelets increases and a puny grain is formed. Large airy leaves. As a result of hybridization, an Australian, with the sign of folding leaves in a pipe at a temperature above 28 °C and the formation of rice with an erectoid (vertical) effect on drought. In the nursery of the competitive test 2016 – 2018. We studied 7 types of different types of rice: YuG-1 and YuG-3 have vertical folding leaves, YuG-2 – ordinary, but folding (as in the Australian variety), YuG-4, YuG-5, YuG-6, Rubikon – vertical not folding leaves of the usual type. Under drought conditions, the best in terms of "spikelet sterility" were found to be YG-1, YG-3, Yug-6 and Rubicon variety 3.2, 5.1, 2.1 and 2.9 %, in which In 2018, sterility was less by 3.2, 5.1, 2.1 and 2.9 % so obvious than in previous years. According to the results of a three-year evaluation, all the studied new rice samples exceeded the yield of the standard Rapan variety by 3.4-5.3 c / ha.

Key words: rice, yield, erectoid leaves, leaves folded into a tube, sterility, air drought, drought resistance.

Введение

Воздушная засуха является одним из негативных факторов внешней среды, которые воздействуют на растения в период вегетации риса. Практика показывает, что растения риса даже при слое воды страдают от воздушной засухи. В условиях Краснодарского края засуха практически ежегодно наблюдается с середины июля и до конца августа. Уровень негативного влияния во многом зависит от фазы вегетации риса и температуры воздуха, при которой дует суховей, а также скорости воздушных потоков [1].

При воздушной засухе растения риса увеличивают транспирацию для охлаждения и постепенно теряют тургор, что отрицательно влияет на все физиологические процессы [7].

Если засуха наблюдается в фазе выметывания-цветения риса и в начальный период налива зерна, то в метелках значительно увеличивается число стерильных колосков [2]. Воздушная засуха в фазе молочной-восковой спелости приводит к формированию у риса щуплого зерна. К примеру, в 2017 г. от суховея в период налива зерна сильно пострадал короткостебельный сорт риса Сонет, который имеет широкие листья и эректоидный флаговый лист. В результате у сорта сформировалось щуплое зерно и снизилась урожайность по сравнению с предыдущим годом. Подобное наблюдалось и на других сортах, имеющих крупные широкие листья.

В 2013 г. в Госреестр охраняемых селекционных достижений включен сорт риса Австрал, обладающий признаком сворачивания листьев в трубку при

температуре выше 28 °С. При этом уменьшается площадь испарения, растения меньше тратят энергии на охлаждение и не страдают от суховея [5]. Однако Австрал имеет листья с углом отклонения, превышающим 30°, поэтому при загущении продуктивность его растений значительно снижается.

Ранее были созданы образцы риса с эректоидным (вертикальным) расположением листьев на стебле, которые позволяют уменьшить конкуренцию растений за свет при загущении, не снижая продуктивности [4].

Сорт Австрал был взят в качестве донора признака сворачиваемости листьев и скрещен с образцами, имеющими эректоидные листья. В результате получен новый исходный материал, у растений которого вертикальные листья сворачиваются при высокой температуре, что способствует повышению устойчивости риса к засухе.

Цель исследований

Морфобиологическое изучение образцов риса ЮГ-1, ЮГ-2, ЮГ-3, ЮГ-4, ЮГ-5, ЮГ-6 и сортов Рубикон, Рапан с разной архитектурой растений в условиях воздушной засухи.

Материалы и методы

Опыты проведены во ФНЦ риса в 2016 – 2018 гг. В Краснодарском крае отрицательной стороной климата является наличие суховея в летний период. При сильном ветре и низкой относительной влажности воздуха растения риса увеличивают транспирацию и иссушаются на корню за счет сильного испарения. Судя по агрометеорологическим данным, 2018 год по сравнению с 2016 и 2017 гг. был более засушливым. За июль, август и две декады сентября (время формирования, налива и созревания зерна риса) в 2016 г. было 55 дней с температурой выше 30 °С, 44 дня с относительной влажностью ниже 30 % и средней скоростью ветра 12,7 м/с. В 2017 г. за этот период было 56 дней с температурой выше 30 °С, 43 дня с относительной влажностью ниже 30 % и средней скоростью ветра 18 м/с. В 2018 г. было 52 дня с температурой выше 30 °С, 42 дня с относительной влажностью воздуха ниже 30 % и средней скоростью ветра 15 м/с. Из этого следует, что по годам было примерно равным количество дней с факторами, которые неблагоприятно воздействуют на растения риса. Однако отдельные декады августа 2018 г. средний показатель относительной влажности воздуха составлял 36 – 38 %, что значительно ниже, чем в 2016 г. (45 %) и 2017 г. (42 %). Такие условия явились хорошим провокационным фоном для оценки сортов и селекционных образцов риса на устойчивость к засухе.

Материалом для изучения послужило 7 сортообразцов, проходящих конкурсное испытание: ЮГ-1 (КСИ-1-д-7), ЮГ-2 (КСИ-1-д-67), ЮГ-3 (КСИ-2-д-74), ЮГ-4 (КСИ-2-д-52), ЮГ-5 (КСИ-2-д-58), ЮГ-6 (КСИ-2-д-77), Рубикон, а также сорт Рапан, взятый в качестве стандарта. При этом образцы ЮГ-1 и ЮГ-3 имеют вертикальные сворачивающиеся листья, ЮГ-2 – обычные, но сворачивающиеся

(как у сорта Австрал), ЮГ-4, ЮГ-5, ЮГ-6, Рубикон – вертикальные не сворачивающиеся листья, а у сорта Рапан листья обычные.

Опыты проведены в питомнике конкурсного испытания. Фон минерального питания 150 кг/га (НРК). Норма высева 6 млн. семян на 1 га. При проведении исследований мы использовали базовые методики, которые уточняли в соответствии с поставленной задачей и применением малогабаритной техники [9]. Подготовку почвы, уход за растениями осуществляли с учетом рекомендаций по возделыванию риса, принятых для зоны. Водный режим выдерживали согласно варианту укороченного затопления [8].

Перед уборкой, в фазе полной спелости, в каждой делянке отбирали по 25 растений для биометрического анализа. Уборку делянок проводили раздельным способом: сжинали вручную и после подсыхания стеблевой массы обмолачивали в поле молотилкой МПСУ-500, навешенной на самоходное шасси. После обмолота зерно чистили, сушили, определяли амбарную урожайность. Полученные данные обрабатывали статистически [3].

Результаты и обсуждение

Посев в 2016 – 2017 годах провели 8 мая, а залив завершили 11 мая. В 2018 г. посев был 6 мая, залив – 21 мая. Фенологические наблюдения, позволяют установить различия в росте и развитии растений по отдельным вариантам опыта. Всходы изучаемых образцов получены на 12 – 16 день, причем быстрее всех у стандартного сорта Рапан. По продолжительности межфазных периодов можно проследить реакцию растений риса на изменения погодных условий в течение вегетации (табл. 1).

В 2016 – 2017 годах период посев (залив)-всходы длился от 12 (Рапан) до 16 дней (ЮГ-2, ЮГ-6), всходы-кущение – от 29 (Рубикон) до 34 дней (ЮГ-5), кущение-выметывание от 33 (ЮГ-3, ЮГ-5) до 38 дней (Рубикон). В 2018 году продолжительность фаз вегетации изменилась. Период посев (залив)-всходы длился от 10 (Рапан) до 16 дней (ЮГ-2, ЮГ-6), всходы-кущение – от 20 (Рубикон) до 26 дней (ЮГ-5, ЮГ-4), кущение-выметывание от 40 (Рапан) до 50 дней (Рубикон, ЮГ-4, ЮГ-5). Остальные фазы у всех образцов проходили примерно одинаково: выметывание-молочная спелость – 10 дней, молочная-восковая спелость и восковая-полная спелость – по 12 – 14 дней.

Вегетационный период варьировал от 115 дней у ЮГ-3 до 121 дня у ЮГ-1.

В период роста и развития растений риса отмечали морфобиологические особенности каждого образца. Листовая пластинка растений риса играет очень важную роль в формировании урожая и загущенности посева. Так, например, растения, имеющие длинный флаговый или же широкий лист, в период воздушной засухи могут страдать из-за интенсивного испарения. Такие растения теряют тургор и не могут нормально развиваться, а со сворачивающимися в трубку листьями сохраняя влагу и значительно меньше страдают от засухи.

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов образцов риса, 2016 – 2018 гг.

Период, дней	Образец, сорт							
	ЮГ-1	ЮГ-2	ЮГ-3	ЮГ-4	ЮГ-5	ЮГ-6	Рубикон	Рапан (st)
Посев (залив)-всходы	14	16	13 – 15	12 – 15	13 – 15	16	15	10 – 12
Всходы-кущение	29	21 – 33	22 – 31	26 – 33	25 – 34	21 – 33	20 – 29	24 – 32
Кущение-выметывание	41	38 – 47	33 – 45	37 – 49	33 – 50	35 – 47	38 – 49	37 – 40
Выметывание-молочная спелость	10	10	10	10	10	10	10	10
Молочная спелость-восковая спелость	13	14	13	12	12	13	13	12
Восковая спелость-полная спелость	14	13	13	13	13	12	13	13
Продолжительность вегетации	121	120	115	120	117	119	118	116

Образцы, имеющие вертикальный лист, можно высевать с повышенной нормой, так как они не затеняют друг друга и не снижают фотосинтетическую деятельность, в то время, как при горизонтальном расположении листьев на третий сверху лист попа-

дает всего 1 % солнечной радиации по сравнению с первым листом [10].

В фазе выметывания у растений измеряли угол отклонения листьев от стебля, длину и ширину листьев (табл. 2).

Таблица 2. Угол отклонения листа от стебля, длина и ширина листьев растений риса разного морфотипа в фазе выметывания, 2016 – 2018 гг.

Сорт, образец	Лист			
	параметры	первый сверху	второй	третий
ЮГ-1	угол откл. листа, градусы	1	8	10
	длина (l), см	33,1	43,2	40,9
	ширина (b ₁), см	1,2	1,2	1,1
	ширина (b ₂), см	0,5	0,5	0,5
ЮГ-2	угол откл. листа, градусы	38	42	48
	длина (l), см	34,4	42,2	44,3
	ширина (b ₁), см	1,5	1,2	1,1
	ширина (b ₂), см	1,0	0,8	0,8
ЮГ-3	угол откл. листа, градусы	4	9	12
	длина (l), см	40,7	51,0	55,4
	ширина (b ₁), см	1,7	1,6	1,5
	ширина (b ₂), см	0,7	0,6	0,9
ЮГ-4	угол откл. листа, градусы	5	9	11
	длина (l), см	44,5	49,7	50,6
	ширина (b ₁), см	1,5	1,1	1,1
ЮГ-5	угол откл. листа, градусы	3	7	9
	длина (l), см	31,7	44,8	47,2
	ширина (b ₁), см	1,7	1,4	1,2
ЮГ-6	угол откл. листа, градусы	3	8	10
	длина (l), см	30,6	42,2	44,3
	ширина (b ₁), см	1,9	2,0	2,0
Рубикон	угол откл. листа, градусы	4	8	10
	длина (l), см	35,0	44,5	46,8
	ширина (b ₁), см	1,4	1,1	1,1
Рапан (st)	угол откл. листа, градусы	35	40	46
	длина (l), см	26,5	33,8	38,1
	ширина (b ₁), см	1,5	1,9	1,3

Примечание: b₁ – в развернутом виде, b₂ – в свернутом виде

Из таблицы 2 видно, что образцы ЮГ-1, ЮГ-3, ЮГ-4, ЮГ-5, ЮГ-6 и Рубикон имеют вертикальные листья с незначительным углом отклонения (1-5° у флага и 8-9° у подфлага). При этом у ЮГ-1 и ЮГ-3 листья сворачиваются в трубку. У образца ЮГ-2 и сорта Рапан листья отвернуты на 38° и 35° соответственно. При этом у ЮГ-2 листья сворачиваются, а у Рапана – нет. Наиболее короткие листья имеет стандарт – сорт Рапан, а самые длинные ЮГ-3. Размеры листьев у образцов варьируют: длина первого листа (флагового) – от 26,5 до 44,5 см, второго листа (подфлагового) – от 33,8 до 51,0 см, третьего листа от 38,1 до 55,4 см.

Исследуемые образцы различаются по морфотипу: с обычными горизонтальными и вертикальными листьями, со сворачивающимися в желоб листьями. Например, ЮГ-1 и ЮГ-3 имеют эректоидные сворачивающиеся в трубку листья, ширина флагового листа в развернутом виде 1,2 см и 1,7 см, в свернутом –

0,5 см и 1,0 см соответственно. Ширина подфлагового листа в развернутом виде 1,2 см и 1,6 см, в свернутом – 0,5 см и 0,6 см соответственно. ЮГ-2 имеет горизонтальные сворачивающиеся листья, ширина флагового листа в развернутом и свернутом виде 1,5 и 1,0 см соответственно, ширина подфлагового листа в развернутом и свернутом виде 1,2 и 0,8 см. Из этого следует, что среди образцов, имеющих сворачивающийся в трубку лист, самый узкий в развернутом и свернутом виде имеет ЮГ-1. Остальные образцы и стандартный сорт имеют более широкие листья, так у Рапана флаговый – 1,5 см и подфлаговый – 1,9 см.

По результатам биометрического анализа можно оценить зависимость параметров растения от тех или иных условий (агрометеорологических, агротехнических), сделать выводы о продуктивных возможностях и дать характеристику каждого образца (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика растений гибридов по количественным признакам, 2016 – 2018 гг.

Признак	Год	Образец, сорт							
		ЮГ-1	ЮГ-2	ЮГ-3	ЮГ-4	ЮГ-5	ЮГ-6	Рубикон	Рапан (st)
Высота растений, см	2016	78,0	92,3	80,7	65,8	77,2	84,6	78,0	92,0
	2017	88,2	100,3	81,0	79,6	87,3	84,8	80,4	86,7
	2018	87,6	90,2	86,7	88,2	76,6	85,1	84,2	93,9
Продуктивная кустистость	2016	4	3	2	2	3	2	2	5
	2017	2	3	1	2	3	3	1	2
	2018	2	5	1	4	2	1	1	3
Длина главной метелки, см	2016	17,2	21,0	18,8	19,0	19,9	20,0	20,1	16,8
	2017	23,2	21,6	19,4	22,8	23,5	22,2	21,4	18,6
	2018	23,1	19	24,1	17,2	24,0	23,8	26,3	18,3
Число колосков в метелке, шт.	2016	98	82	80	92	93	114	154	156
	2017	199	128	143	147	225	229	199	206
	2018	144	95	190	235	265	208,7	246	205
Число выполненных зерновок в метелке, шт.	2016	86	71	65	82	81	96	132	142
	2017	173	109	115	135	225	187	146	157
	2018	129	71	163	135	183	175	188	132
Стерильность, %	2016	14,0	12,5	18,8	10,9	12,9	15,8	14,3	9,0
	2017	13,0	14,8	19,6	8,2	23,7	18,3	26,6	23,8
	2018	10,2	24,8	14,5	42,7	30,8	16,1	23,7	35,5
Масса зерна с главной метелки, г	2016	2,30	1,77	1,58	2,04	2,31	2,76	3,88	3,70
	2017	3,77	3,34	3,26	3,95	5,36	3,89	3,88	4,41
	2018	3,04	1,18	3,42	3,68	4,43	4,56	4,73	3,53
Масса зерна с растения, г	2016	6,84	4,12	3,05	3,10	4,96	3,77	5,79	19,09
	2017	5,31	9,10	3,26	6,38	10,97	9,29	3,88	8,20
	2018	4,51	7,65	3,42	11,50	7,04	4,56	4,73	7,57
Масса соломы с растения, г	2016	7,92	4,40	3,19	2,76	4,71	3,95	5,79	15,23
	2017	4,88	6,61	3,29	5,11	10,49	8,78	4,47	7,63
	2018	3,95	6,05	2,83	8,61	5,82	6,03	4,08	4,95
Масса 1000 зерен, г	2016	22,8	29,5	22,0	23,8	28,4	26,2	23,4	28,9
	2017	22,6	29,5	21,9	23,0	27,0	25,6	22,2	26,0
	2018	22,3	29,4	21,8	23,5	27,0	25,6	23,8	27,9

Как видно из таблицы 3, данные ряда биометрических показателей образцов, выращенных в 2017 г., превысили таковые в 2016 г. Несмотря на снижение продуктивной кустистости, увеличилась вегетативная масса растений за счет интенсивного потребления азота, что связано с погодными условиями (2016 г. был более прохладный, а 2017 г. – более засушливый). Так, у большинства образцов увеличились следующие показатели: высота растений, длина метелки, количество выполненных зерновок, масса зерна и масса соломы.

Сравнивая 2018 г. с 2017 г., отмечено варьирование показателей по всем биометрическим признакам. Так, в 2018 г. количество выполненных зерновок в метелке уменьшилось у образцов ЮГ-1, ЮГ-2, ЮГ-5, ЮГ-6 и сорта Рапан соответственно на 25 % (44 шт.), 34,9 % (38 шт.), 18,7 % (42 шт.), 6,4 % (12 шт.) и 15,9 % (25 шт.), увеличилось у образца ЮГ-3 на 41,7 % (48 шт.) и сорта Рубикон на 28,8 % (42 шт.).

Наглядным показателем реакции растений риса на воздушную засуху в период цветения и налива зерна является признак «стерильность колосков». В 2018 г. она резко возросла на 34,5 % у образца ЮГ-4. Так же наблюдалось увеличение стерильности у ЮГ-2, ЮГ-5 на 10,0 и 7,1 % соответственно и сорта

Рапан на 11,7 %. Уменьшилось количество стерильных колосков на образцах ЮГ-1, ЮГ-3, ЮГ-6 и сорте Рубикон на 3,2, 5,1, 2,1 и 2,9 %.

Таким образом, образец ЮГ-3 с вертикальным сворачивающимся листом показал наилучшие результаты.

Для отбора наиболее продуктивных образцов рассчитывали индекс «OMS» [6]. Для его расчета в фазе цветения у выделенных растений на главном побеге измеряли длину и ширину листовой пластины флагового и подфлагового листьев. Перемножая эти величины и коэффициент 0,802, получают площадь флагового и подфлагового листьев, их средняя сумма дает среднюю площадь (S_{cp}). В фазе полной спелости с этих растений срезается главная метелка, обмолачивается и определяется средняя масса зерна с метелки (M_{cp}). По формуле $OMS = S_{cp} / M_{cp}$ высчитывается показатель продуктивности образца. Чем меньше числовое значение OMS, тем продуктивнее растение, так как на образование единицы массы зерна работает меньшая площадь листа. Расчеты показали, что показатель OMS дает более точную оценку продуктивности растений риса, чем $K_{хоз}$ (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$) и индекс «OMS» изучаемых сортов и сортообразцов, 2017 г.

Сорт, образец	Масса зерна с главной метелки, M_{cp} , г	Площадь флагового и подфлагового листьев, S_{cp} , см ²		$K_{хоз}$, %	OMS, см ² /г		Рейтинг по OMS	
		S_1	S_2		1	2	1	2
ЮГ-1	3,77	36,8	15,3	52,1	9,8	4,1	3	1
ЮГ-2	3,34	41,0	27,4	51,3	12,3	8,2	5	3
ЮГ-3	3,26	60,5	23,7	49,8	18,6	7,3	8	2
ЮГ-4	3,95	48,8	–	52,5	12,4	–	6	–
ЮГ-5	5,36	46,8	–	51,1	8,7	–	1	–
ЮГ-6	3,89	57,3	–	53,9	14,7	–	7	–
Рубикон	3,88	39,3	–	46,5	10,1	–	4	–
Рапан (st)	4,41	41,7	–	51,8	9,5	–	2	–

Примечание: S_1 – площадь обычного листа, см²; S_2 – площадь свернутого листа, см²; 1 – обычный лист; 2 – сворачивающийся лист

OMS рассчитывали в обычном и свернутом в трубку положении листа. Из таблицы 4 видно, что среди образцов в обычном положении листа ЮГ-5 занимает первое место в рейтинге с индексом OMS – 8,7, следовательно, у него самая высокая продуктивность. Стандартный сорт Рапан занимает второе место, его индекс составляет 9,5. Самый высокий OMS – 18,6 имеет образец ЮГ-3, однако при свернутом в трубку листе, его OMS уменьшается до 7,3, и он занимает в рейтинге второе место среди образцов, имеющих сворачивающийся лист. На первом месте среди изученных образцов ЮГ-1 с индексом рав-

ным 4,1 при свернутом листе и 9,8 при развернутом.

На формирование урожая сортов риса влияет ряд факторов как регулируемых, так и нерегулируемых. Подбор оптимальной технологии для каждого сорта – это мощный инструмент для регулирования уровня урожайности. В современных экономических условиях на первый план выходит задача получить не максимальный урожай, а экономически обоснованный. Поэтому очень важно определить урожайные возможности сорта в конкретных условиях выращивания.

В условиях конкурсного испытания урожайность изучаемых образцов риса варьировала в зависимости от условий года (табл. 5).

При сравнении урожайности изучаемых образцов со стандартом видно, что они все его существенно превышают. В 2016 г. лучшую урожайность показал образец ЮГ-6 – 80,0 ц/га, превысив стандарт на

5,7 ц/га. В 2017 и 2018 г. лучшим по урожайности оказался ЮГ-3 – 78,0 и 79,7 ц/га, что на 5,8 и 6,0 ц/га соответственно выше стандарта. Этот же образец занял первое место и в среднем за три года с урожайностью 78,7 ц/га, а на втором оказались ЮГ-1 и ЮГ-6 – 78,4 ц/га, что на 5,0 ц/га выше стандарта Рапан.

Таблица 5. Урожайность образцов риса в сравнении со стандартным сортом Рапан в условиях конкурсного испытания 2016-2018 гг.

Сорт, Образец	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее за три года	
	ц/га	± к st.	ц/га	± к st.	ц/га	± к st.	ц/га	± к st.
ЮГ-1	78,1	3,8	77,8	5,6	79,2	5,5	78,4	5,0
ЮГ-2	77,6	3,3	77,7	5,5	78,6	4,9	78,0	4,6
ЮГ-3	78,0	3,7	78,4	5,8	79,7	6,0	78,7	5,3
ЮГ-4	78,8	4,5	74,5	2,3	77,9	4,2	77,1	3,7
ЮГ-5	79,2	4,9	75,1	2,9	77,4	0,7	77,2	3,8
ЮГ-6	80,0	5,7	75,9	3,7	79,3	5,6	78,4	5,0
Рубикон	77,5	3,2	75,0	2,8	77,9	4,2	76,8	3,4
Рапан (st.)	74,3	–	72,2	–	73,7	–	73,4	–
НСР ₀₅	1,78		1,47		1,39			

Выводы

1. Образцы риса значительно отличались по морфотипу листьев от стандартного сорта Рапан: ЮГ-1, ЮГ-3, ЮГ-4, ЮГ-5, ЮГ-6 и Рубикон имеют эректоидные листья с углом отклонения 1 – 5° у флага и 8 – 9° у подфлага. При этом листья растений ЮГ-1 и ЮГ-3 с наступлением температуры воздуха выше 30 °С скручиваются в трубку. Таким же признаком обладают растения образца ЮГ-2.

2. В период от выметывания до созревания риса наблюдался сильный восточный и северо-восточный ветер и низкая относительная влажность воздуха. Наглядным показателем реакции растений риса на воздушную засуху в период цветения и налива зерна является признак «стерильность колосков». В 2018 г. она резко возросла на 34,5 % у образца ЮГ-4. Так же наблюдалось увеличение стерильности у ЮГ-2, ЮГ-5 на 10,0 и 7,1 % соответственно и сорта Рапан на 11,7 %. Уменьшилось количество стерильных

колосков на образцах ЮГ-1, ЮГ-3, ЮГ-6 и сорте Рубикон на 3,2., 5,1., 2,1 и 2,9 %.

Таким образом, образец ЮГ-3 с вертикальным сворачивающимся листом показал наилучшие результаты.

3. Все изучаемые новые образцы риса по результатам трехлетней оценки по урожайности превысили стандартный сорт Рапан на 3,4 – 5,3 ц/га. Наибольшую урожайность в среднем за три года показал образец ЮГ-3 – 78,7 ц/га.

Полученные данные свидетельствуют, что новые образцы риса ЮГ-1, ЮГ-2, ЮГ-3, ЮГ-4, ЮГ-6 с измененным морфотипом листьев являются ценным исходным материалом для создания сортов с повышенной адаптивной способностью к стрессовым факторам среды, в частности к воздушной засухе. Поэтому целесообразно продолжить их изучение с разработкой элементов сортовой агротехники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 276 с.
2. Алешин, Е. П. О физиологических основах интенсивных технологий в растениеводстве / Е. П. Алешин, Н. Е. Алешин // С.-х. биология. 1987. №11 – С. 42 – 47.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Зеленский, Г. Л. Реакция форм риса с эректоидными листьями на загущение / Г. Л. Зеленский, И. Н. Бегун, А. Г. Зеленский // Рисоводство. – 2005. – № 7. – С. 21 – 25.
5. Зеленский, Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.
6. 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(38). – С. 15 – 18.
7. Зеленский, Г. Л. Перспективы создания сортов риса с высокой продуктивностью и адаптивными качествами / Г. Л. Зеленский // Рисоводство. – Вып. 3. – Краснодар, 2003.
8. Авакян, К. М. Система рисоводства Краснодарского края: рекомендации / под общ. ред. Е. М. Харитоновой. – 2-е изд. перераб. и доп. – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.

9. Сметанин, А. П. Методика опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Аprod. – Краснодар, 1972. – 156 с.

10. Dambroth, M. Lou input varieties: definition, ecological requirements and selection / M. Dambroth, N. El Bassam // Plant and Soil. – 1983. – Vol. 72. – № 2-3. – P. 365 – 377.

REFERENCES

1. Agroclimatic resources of the Krasnodar Territory. – L. : Gidrometeoizdat, 1975. – 276 p.
2. Aleshin, E. P. On the physiological basis of intensive technologies in crop production / E. P. Aleshin, N. E. Aleshin // S.-kh. biology. 1987. No. 11 – S. 42 – 47.
3. Armor, B. A. The methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. 5th ed. and reslave / B. A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
4. Zelensky, G. L. Reaction of forms of rice with erectoid leaves to thicken / G. L. Zelensky, I. N. Begun, A. G. Zelensky // Rice growing. – 2005. – No. 7. – S. 21 – 25.
5. Zelensky, G. L. Rice: biological foundations of breeding and agricultural technology: monograph / G. L. Zelensky. – Krasnodar: KubSAU, 2016. – 236 p.
6. Zelensky, G. L. A new method for evaluating rice plants when breeding to increase productivity / G. L. Zelensky, M. V. Shatalova, A. G. Zelensky // Rice growing. – 2018. – No. 1(38). – S. 15 – 18.
7. Zelensky, G. L. Prospects for creating rice varieties with high productivity and adaptive qualities / G. L. Zelensky // Rice growing. – Vol. 3. – Krasnodar, 2003.
8. The system of rice growing in the Krasnodar Territory: recommendations / under total. ed. E. M. Kharitonova. – 2nd ed. reslave. and add. – Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2011. – 316 p.
9. Smetanin, A. P. Methods of experimental work on selection, seed production, seed management and seed quality control / A. P. Smetanin, V. A. Dzyuba, A. I. Aprod. – Krasnodar, 1972. – 156 p.
10. Dambroth, M. Lou input varieties: definition, ecological requirements and selection / M. Dambroth, N. El Bassam // Plant and Soil. – 1983. – Vol. 72. – No. 2-3. – P. 365 – 377.

Юлия Владимировна Ткаченко

Младший научный сотрудник
отдела селекции,
аспирант
E-mail: ylen-ka01@mail.ru

Ylia Vladimirovna Tkachenko

Junior Researcher
selection department,
Graduate student
E-mail: ylen-ka01@mail.ru

Алексей Григорьевич Зеленский

Старший научный сотрудник
отдела селекции
E-mail: odin165@rambler.ru

Alexey Grigorievich Zelensky

Senior Researcher
selection department
E-mail: odin165@rambler.ru

Григорий Леонидович Зеленский

Профессор кафедры генетики, селекции
и семеноводства
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет им. И. Т. Трубилина»,
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13
Ведущий научный сотрудник отдела селекции
ФГБНУ «ФНЦ риса»,
E-mail: zelensky08@mail.ru

Grigory Leonidovich Zelensky

Professor, Department of Genetics, Breeding
and seed production
FSBEI of HE «Kuban State
Agricultural University named after I. T. Trubilina»,
13, st. Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia
Leading Researcher, Breeding Department
FSBSI «FRRC» Belozerny, 3, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: zelensky08@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Белозерный, 3 Краснодар,

All: FSBSI «FRRC»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-24-28
УДК: 633.18.631.52:631.523

Н. И. Гапишко,
Ю. К. Гончарова, д-р биол. наук,
г. Краснодар, Россия

ВАРЬИРОВАНИЕ МАССЫ ПРОРОСТКОВ РИСА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СТРЕССА

В последние годы цена поливной воды возросла более чем в 4 раза, что привело к снижению рентабельности выращивания риса. Кроме того, запасов воды в Краснодарском крае достаточно для полива чуть более 100 тысяч гектар посевов риса, а рисовые системы созданы более чем на 300 тысячах, что приводит к ее дефициту в период вегетации риса. Рис сеют ежегодно на площади около 130 тыс. га. Оценку изменения массы проростков у 47 образцов риса отечественной селекции проводили при стрессе «обезвоживание» в лабораторном опыте. Размах изменчивости по признаку «масса проростка» составил от 29,6 до 62,3 %, в среднем сорта изменили массу проростка при стрессе на 37,4 %. Максимально изменился признак у сортов: Аладдин, Атлант, Кураж, Гамма, Партнер (53,5 %), следовательно, они наименее адаптированы к стрессу. Минимально изменилась масса проростка под воздействием стресса у сортов: Сонет, Флагман, День/Ночь, Азовский. Изменение признака составило соответственно: 20,8, 25,9, 27,8, 29,1 %. Эти образцы могут быть источниками по признаку высокой устойчивости к обезвоживанию на стадии проростков.

Ключевые слова: сорт, масса, проростки, полив, стресс.

VARIABILITY OF MASS OF RICE SEEDLINGS UNDER THE INFLUENCE OF STRESS

In recent years, the price of irrigation water has increased by more than 4 times, which leads to a decrease in the profitability of rice cultivation, in addition, water reserves in Krasnodar region are sufficient to irrigate 100 thousand hectares of rice crops, and rice irrigation systems occupy 300 thousand, which leads to its shortage during rice growing season. The change in the mass of seedlings in 47 rice samples of domestic breeding was assessed under dehydration stress in a laboratory experiment. The range of variability on the basis of the mass of the seedling was from 29.66 to 62.32 %; on average, varieties changed the mass of the seedling under stress by 37, 46 %. The maximum change of trait was observed in varieties: Aladdin, Atlas, Kurazh, Gamma, Partner (53.51 %), therefore, they are least adapted to stress. The mass of the seedling under the influence of stress was least changed in samples: Sonnet, Flagman, Den / Noch, Azovsky. The change in the trait was respectively: 20.88, 25.99, 27.86, 29.15 %. These samples may be used as genetic sources by the trait of high dehydration resistance on seedling stage.

Key words: variety, mass, seedlings, watering, stress.

Введение

Масса проростка в начальные фазы развития – признак характеризующий работу ряда генетических систем, прежде всего это: характеристики темпов роста, количество запасных элементов семени, эффективность их использования в изучаемую фазу, активность ферментной системы растения [2]. Воздействие стресса в фазу проростков приводит к изменению массы проростка в соответствии с устойчивостью образца к стрессовому фактору или их комплексу [1, 3]. Засухоустойчивость – комплексный признак в формировании которого вовлечены практически все генетические системы растения на этапах развития, однако устойчивость на фазах проростка и цветения наиболее важна для выживания и оставления потомства. [5].

В фазу цветения оценка образцов сопряжена со значительными трудностями, так как требует создания засушников и при проведении в поле в значительной мере нивелируется конкурентоспособностью образцов, которая в плотном посеве, при оценке образца в государственном сортоиспытании, не реализуется [4]. В фазу проростков возможна оценка большого количества образцов по признаку,

и исключено влияние на результат конкурентоспособности генотипа.

Цель исследований

Оценить изменение массы проростков у образцов риса отечественной селекции при стрессе «обезвоживание».

Материалы и методы

Для изучения использовали 7-дневные проростки риса коллекции ФГБНУ «ФНЦ риса» 47 сортов, выращенные в термостате при температуре 26 – 27 °С. Выборка составляла 10 проростков каждого образца в 3-х повторностях. Взвешивали проростки до начала опыта. Для определения общего количества воды 10 растений помещали в металлические бюксы и высушивали в термостате при 105 °С в течении часа. Общее количество воды (В) в процентах от сырой массы навески определяется по формуле: $v = (v - c) - (v - a)$, где а – масса пустого бюкса (г), в – масса бюкса с сырой навеской (г), с – масса бюкса с сухой навеской (г). Скорость потери влаги определяли при взвешивании проростков через 4, 18 часов в пересчете на единицу времени. Процент связанной воды определяли как разницу между потерей массы проростками после стресса (при

комнатной температуре) и ее потерей после досушивания в термостате.

В задачи исследования входила оценка массы семидневных проростков коллекционных образцов риса 47 сортов (УНУ ФНЦ риса), для выявления источников положительного признака реакции на обезвоживание. В эту фазу различия проростков максимальны [6]. Пятьдесят зерновок каждого сорта проращивали при температуре 26 °С. Каждый вариант опыта закладывали в двух повторностях.

Выборка – 20 типичных растений на вариант опыта. После взвешивания образцы оставляли для обезвоживания на фильтровальной бумаге в течении 5-ти часов при комнатной температуре (20 – 23 °С), после чего проводили повторное взвешивание.

Результаты и обсуждение

Оценка массы проростков коллекционных образцов риса показала ее достоверные различия, как в контрольном (1,19 г), так и в опытном варианте (0,46 г) (табл. 1).

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа по достоверности различий сортов риса в изучаемых условиях

Варианты опыта	Сумма квадратов	Степеней свободы	Средний квадрат	Сумма квадратов	F	p
Начальная масса	27,74	46	0,60	0,15	369,26	0,00
Масса после стресса	1,45	46	0,03	0,15	19,26	0,00
Масса через 18 часов после залива водой	8,88	46	0,19	0,15	118,14	0,00
Масса растений через сутки	13,42	46	0,29	0,15	178,65	0,00

Примечание: *F – критерий Фишера, p – уровень значимости.

Варьирование по признаку в контрольном (от 0,46 г до 2,22 г) и опытном (от 0,29 г до 0,71 г) вариантах представлено в таблице 2.

Таблица 2. Вариабельность массы проростков (г) риса в контрольном варианте и после воздействия стресса

Сорт	Масса проростков до создания стрессовых условий	Масса проростков после стрессовых условий	Размах изменчивости, %
Лидер	0,85	0,42	-48,3
Фишт	0,97	0,43	-43,1
Хазар	0,74	0,33	-43,6
Кумир	0,91	0,34	-36,2
Анаит	1,79	0,67	-35,5
Наташа	1,48	0,49	-31,4
Партнер	0,68	0,37	-53,5
Сонет	2,12	0,49	-20,8
Фаворит	1,76	0,69	-37,3
Полевик	1,86	0,59	-29,7
Крепыш	1,26	0,57	-43,8
Каприз	0,88	0,43	-47,7
Мавр	1,43	0,51	-34,0
Олимп	0,88	0,37	-40,9
Южный	1,03	0,39	-36,6
Атлант	0,66	0,39	-58,2
Ивушка	1,59	0,54	-32,2
Ласточка	0,60	0,30	-49,1
Соната	1,56	0,49	-29,7
Визит	1,13	0,44	-37,6
Злата	0,91	0,36	-38,4
Рапан	1,09	0,46	-40,9

Окончание таблицы 2

Сорт	Масса проростков до создания стрессовых условий	Масса проростков после стрессовых условий	Размах изменчивости, %
Орион	0,78	0,37	-46,4
Гамма	0,62	0,35	-55,6
Флагман	1,69	0,47	-25,9
Исток	1,47	0,49	-31,7
Виктория	1,18	0,48	-39,3
Привольный-4	1,78	0,62	-32,9
Кураж	0,63	0,37	-57,8
Казачок-4	2,14	0,71	-30,9
Диамант	0,85	0,40	-46,0
Регул	0,84	0,43	-50,1
Янтарь	1,17	0,50	-41,4
Снегирь	1,41	0,54	-36,7
Светлана	0,94	0,44	-45,6
Аврора	0,78	0,37	-46,4
Ассоль	1,31	0,43	-31,3
Мулатка	0,96	0,48	-48,8
Грация	1,21	0,44	-34,9
Константин	0,95	0,45	-46,2
День/Ночь	2,22	0,67	-27,8
Азовский	1,71	0,53	-29,1
Аладдин	0,46	0,29	-62,3
Поток	1,07	0,50	-45,5
Ливень	0,98	0,34	-33,4
Жемчужина	1,65	0,57	-32,7
Маленькая Ивушка	1,22	0,51	-40,4
Среднее значение признака	1,19	0,46	-37,4
Максимальное значение	2,22	0,71	-20,8
Минимальное значение	0,46	0,29	-62,3
НСР ₀₅	0,02	0,03	

Минимальное значение признака, 0,46 г, было отмечено у сорта Гамма, в контрольном варианте и сорта Аладдин в опытном. Максимальные значения массы проростков в контрольном варианте – у сортов День/Ночь, Казачок-4, Сонет, минимальная масса проростков – у сортов Гамма, Аладдин, Кураж.

В опытном варианте в качестве источников по признаку выделены сорта с максимальным значением массы проростков: Казачок-4, Фаворит, День/Ночь (рис. 1). Минимальная масса проростков у сортов Аладдин, Гамма, Ласточка, Ливень, Кумир.

Сорта в исследовании относились к мелкозерным, среднезерным, крупнозерным. Чтобы нивелировать различия между сортами по начальной массе проростков мы рассчитали размах изменчивости признака «масса проростков» для каждого сорта, который варьировал от 29,6 до 62,3 %, в среднем сорта изменили массу проростка на 37,4 %. Максимально изменили признак сорта Аладдин, Атлант, Кураж, Гамма, Партнер (53,5 %). Минимально – сорта Сонет, Флагман, День/Ночь, Азовский, у которых изменение признака составило соответственно 20,8, 25,9, 27,8, 29,1 %.

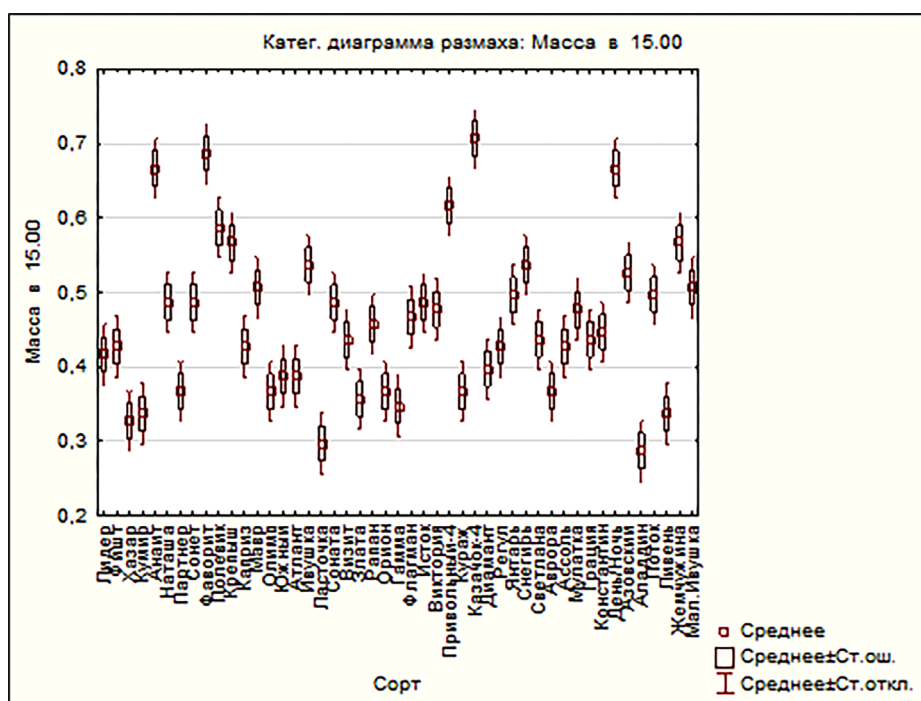


Рисунок 1. Масса проростков после стресса (г)

Выводы

Размах изменчивости по признаку «масса проростка» варьировал в пределах от 29,6 до 62,3 %, в среднем сорта изменили массу проростка при стрессе на 37,4 %. Максимально изменился признак у сортов Аладин, Атлант, Кураж, Гамма, Партнер (53,5 %), следовательно, они наименее адаптирова-

ны к стрессу. Минимально изменился признак массы проростка под воздействием стресса у сортов Сонет, Фламан, День/Ночь, Азовский. Изменение признака составило соответственно 20,8, 26,0, 27,8, 29,1 %. Эти образцы могут быть источниками по признаку минимального изменения массы проростка при обезвоживании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю. К. О генетико-физиологических механизмах солеустойчивости у риса (*Oryza sativa* L.) / Ю. К. Гончарова, Е. М. Харитонов // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 3. – С. 3 – 11 (doi:10.15389/agrobiology.2013.3.3rus).
2. Харитонов, А. П. Молекулярное маркирование локусов, определяющих высокие темпы роста на начальных этапах развития растений у российских сортов риса (*Oryza sativa* L.) / А. П. Харитонов, Ю. К. Гончарова, С. В. Гончаров, В. Н. Бруйко // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 5. – С. 892 – 904. (doi: 10.15389/agrobiology.2019.5).
3. Харитонов, Е. М. Применение многомерных методов для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды / Е. М. Харитонов, Ю. К. Гончарова, Н. А. Очкас, В. А. Шелег, С. В. Болянова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 52(1). – С. 152 – 160 (doi: 10.15389/agrobiology.2017.1.152rus).
4. Khowaja, F. S. QTL mapping rolling, stomatal conductance and dimension traits of excised leaves in the Bala 9 Azucena recombinant inbred population of rice / F. S. Khowaja, A. H. Price // Field Crops Research. – 2008. – № 106. – 248 – 257.
5. Yorobe, J. M. Yield and income effects of rice varieties with tolerance of multiple abiotic stresses: The case of green super rice (GSR) and flooding in the Philippines / J. M. Yorobe, J. Ali, V. Pede, R.M. Reyes, O.P. Velarde, W. Wang // Agric. Econ. – 2016. – № 47. – С. 1 – 11 (doi: 10.1111/agec.12227).
6. Гончарова Ю. К. Генетические основы повышения продуктивности риса //автореферат дис. ... доктора биологических наук / Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2014.

REFERENCES

1. Goncharova, Yu. K. Genetic and physiological mechanisms of salt resistance in rice (*Oryza sativa* L.) / Yu. K. Goncharova, E. M. Kharitonov // Agricultural biology. – 2013. – № 3. – p. 3 – 11 (doi:10.15389/agrobiology.2013.3.3rus).
2. Kharitonov, A. P. Molecular labeling of loci determining high growth rates at the initial stages of plant development in Russian rice varieties (*Oryza sativa* L.) / A. P. Kharitonov, Yu. K. Goncharova, S. V. Goncharov, V.N. Bruyako // Agricultural biology. – 2019. – V. 54. – № 5. – p. 892 – 904. (doi: 10.15389/agrobiology.2019.5).
3. Kharitonov, E. M. Application of multidimensional methods for separating rice varieties by reaction to changing environmental conditions / E. M. Kharitonov, Yu. K. Goncharova, N. A. Ochkas, V. A. Sheleg, S. V. Bolyanova // Agricultural

biology. – 2017. – № 52(1). – p. 152 – 160 (doi: 10.15389/agrobiology.2017.1.152rus).

4. Khowaja, F. S. QTL mapping rolling, stomatal conductance and dimension traits of excised leaves in the Bala 9 Azucena recombinant inbred population of rice / F. S. Khowaja, A. H. Price // Field Crops Research. – 2008. – № 106. – 248 – 257.

5. Yorobe, J. M. Yield and income effects of rice varieties with tolerance of multiple abiotic stresses: The case of green super rice (GSR) and flooding in the Philippines / J. M. Yorobe, J. Ali, V. Pede, R. M. Rejesus, O. P. Velarde, W. Wang // Agric. Econ. – 2016. – № 47. – С. 1 – 11 (doi: 10.1111/agec.12227).

6. Goncharova Yu. K. Genetic bases of increasing rice productivity // Abstract of Dr. thesis / Kuban State Agrarian University. – Krasnodar, 2014

Надежда Ивановна Гапишко

Младший научный сотрудник

E-mail: gapishko1979@mail.ru

тел.: +7988-356-56-11

Nadezhda Ivanovna Gapishko

Junior Researcher

E-mail: gapishko1979@mail.ru

тел.: +7988-356-56-11

Юлия Константиновна Гончарова

Зав. лабораторией

E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

тел.: +7918-629-52-99

Yulia Konstantinovna Goncharova

Head of laboratory

E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

тел.: +7918-629-52-99

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-29-36
УДК: 633.18: 03

Н. Г. Туманьян, д-р биол. наук,
С. С. Чижилова, канд. биол. наук,
К. К. Ольховая
г. Краснодар, Россия

КУЛИНАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПИЩЕВЫЕ ДОСТОИНСТВА СОРТОВ РИСА СЕЛЕКЦИИ ФНЦ РИСА

В работе представлены результаты оценки пищевой ценности и кулинарных достоинств сортов риса селекции ФНЦ риса (Краснодар), допущенных к использованию в 2000 – 2019 гг. в РФ. В Реестре охраняемых селекционных достижений находится 64 сорта риса, из них 44 сорта – селекции Федерального научного центра риса (Краснодар); в Реестре сортов допущенных к использованию соответственно 69 и 37 сортов. За последние 20 лет допущено к использованию 32 новых сорта селекции ФНЦ риса. Сорта риса относятся к группам коротко-, средне- и длиннозерных с низким и средним содержанием амилозы. К группе среднеамилозных сортов отнесены сорта Кумир, Злата, Ласточка, Царын. Для рассыпчатых блюд рекомендуются сорта Кумир, Рапан, Лидер, Яхонт, Наутилус, Азовский, Патриот, Виктория и др.; для клейких молочных каш – Флагман, Северный 8242, Ренар, Гамма, Гарант, Партнер, Диамант; для блюд итальянской и испанской кухни (ризотто и паэлы) – Фаворит, Казачок 4, Титан, Крепыш; для блюд восточно-азиатской кухни – Соната, Хазар, Полевик. Изучение пищевых характеристик и кулинарных достоинств сортов риса рекомендуется вести с учетом их реакции на агроклиматические условия выращивания и технологий подготовки рисопродукта перед приготовлением кулинарного изделия.

Ключевые слова: рис, качество зерна, пищевая ценность, кулинарные достоинства, физико-химические признаки, содержание амилозы, содержание белка

CULINARY CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL ADVANTAGES OF RICE VARIETIES OF FEDERAL SCIENTIFIC RICE CENTRE

The paper presents the results of evaluating the nutritional value and culinary advantages of rice varieties of Federal Scientific Rice Centre (Krasnodar), approved for use in 2000 – 2019 in Russian Federation. The Register of Protected Breeding Achievements contains 64 rice varieties, of which 44 varieties are bred in Federal Scientific Rice Centre (Krasnodar); in the Register of varieties approved for use, respectively 69 and 37 varieties. Over the past 20 years, 32 new varieties bred in Federal Scientific Rice Centre have been approved for use. Rice varieties belong to the groups of short-, medium- and long-grain with a low and medium amylose content. Varieties Kumor, Zlata, Lastochka, Tsaryn are assigned to the group of medium amylose varieties. For friable dishes, Kumor, Rapan, Leader, Yakhont, Nautilus, Azovsky, Patriot, Victoria, and others are recommended; for sticky milk porridges – Flagman, Severniy 8242, Renar, Gamma, Garant, Partner, Diamant; for dishes of Italian and Spanish cuisine, risotto and paella – Favorit, Kozachok 4, Titan, Krepysh; for dishes of East Asian cuisine – Sonata, Khazar, Polevik. The study of the nutritional characteristics and culinary advantages of rice varieties is recommended to be carried out taking into account their reaction to the agroclimatic conditions of cultivation and rice processing technology before preparing the culinary product.

Key words: rice, grain quality, nutritional value, culinary advantages, physical and chemical traits, amylose content, protein content.

Введение

Рис уникален тем, что обеспечивает около 25 % потребления пищевых калорий в мире и 75 % в питании населения в развивающихся странах [10]. Урожайность – не единственный фактор, который следует учитывать при создании новых сортов риса, поскольку признаки качества оказывают большое влияние на распространение сортов риса – их производство и потребление рисопродуктов. Широкий спектр физико-химических свойств зерна риса, выделенных для его оценки, позволяет селекционерам получать линии с желаемым качеством зерна, а переработчикам пищевых продуктов подбирать уникальные рисовые материалы для пищевой промышленности.

Качество еды может быть непосредственно охарактеризовано и измерено с помощью описательного сенсорного анализа, инструментов для оценки текстуры сваренного риса или косвенно предсказано с помощью серии оценок физико-химических свойств [7].

Консистенция риса (рассыпчатость, клейкость) в основном связана со структурными компонентами крахмалистой паренхимы: содержанием амилозы и длинных цепочек В-амилопектина, а аромат сваренного риса – с летучим соединением 2-ацетил-1-пирролином. Характеристики качества зерна риса, которые обычно определяют предпочтения населения включают, как правило, содержание в крупе дробленых ядер, температуру клейстеризации крахмальной

дисперсии, консистенцию оклейстеренного крахмала и социально-экономические факторы – потребление рисопродуктов на душу населения, традиционные предпочтения [4, 5, 9].

В ФНЦ риса образцы риса в селекционном процессе характеризуются по содержанию амилозы [2]. Показано, что инструментально измеренные параметры консистенции сваренных ядер риса сильно коррелируют с содержанием амилозы, но не с содержанием белка [13]. То есть содержание амилозы обычно используется для прогнозирования текстуры приготовленного риса [15]. Однако при исследовании 1020 африканских сортов такой сильной корреляции найдено не было [11]. Высокоамилозные сорта риса с низкой вязкостью крахмальной дисперсии характеризуются мелкими крахмальными зернами и их низкой набухающей способностью при поглощении воды [16]. По другим данным содержание белка играет важную роль в структуре сваренного риса, но не коррелирует с содержанием амилозы [15]. Получены данные о том, что пищевые и кулинарные достоинства рисопродуктов зависят не только от генотипа, но и от условий возделывания [12]. Особое положение стали занимать сорта, которые рекомендуется использовать в функциональном питании, с пигментированным перикарпом, характеризующиеся высоким содержанием антиоксидантов [14]. В 2013 г. китайскими учеными были предложены прогностические модели для оценки консистенции сваренного риса [17].

Цель исследований

Оценить пищевую ценность и кулинарные достоинства сортов селекции ФНЦ риса, которые допущены к использованию и наиболее распространены в производстве на территории РФ.

Материалы и методы

Материалом исследований служили сорта селекции ФНЦ риса, созданные в 1995 – 2019 гг. Определение амилозы проводили колориметрически, используя амилозно-йодную реакцию при длине

волны 600 нм по ISO 6647-1:2007 [1]. Определение белка в шелушенном и шлифованном рисе проводили с помощью анализатора зерна (Инфралюм ФТ-10 Бик анализатор (РФ). Кулинарные достоинства – по методическим указаниям по оценке качества зерна риса [3].

Результаты и обсуждение

Качество еды из риса зависит от консистенции (текстуры), вкуса, аромата, цвета (в том числе наличия дробленых, пожелтевших ядер, присутствия других составляющих сорной и зерновой примеси) приготовленного риса или рисовых продуктов из различных сортов.

Из допущенных к использованию на территории РФ пять сортов: Кубань 3 (1963 г.), Рапан (1996 г.), Регул (1995 г.), Лидер (2000 г.) и Хазар (2000 г.) – внесено в Реестр по 2000 г. включительно; девять сортов: Атлант (2007 г.), Виктория (2010 г.), Кумир (2009 г.), Новатор (2006 г.), Северный 8242 (2009 г.), Соната (2009 г.), Сонет (2010 г.), Флагман (2007 г.), Янтарь (2004 г.) – внесено с 2001 по 2010 гг.; 23 сорта: Азовский (2018 г.), Аполлон (2017 г.), Визит (2013), Гамма (2011 г.), Диамант (2012 г.), Злата (2019 г.), Исток (2016 г.), Казачок 4 (2018 г.), Крепыш (2015 г.), Кураж (2013 г.), Наутилус (2019 г.), Олимп (2015 г.), Партнер (2016 г.), Патриот (2015 г.), Полевик (2017 г.), Привольный 4 (2014 г.), Ренар (2012 г.), Титан (2016 г.), Фаворит (2014 г.), Фишт (2011 г.), Шарм (2014 г.), Юбилейный 85 (2019 г.), Яхонт (2019 г.) – в 2011 – 2019 гг. Еще 14 сортов, в том числе сорта специального назначения – с удостоверяющим его патентом, но без допуска к использованию, и 10 сортов находится на государственном сортоиспытании.

Сорта риса различаются по крупности, форме зерновки и консистенции приготовленного кулинарного изделия, параметрам, на которые в первую очередь направлены предпочтения потребителя. В таблице 1 представлены данные по крупности и форме зерновки сортов.

Таблица 1. Крупность и форма зерновок сортов риса, допущенных к использованию (ранжирование по форме зерновки)

Сорт	Крупность зерна, масса 1000 а.с. зерен, г	Форма зерновки, l/b
Короткозерные сорта		
Рапан	25,0	2,0
Флагман	24,2	1,9
Соната	25,0	1,7
Патриот	28,4	1,8
Визит	24,5	1,8
Атлант	23,5	1,9
Юбилейный 85	24,7	1,9
Виктория	24,5	1,9
Хазар	25,9	2,0
Гамма	24,2	2,0
Кумир	23,5	2,0

Окончание таблицы 1.

Сорт	Крупность зерна, масса 1000 а.с. зерен, г	Форма зерновки, l/b
Фишт	27,5	2,0
Азовский	22,3	2,0
Олимп	23,1	2,0
Сорта, которые можно отнести к коротко- и среднезерным		
Диамант	24,5	2,1 (2,0)
Северный 8242	25,0	2,1 (2,0, 2,2)
Лидер	26,5	2,1 (2,0)
Сонет	25,8	2,1 (2,0)
Аполлон	25,1	2,1 (2,0)
Наutilus	25,0	2,1 (2,0)
Исток	28,5	2,1 (2,0)
Среднезерные сорта		
Фаворит	27,9	2,2
Полевик	27,4	2,2
Ренар	27,0	2,2
Привольный 4	25,1	2,3
Новатор	25,1	2,3
Янтарь	28,5	2,4
Яхонт	28,6	2,4
Регул	28,5	2,5
Сорта, которые можно отнести к средне- и длиннозерным		
Кураж	26,8	2,9 (3,0; 3,1)
Крупнозерные среднезерные сорта		
Казачок 4	30,0	2,4
Титан	29,8	2,4
Партнер	29,5	2,4
Крепыш	31,3	2,5
Длиннозерные сорта		
Шарм	25,3	3,2
Злата	23,8	3,5

Большинство сортов относится к группе короткозерных ($l/b \leq 2,0$), со средней по массе зерновкой (22 – 29 г 1000 а. с. з.). Ряд сортов, исходя из классификации среднезерных сортов ФАО, ($3,0 \geq l/b \geq 2,1$) можно отнести, как к короткозерным, так и среднезерным, в связи с тем, что l/b может быть по метелке и в отдельные годы варьировать от 2,0 до 2,1 (Диамант, Визит, Аполлон, Наutilus, Исток, Сонет, Северный 8242). В группе короткозерных сортов с более крупной зерновкой находится сорт Патриот. У сорта Кураж наиболее часто по метелке встречаются зерновки с l/b 2,9 – 3,0, однако в отдельные годы и в метелке были обнаружены зерновки с l/b 3,1. Из длиннозерных сортов допущено к использованию всего два сорта Шарм и Злата, что связано с традиционными предпочтениями населения, более низкой урожайностью таких сортов, осторожным отношением переработчика в связи с необходимостью использования иных режимов

уборки, складирования и переработки длиннозерных сортов, а также импортом соответствующего риса из развивающихся стран по удовлетворительным ввозным ценам. Недавно был снят с охраны длиннозерный сорт Снежинка, охраняется патентом без допуска к использованию сорта Наташа, Ивушка (l/b 3,2, масса 1000 а. с. з. 25 г).

В особую группу были отнесены сорта риса с крупной зерновкой ($>29,0$ г 1000 а. с. з.). В этой группе находятся сорта Казачок 4 (29 – 32 г.), Титан (29 – 30 г.), Крепыш (31 – 33 г.), Партнер (29 – 30 г.). Сорта по форме зерновки относятся к среднезерным (l/b 2,4 – 2,5). Создан и охраняется патентом среднезерный (l/b 2,5) сорт Водопад с очень крупной зерновкой – 35 г.

Еще одну особую группу составляют сорта, которые внесены в Реестр охраняемых селекционных достижений, но не допущены к использованию. Это сорта с окрашенным перикарпом зерновки для функ-

ционального питания (Рубин, Марс, Рыжик, Мавр, Гагат, Южная ночь) и сорта для детского и диетического питания, не содержащие амилозы в крахмале зерновки (Вита, ранее Виола и Виолетта, патенты которых сейчас аннулированы).

Данные по кулинарным достоинствам сортов риса представлены в таблице 2. Кулинарные предпочтения населения являются результатом исторически сложившегося уклада питания или культурных традиций и развития новых представлений о пище, например, в части функционального питания.

Таблица 2. Кулинарные достоинства сортов (коэффициент привара и коэффициент водопоглощения)

Сорт	Коэффициент привара	Коэффициент водопоглощения Рассыпчатость
Короткозерные сорта		
Рапан	5,0	2,9
Флагман	5,0	2,9
Кубань 3	4,8	2,8
Соната	5,3	2,9
Патриот	4,6	2,8
Визит	4,7	2,8
Атлант	5,0	2,8
Юбилейный 85	5,2	2,8
Виктория	5,0	2,9
Хазар	4,9	2,8
Гамма	5,0	2,8
Кумир	5,0	2,8
Фишт	5,2	2,9
Азовский	4,2	2,8
Олимп	5,1	2,9
Сорта, которые можно отнести к коротко- и среднезерным		
Диамант	5,1	2,9
Северный 8242	4,8	2,9
Лидер	4,8	2,8
Сонет	5,0	2,9
Аполлон	4,7	2,8
Наутилус	5,0	2,9
Исток	5,0	2,8
Среднезерные сорта		
Фаворит	4,9	2,8
Полевик	5,2	2,9
Ренар	4,9	2,9
Привольный 4	5,0	2,8
Новатор	4,9	2,9
Янтарь	5,2	2,9
Яхонт	5,1	2,8
Регул	4,9	2,8
Сорта, которые можно отнести к средне- и длиннозерным		
Кураж	5,0	2,9
Крупнозерные среднезерные сорта		
Казачок 4	5,0	2,9
Титан	5,3	2,7
Партнер	5,0	2,8
Крепыш	4,6	2,9
Длиннозерные сорта		
Шарм	5,0	2,9
Злата	5,0	2,8

В России большая доля риса, используемого в пищу относится к короткозерным клейким сортам. Одними из показателей кулинарных достоинств являются коэффициенты привара и водопоглощения, которые характеризуют способность ядер поглощать воду и увеличиваться в объеме при варке. Невысокий коэффициент привара (до 5,0) отмечен у сорта Лидер, Патриот, Визит, Северный 8242, Хазар, Азовский, Ренар, Аполлон, Фаворит, Регул, Крепыш, крупа которых незначительно увеличивается в объеме при варке; выше 5,0 (5,1 – 5,3) – сорта Фишт, Олимп, Соната, Партнер, Диамант, Полевик, Янтарь, Яхонт, Титан. Различия по коэффициенту привара у отечественных сортов оцениваются как небольшие. Известны сорта зарубежной селекции у которых коэффициент привара может достигать 9. Коэффициенты водопоглощения у большинства сортов находятся в пределах 2,8 – 2,9, у сорта Титан – 2,7.

Сорт Соната был исключен из Реестра охраняемых селекционных достижений, однако он представляет интерес для приготовления блюд восточно-азиатской кухни: суши, роллов и др., так как имеет незначительно липкую поверхность и плотные упругие сваренные ядра. Для приготовления блюд восточно-азиатской кухни изготовители приобретают и крупу сорта Хазар, которая хорошо подходит для этого вида кулинарных изделий.

К клейким условно можно отнести сорта риса с низким содержанием амилозы – $\leq 20,0$ %. Сорта без амилозы в крахмале, или с крайне низким ее содержанием называют «сладкими»; с содержанием амилозы $>20,0$ и $\leq 28,0$ % – среднеамилозными.

Содержание амилозы и белка важнейшие биохимические показатели зерна риса, которые определяют его пищевую ценность. Амилоза составляет меньшую часть в запасном крахмале риса, но определяет основные его свойства: способность зерна к набуханию и стабилизации вязкости клейстеров.

Чем выше содержание амилозы, тем больше воды поглощают крахмальные зерна. Амилоза обладает высокой способностью образовывать водородные связи, в связи с чем крахмальные зерна способны больше поглощать воды и, увеличиваясь в размере, не разрушаться. Из сортов, допущенных к использованию, только сорта Кумир и Злата относятся к среднеамилозной группе, у которых содержание амилозы 21 – 23 %. Высокоамилозных сортов в сортименте нет.

В 2017 – 2020 гг. созданы новые сорта, которые характеризуются повышенным содержанием амилозы – Эльбрус, Ленарис (20,5 – 24,0 %) – и в настоящее время находятся в госсортоиспытании. Сорта Царын (аннулирован патент на селекционное достижение) и сорт Ласточка (находится в Реестре охраняемых селекционных достижений, но не допущен к использованию на территории РФ, допущен в Казахстане), имеющие общее происхождение, относятся к редкой для отечественных сортов группе среднеамилозных сортов (21,5 – 23,5 %). Недавно создан сорт Аромир, который охраняется патентом, с сильным специфическим ароматом, типа известной группы сортов, крупа которых реализуется в торговых сетях под маркой Жасмин.

Пищевая ценность, связанная с содержанием белка в зерне риса, у сортов различается незначительно, кроме восковидных сортов риса (Виолы и Виолетты), у которых в зерне может быть до 10 % белка. Как правило, в зерне риса селекции ФНЦ риса 7,5 – 8,5 % белка, а в шлифованном рисе – 6,1 – 8,0 %. Концентрация белка выше в перикарпе и семенной оболочке зерновки, в связи с чем, при шлифовании происходит его потеря на 9 – 20 %.

Исходя из органолептических показателей варки, были даны рекомендации по использованию риса шлифованного и шелушенного сортов в приготовлении определенных блюд (табл. 3).

Таблица 3. Сорта риса для использования в кулинарных изделиях

Общие свойства (сваренного) шлифованного и шелушенного риса	Блюдо (группа)	Сорт
Ядра мягкие с большим слоем оклейстеренного жидкого крахмала (крахмального геля) на поверхности	Молочная каша, оладьи, пудинг, сладкий десерт. запеканка	Флагман, Северный 8242, Ренар, Гамма, Гарант, Диамант, Сонет
Ядра плотные, упругие, сохраняющие целостность при варке, без или с небольшим слоем оклейстеренного жидкого крахмала на поверхности, рассыпчатой консистенции	Различные виды мясного плова, плова с нут, фасолью и др.	Кумир, Рапан, Лидер, Яхонт, Наутилус, Азовский, Патриот, Виктория, Партнер
Ядра мягкие, могут не сохранять целостность при варке, но без большого слоя оклейстеренного крахмала на поверхности	В качестве ингредиентов в котлетах, долме, тефтелях	Визит, Регул, Аполлон, Олимп
Ядра плотные, при охлаждении становятся твердыми и сухими	Различные гарниры, салаты, супы, консервы	Рапан, Атлант, Виктория, Новатор, Юбилейный 85, Исток

Окончание таблицы 3

Общие свойства (сваренного шлифованного и шелушенного риса)	Блюдо (группа)	Сорт
Крупные ядра с небольшим слоем оклейстеренного жидкого крахмала на поверхности, плотные, суховатые (в зерновке присутствует большое мучнистое пятно)	Ризотто, паэлья	Фаворит, Казачок 4, Титан, Крепыш
Ядра среднего размера с тонким липким слоем крахмального геля на поверхности, влажные, плотные, упругие; сорта круглозерные или незначительно удлинённые	Блюда восточно-азиатской кухни: суси (суши), роллы и др.	Хазар, Соната, Полевик
Ядра суховатые, без или практически без слоя жидкого крахмального геля на поверхности из длиннозерных сортов риса, желателен с повышенным содержанием амилозы; (консистенция рассыпчатая)	Плов сладкий восточный с курагой, черносливом и изюмом; замороженные смеси	Злата, Шарм
Шелушенный рис среднезерный с l/b 2,4 – 3,0 или длиннозерный, при варке сохраняющий форму и целостность ядра	Шелушенный рис для гарнира	Кураж, Новатор, Яхонт, Регул, Злата, Шарм
Шелушенный и шлифованный рис с цветными и бесцветными оболочками различной формы, без амилозы и с различным содержанием амилозы в запасном крахмале	Гарниры, в качестве ингредиентов в кулинарных изделиях для функционального, детского и диетического питания	Виола, Виолетта, Вита, Рубин. Марс, Рыжик, Мавр, Гагат, Южная ночь
Ядра мягкие (длиннозерный рис) с ярко выраженным ароматом, тип сортов группы Жасмина	Гарниры с ярко выраженным ароматом по типу групп сортов Басмати и Жасмина	Аромир

Рекомендации по использованию сортов в приготовлении тех или иных блюд носят приблизительный характер, так как рисопроduct, прошедший должную предварительную подготовку даже из сорта, который характеризуется низким содержанием амилозы в зерне, может быть использован в приготовлении рассыпчатых гарниров и плова. Так, предварительная поджарка или предварительное увлажнение шлифованных белых ядер с последующей их просушкой в течение получаса приводит вначале к появлению микротрещин в ядре, а затем к их склеиванию. Варка такого риса из многих сортов приводит к проявлению свойств рассыпчатости и возможности его использования при приготовлении плова. Необходимо учитывать изменчивость кулинарных свойств у сортов, выращенных в различных агроклиматических условиях [12].

Выводы

Сортимент риса селекции ФНЦ риса, допущенных к использованию сортов и сортов специального назначения, способен удовлетворить все потребности в пищевых предпочтениях населения страны. Сорта имеют различные кулинарные и пищевые характеристики и могут быть использованы в приготовлении самых разнообразных блюд российской и зарубежной кухни. Сорта специального назначения пригодны для использования в функциональном питании, глютинозные – в детском и диетическом питании. Изучение пищевых характеристик и кулинарных достоинств сортов риса рекомендуется вести с учетом их реакции на агроклиматические условия выращивания и технологий подготовки рисопроductа перед приготовлением кулинарного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ ISO 6647-2-2015. Рис. Определение содержания амилозы. Часть 2. рабочие методы.
- Кумейко, Т. Б. Оценка исходного материала риса по содержанию амилозы в зерновке в селекции низко- и среднеамилозных сортов / Т. Б. Кумейко, Н. Г. Туманьян // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 80. – С. 162 – 166.
- Методические указания по оценке качества зерна риса. – Краснодар. ВНИИ риса. – 1983. – 21 с.
- Туманьян, Н. Г. Рис – это больше, чем товар / Н. Г. Туманьян // Рисоводство. – 2009. – № 13. – С. 77.
- Харитонов, Е.М. Проблемы рисоводства в Российской Федерации и пути их решения. Качество риса / Е. М. Харитонов, Н. Г. Туманьян // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 14 – 15.
- Шеуджен, А. Х. Диетология риса / А. Х. Шеуджен, Е. М. Харитонов, В. А. Козырев, Г. А. Галкин [и др.] / под ред. д-ра биол. наук А. Х. Шеуджена. – Майкоп: Адыгея. – 2004. – 1080 с.

7. Bao, J. S. Rice, Eating quality / J.S. Bao // Food Science. – 2015. – P. 166 – 175. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00133-5>.
8. Champagne, Elaine T. Correlation Between Cooked Rice Texture and Rapid Visco Analyser Measurements / Elaine T. Champagne, Karen L. Bett, Bryan T. Vinyard, Anna M. McClung, Franklin E. Barton II, Karen Moldenhauer, Steve Linscombe, Kent McKenzie // Cereal Chemistry. – 1999. – Vol. 76. – Iss. 5. – P. 764 – 771. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.764>.
9. Cuevas, Rosa Paula Rice Grain Quality and Consumer Preferences: A Case Study of Two Rural Towns in the Philippines / Rosa Paula Cuevas, Valerien O. Pede, Justin McKinley, Orlee Velarde, Matty Demont // Plos ONE. – 2016. – <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150345>.
10. Fitzgerald, M. A. Rice: characteristics and quality requirements / M. A. Fitzgerald // Cereal Grains, Assessing and Managing Quality. – 2010. – P. 212 – 236. <https://doi.org/10.1533/9781845699529.2.212>.
11. Gayin, Joseph Classification of Rice Based on Statistical Analysis of Pasting Properties and Apparent Amylose Content: The Case of Oryza glaberrima Accessions from Africa / Joseph Gayin, Gurpreet Kaur Chandi, John Manful, Koushik Seetharaman // Cereal Chemistry. – 2015. – Vol. 92. – Iss. 1. – P. 22 – 28. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-14-0087-R>.
12. Gu, Junfei Grain quality changes and re-sponses to nitrogen fertilizer of japonica rice cultivars released in the Yangtze River Basin from the 1950s to 2000s / Junfei Gu, Jing Chen, Lu Chen, Zhiqin Wang, Hao Zhang, Jianchang Yang // The Crop Journal. – 2015. – Vol. 3. – Iss. 4. – P. 285 – 297. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.03.007>.
13. Kohyama, Kaoru Texture Evaluation of Cooked Rice Prepared from Japanese Cultivars Using Two-Bite Instrumental Test and Electro-myography / Kaoru Kohyama, Navdeep Singh Sodhi, Keitaro Suzuki, Tomoko Sasaki, Navdeep Singh Sodhi, Keitaro Suzuki, Tomoko Sasaki // Texture Studies. – 2015. – Vol. 47. – Iss. 3. – P. 188 – 198. – <https://doi.org/10.1111/jtxs.12172>.
14. Reddy, Chagam Koteswara Variety difference in molecular structure, functional properties, phytochemical content and antioxidant capacity of pigmented rice / Chagam Koteswara Reddy, Lalmuan Kimi, Sundaramoorthy Haripriya // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2016. – Vol. 10. – P. 605 – 613.
15. Suwannaporn, Prisana Classification of Rice Amylose Content by Discriminant Analysis of Physicochemical Properties / Prisana Suwannaporn, Sawidtree Pitiphunpong, Sirirat Cham-pangern // Starch. – 2007. – Vol. 59. – Iss. 3-4. – P. 171 – 177. <https://doi.org/10.1002/star.200600565>.
16. Zhang, Changquan Toward underlying reasons for rice starches having low viscosity and high amylose: physiochemical and structural characteristics / Changquan Zhang, Lijia Zhu, Ke Shao, Minghong Gu, Qiaoquan Liu // Science of Food and Agriculture. – 2013. – Vol. 93. – Iss. 7. – P. 1543 – 1551. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5987>.
17. Zhu, Bo Predicting Texture of Cooked Blended Rice with Pasting Properties / Bo Zhu, Bin Li, Qianni Gao, Jinsong Fan, Peijun Gao, Meihu Ma // International Journal of Food Properties. – 2013. – Vol. 16. – Iss. 3. – P. 485 – 499. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.555899>.

REFERENCES

1. GOST ISO 6647-2-2015. Rice. Determination of amylose content. Part 2. working methods.
2. Kumeyko, T. B. Evaluation of rice source material by amylose content in the grains when breeding low and medium amylose varieties / T. B. Kumeyko, N. G. Tumanyan // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2019. – No. 80. – p. 162 – 166.
3. Guidelines for assessing the quality of rice grains. – Krasnodar. ARRI. – 1983. – 21 p.
4. Tumanyan, N. G. Rice is more than a commodity / N. G. Tumanyan // Rice growing. – 2009. – No. 13. – p. 77.
5. Kharitonov, E. M. Problems of rice growing in the Russian Federation and ways to solve them. Rice quality / E. M. Kharitonov, N. G. Tumanyan // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2010. – No. 11. – p. 14 – 15.
6. Sheudzhen, A. Kh. Dietology of rice / A. Kh. Sheudzhen, E. M. Kharitonov, V. A. Kozyrev, G. A. Galkin [et al.] / Ed. Dr. biol. Sciences A. Kh. Sheudzhen. – Maykop: Adygea. – 2004. – 1080 p.
7. Bao, J. S. Rice, Eating quality / J. S. Bao // Food Science. – 2015. – P. 166 – 175. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00133-5>.
8. Champagne, Elaine T. Correlation Between Cooked Rice Texture and Rapid Visco Analyser Measurements / Elaine T. Champagne, Karen L. Bett, Bryan T. Vinyard, Anna M. McClung, Franklin E. Barton II, Karen Moldenhauer, Steve Linscombe, Kent McKenzie // Cereal Chemistry. – 1999. – Vol. 76. – Iss. 5. – P. 764 – 771. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.764>.
9. Cuevas, Rosa Paula Rice Grain Quality and Consumer Preferences: A Case Study of Two Rural Towns in the Philippines / Rosa Paula Cuevas, Valerien O. Pede, Justin McKinley, Orlee Velarde, Matty Demont // Plos ONE. – 2016. – <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150345>.
10. Fitzgerald, M. A. Rice: characteristics and quality requirements / M. A. Fitzgerald // Cereal Grains, Assessing and Managing Quality. – 2010. – P. 212 – 236. <https://doi.org/10.1533/9781845699529.2.212>.
11. Gayin, Joseph Classification of Rice Based on Statistical Analysis of Pasting Properties and Apparent Amylose Content: The Case of Oryza glaberrima Accessions from Africa / Joseph Gayin, Gurpreet Kaur Chandi, John Manful, Koushik Seetharaman // Cereal Chemistry. – 2015. – Vol. 92. – Iss. 1. – P. 22 – 28. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-14-0087-R>.
12. Gu, Junfei Grain quality changes and re-sponses to nitrogen fertilizer of japonica rice cultivars released in the Yangtze River Basin from the 1950s to 2000s / Junfei Gu, Jing Chen, Lu Chen, Zhiqin Wang, Hao Zhang, Jianchang Yang // The Crop Journal. – 2015. – Vol. 3. – Iss. 4. – P. 285 – 297. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.03.007>.

13. Kohyama, Kaoru Texture Evaluation of Cooked Rice Prepared from Japanese Cultivars Using Two-Bite Instrumental Test and Electro-myography / Kaoru Kohyama, Navdeep Singh Sodhi, Keitaro Suzuki, Tomoko Sasaki, Navdeep Singh Sodhi, Keitaro Suzuki, Tomoko Sasaki // *Texture Studies*. – 2015. – Vol. 47. – Iss. 3. – P. 188 – 198. – <https://doi.org/10.1111/jtxs.12172>.

14. Reddy, Chagam Koteswara Variety difference in molecular structure, functional properties, phytochemical content and antioxidant capacity of pigmented rice / Chagam Koteswara Reddy, Lalmuan Kimi, Sundaramoorthy Haripriya // *Journal of Food Measurement and Characterization*. – 2016. – Vol. 10. – P. 605 – 613.

15. Suwannaporn, Prisana Classification of Rice Amylose Content by Discriminant Analysis of Physicochemical Properties / Prisana Suwannaporn, Sawitree Pitiphunpong, Sirirat Cham-pangern // *Starch*. – 2007. – Vol. 59. – Iss. 3-4. – P. 171 – 177. <https://doi.org/10.1002/star.200600565>.

16. Zhang, Changquan Toward underlying reasons for rice starches having low viscosity and high amylose: physicochemical and structural characteristics / Changquan Zhang, Lijia Zhu, Ke Shao, Minghong Gu, Qiaoquan Liu // *Science of Food and Agriculture*. – 2013. – Vol. 93. – Iss. 7. – P. 1543 – 1551. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5987>.

17. Zhu, Bo Predicting Texture of Cooked Blended Rice with Pasting Properties / Bo Zhu, Bin Li, Qianni Gao, Jinsong Fan, Peijun Gao, Meihu Ma // *International Journal of Food Properties*. – 2013. – Vol. 16. – Iss. 3. – P. 485 – 499. <https://doi.org/10.1080>.

Наталья Георгиевна Туманьян

Зав. лаб. качества риса

E-mail: tngerag@yandex.ru

Natalia Georgievna Tumanyan

Head of laboratory of rice quality

E-mail: tngerag@yandex.ru

Светлана Сергеевна Чижикова

Ст. науч. сотр. лаборатории качества риса,

E-mail: Kvetochka2005@yandex.ru

Svetlana Sergeevna Chizhikova

Senior scientist of laboratory of rice quality,

E-mail: Kvetochka2005@yandex.ru

Кнарик Карапетовна Ольховая

Мл. науч. сотр. отдела технологии
возделывания риса

Knarik Karapetovna Olkhovaya

Junior scientist of laboratory
of rice cultivation technology

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3,

E-mail: arrri_kub@mail.ru

All: FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerniy, Krasnodar, 350921, Russia

E-mail: arrri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-37-43
УДК: 633.18: 631.164: 577.154.31

Э. Ю. Папулова, канд. биол. наук,
Т. Б. Кумейко, канд. с.-х. наук,
Н. Г. Туманьян, д-р биол. наук, профессор,
Ю. В. Ткаченко,
А. С. Карамов
г. Краснодар, Россия

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АМИЛОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА СОРТОВ РИСА, ВЫРАЩЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Районированные в Краснодарском крае сорта риса интенсивного типа характеризуются высокой отзывчивостью на минеральное питание, но по-разному реагируют на внесение удобрений. Для амилографических характеристик крахмальной дисперсии зерна сортов риса были отмечены значительные различия по всем параметрам вязкости между сортами, выращенными в различных районах. У сорта Велес наблюдалась средняя вариация по показателям «вязкость в конце периода охлаждения» и «градиент вязкости» (15,41 и 23,18 % соответственно), у сорта Альянс – по показателю «градиент вязкости» (15,88 %). Наибольшей стабильностью по амилографическим характеристикам крахмальной дисперсии зерна сортов риса, выращенных в Абинском районе в зависимости от различных доз азота, обладал сорт стандарт Рапан. Среди сортов, выращенных в пос. Белозерном, большей стабильностью отличался сорт Наутилус. Не отмечено однозначного влияния азотных удобрений на амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов Рапан, Альянс, Велес, Водопад, Наутилус, Рапан 2, выращенных в Абинском районе и пос. Белозерном Краснодарского края.

Ключевые слова: рис, качество зерна, физико-химические признаки, максимальная вязкость, азотные удобрения, температура клейстеризации

VARIABILITY OF GRAIN AMYLOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF RICE VARIETIES GROWN WITH DIFFERENT NITROGEN FERTILIZER

Intensive-type rice varieties released in Krasnodar region are highly responsive to mineral nutrition, but react differently to fertilizer application due to their response to the level of mineral nutrition. Significant differences in all viscosity parameters between varieties grown in different regions were noted for the amylographic characteristics of grain starch dispersion of rice varieties. The variety Veles showed an average variation in terms of “viscosity at the end of the cooling period” and “viscosity gradient” (15.41 and 23.18 %, respectively), variety Alliance – in terms of “viscosity gradient” (15.88 %). The highest stability according to the amylographic characteristics of grain starch dispersion of grains of rice varieties grown in the Abinsky district, depending on various doses of nitrogen, was distinguished in the standard variety Rapan. Among the varieties grown in Belozerny, the most stable was the variety Nautilus. There is no unambiguous effect of nitrogen fertilizers on the amylographic characteristics of grain starch dispersion of varieties Rapan, Alliance, Veles, Vodopad, Nautilus, Rapan 2 grown in the Abinsky district and Belozerny, Krasnodar region.

Key words: rice, grain quality, physical and chemical traits, maximum viscosity, nitrogen, gelatinization temperature.

Введение

Современные достижения в рисосеянии обусловлены созданием и внедрением новых высокоурожайных сортов с повышенными технологическими признаками и ценными потребительскими достоинствами. Зерно риса – основной продукта питания 2,5 млрд. человек в Азии и сотен миллионов людей на остальных континентах. Благосостояние и здоровье 75 % населения 21 страны, где проживают свыше половины человечества, полностью зависит от наличия зерна риса [2].

Одним из факторов получения высоких урожаев риса является обеспечение сбалансированного минерального питания растений. Районированные в Краснодарском крае сорта риса интенсивного типа характеризуются высокой отзывчивостью на азотные удобрения, но по-разному реагируют на

внесение удобрений, что обусловлено их реакцией на уровень минерального питания [1, 3].

Амилографические характеристики крахмала зерна включают признаки вязкости крахмальной дисперсии, которые регистрируются при нагреве (повышении температуры) и охлаждении дисперсии. При набухании, увеличении зерен в размерах, в условиях повышения температуры выше 30 °С микроструктура крахмала начинает нарушаться в связи с частичным разрывом водородных связей. При нагревании до 50 °С (первый этап) крахмальные зерна обратимо набухают. При дальнейшем повышении температуры (второй этап) крахмальные зерна интенсивно необратимо набухают, увеличивается вязкость суспензии, крахмал незначительно клейстеризуется, низкомолекулярная фракция амилозы переходит в раствор, большая часть крахмальных зерен те-

ряет первоначальную структуру. При повышении температуры суспензии до 98 °С (третий этап) происходит полное растворение амилозы, разрушение всех крахмальных зерен и переход полисахаридов, сопровождающийся деструкцией кристаллической части зерен, в раствор с образованием клейстера. Высокая температура созревания увеличивала максимальную вязкость и вязкость в конце периода охлаждения [8]. При охлаждении дисперсии могут возникнуть новые кристаллические структуры.

В структуру крахмальных зерен при созревании включаются фосфаты, липиды, азотсодержащие вещества. Если связанные фосфаты повышают вязкость клейстеров, то липиды снижают растворимость крахмала зерна, а амилозо-липидные комплексы понижают способность к набуханию у этих зерен. Реологические свойства и термодинамические характеристики при этом зависят в значительной степени от типа их кристаллической структуры и от степени кристалличности зёрен. В зернах крахмала содержится значительная массовая доля азотистых веществ, в том числе протеинов и пептидов, амиды, аминокислоты, ферменты, нуклеиновые кислоты, которые тоже способствуют уменьшению вязкости крахмальных дисперсий, обусловленному их взаимодействием с полисахаридами и уменьшения степени набухания крахмальных зерен при снижении гидратации [10].

Результаты исследований по амилографическим характеристикам крахмальной дисперсии зерна показали, что сорта риса с низким содержанием амилозы (0,41 % амилозы и 7,04 % белка) демонстрируют один плавный переход во время клейстеризации. Крахмальные дисперсии сортов риса с более высоким содержанием амилозы (10,6 – 24,9 %) подвергались многократным фазовым переходам и изменению скорости при наступлении максимальной вязкости. Нарушение дисульфидных связей с использованием дитиотреитола (ДТТ) привело к снижению скорости первой стадии клейстеризации. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что амилопектин и белок оказывают влияние на амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов риса [11].

Применение азотных удобрений обеспечивает прибавку урожая риса до 80 %, а также увеличивает качество зерна [4, 12]. В результате внесения удобрения с дозой азота 120 кг/га урожайность риса значительно возрастает [13]. Оценка по признакам качества зерна риса включает определение физико-химических характеристик. Биохимический состав и физико-химические свойства изменяются под влиянием многих факторов, в том числе от недостаточного минерального питания, в частности азотного.

В исследованиях индийских ученых из Guru Nanak Dev University было оценено влияние различного

уровня азотных удобрений (60, 120 и 180 кг/га д.в.) на характеристики запасного крахмала. Внесение повышенных доз таких удобрений увеличивало клейкость крупы риса при варке. При N_{60} показатели максимальной вязкости были ниже [5]. Чжоу и др. обнаружили, что повышенные дозы азота увеличивают температуру клейстеризации и время наступления максимальной вязкости [7]. Као и др. также сообщили, что применение повышенных доз азотных удобрений увеличило время наступления максимальной вязкости, что отразилось на качестве приготовления риса [6]. То, что температура клейстеризации рисового крахмала и время наступления максимальной вязкости увеличиваются при высоких дозах азотных удобрений, может быть связано с возрастанием длинных цепей амилопектина, которым требуется больше воды и времени для варки [9].

В ФГБНУ «ФНЦ риса» с конца 1970-х годов проводились исследования взаимосвязи водно-физических свойств, амилографических характеристик и некоторых кулинарных качеств у различных сортов риса. Была установлена прямая корреляция между гидрофильными свойствами зерна риса и максимальной вязкостью, снижением вязкости, градиентом вязкости. С температурой и продолжительностью клейстеризации они же проявляют неустойчивую обратную связь. Сортообразцы, сорта, имеют значительные отличия по показателям температуры максимальной вязкости крахмала и градиента вязкости. Обнаружена отрицательная корреляционная связь между содержанием амилозы и градиентом вязкости.

Цель исследований

Изучить вариабельность амилографических характеристик крахмальной дисперсии зерна сортов риса, выращенных в различных районах Краснодарского края, в зависимости от доз азотных удобрений.

Материалы и методы

Материалом исследования служили сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» (ВНИИ риса, Краснодар): Альянс, Велес, Водопад, Наутилус и Рапан 2. В качестве стандарта использовали сорт Рапан. Сорта риса были выращены на госсортоучастке Абинского района Краснодарского края при различных дозах азота (N_{60} и N_{120}) и на ОПУ ФНЦ риса в пос. Белозерный в экологическом сортоиспытании при дозах азота N_{92} и N_{138} .

Для оценки сортов по основным параметрам вязкости крахмальной дисперсии использовали микровискоамилограф Brabender.

Результаты и обсуждение

С помощью микровискоамилографа определяли амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов риса. Результаты исследования сорта стандарта Рапан представлены в таблице 1.

Таблица 1. Амилографические характеристики сорта стандарта Рапан, урожай 2018 гг.

	Доза азота, кг/га д.в.	Абинский р-н		пос. Белозерный	
		60	120	92	138
	Максимальная вязкость, Ед. Бр.	429	430	497	508
	Вязкость в конце периода охлаждения, Ед. Бр.	741	742	816	862
	Градиент вязкости, Ед. Бр.	331	331	367	389
	HCP ₀₅	8	8	12	11

Амилографические характеристики сорта стандарта Рапан почти не отличались в зависимости от дозы удобрений, и значительно – в зависимости от района выращивания. Минимальные показатели по признакам «максимальная вязкость», «вязкость в конце периода охлаждения» и «градиент вязкости»

были отмечены у сорта Рапан при дозе азота N₆₀ (Абинский район) – 429, 741 и 331 Ед. Бр. соответственно; максимальные при N₁₃₈ (пос. Белозерный) – 508, 862 и 389 Ед. Бр. соответственно.

Амилографические характеристики сорта Альянс представлены в таблице 2.

Таблица 2. Амилографические характеристики сорта Альянс, урожай 2018 гг.

	Доза азота, кг/га д.в.	Абинский р-н		пос. Белозерный	
		60	120	92	138
	Максимальная вязкость, Ед. Бр.	395	369	479	497
	Вязкость в конце периода охлаждения, Ед. Бр.	688	602	741	763
	Градиент вязкости, Ед. Бр.	317	253	314	322
	HCP ₀₅	8	7	10	12

У сорта Альянс, выращенного в Абинском районе, наблюдалось снижение по всем параметрам вязкости, по максимальной вязкости – на 26 Ед. Бр., по вязкости в конце периода охлаждения – на 86 Ед. Бр., по градиенту вязкости – на 64 Ед. Бр. При повышении дозы азота у сорта Альянс, выращенного

в пос. Белозерный, показатели вязкости повысились по всем параметрам на 18, 22 и 8 Ед. Бр. соответственно.

Определяли основные параметры вязкости сорта Велес. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Амилографические характеристики сорта Велес, урожай 2018 гг.

	Доза азота, кг/га д.в.	Абинский р-н		пос. Белозерный	
		60	120	92	138
	Максимальная вязкость, Ед. Бр.	430	379	520	503
	Вязкость в конце периода охлаждения, Ед.Бр.	743	597	847	788
	Градиент вязкости, Ед. Бр.	355	255	392	341
	HCP ₀₅	10	9	11	12

Сорт Велес имел значительные различия по амилографическим характеристикам в зависимости от дозы удобрений и от района выращивания. При выращивании в Абинском районе при повышении дозы

азота наблюдалось значительное снижение по всем параметрам вязкости, по показателю «максимальная вязкость» с 430 до 379 Ед. Бр., по показателю «вязкость в конце периода охлаждения» – с 743 до

597 Ед. Бр., по показателю «градиент вязкости» – с 355 до 255 Ед. Бр. У сорта Велес, выращенного в пос. Белозерном также было отмечено снижение всех амилографических характеристик при повы-

шении дозы азота на 17, 59 и 51 Ед. Бр. соответственно.

В таблице 4 показана динамика по амилографическим характеристикам сорта Наутилус.

Таблица 4. Амилографические характеристики сорта Наутилус, урожай 2018 гг.

	Доза азота, кг/га д.в.	Абинский р-н		пос. Белозерный	
		60	120	92	138
Максимальная вязкость, Ед. Бр.		423	434	504	493
Вязкость в конце периода охлаждения, Ед. Бр.		754	765	782	765
Градиент вязкости, Ед. Бр.		360	372	315	324
НСР ₀₅		10	8	12	12

Оценка сорта Наутилус по параметрам вязкости показала, что повышение дозы азота в Абинском районе привело к незначительному увеличению всех амилографических показателей на 11, 11 и 12 Ед. Бр. соответственно. У сорта Наутилус, выращенного в пос. Белозерном при увеличении дозы азота с N₉₂ до N₁₃₈ показатели «максимальная вязкость» и «вяз-

кость в конце периода охлаждения» снизились с 504 до 493 Ед. Бр. и с 782 до 765 Ед. Бр. соответственно, показатель «градиент вязкости» при этом увеличился с 312 до 324 Ед. Бр.

Амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сорта Рапан 2 представлены в таблице 5.

Таблица 5. Амилографические характеристики сорта Рапан 2, урожай 2018 гг.

	Доза азота, кг/га д.в.	Абинский р-н		пос. Белозерный	
		60	120	92	138
Максимальная вязкость, Ед. Бр.		449	429	514	519
Вязкость в конце периода охлаждения, Ед. Бр.		796	726	877	790
Градиент вязкости, Ед. Бр.		384	328	369	327
НСР ₀₅		9	8	11	10

У сорта Рапан 2, выращенного в Абинском районе при повышении дозы азота с N₆₀ до N₁₂₀, наблюдалось снижение по всем амилографическим характеристикам. Максимальная вязкость снизилась с 449 до 429 Ед. Бр., вязкость в конце периода охлаждения – с 796 до 726 Ед. Бр., градиент вязкости – с 384 до 328 Ед. Бр. При увеличении дозы азота у сорта Рапан 2, выращенного в пос. Белозерном максимальная вязкость увеличилась на 5 Ед. Бр., вязкость в конце периода охлаждения и градиент вязкости снизились на 87 и 42 Ед. Бр. соответственно.

Коэффициент вариации измеряет изменчивость значений признака в относительном выражении по сравнению со средним уровнем, что позволило оценить стабильность сортов при возделывании в различных районах Краснодарского края: Абинском районе и пос. Белозерном (табл. 6).

Вариация является слабой менее 10 %, средней – от 10 до 33,3 %, значительной – более 33,3 %.

Вариация по показателю «максимальная вязкость» в обоих районах выращивания была слабой и составила в Абинском районе от 0,16 % у сорта стандарта Рапан до 8,92 % у сорта Велес, и от 0,68 % у сорта Рапан 2 до 2,61 % у сорта Альянс в пос. Белозерном. По признаку «вязкость в конце периода охлаждения» средняя вариация была выявлена у сорта Велес (15,41 %), выращенного в Абинском районе, у остальных сортов коэффициенты вариации находились в пределах от 0,10 % у сорта стандарта Рапан до 9,43 % у сорта Альянс (вариабельность слабая). Сорта, выращенные в пос. Белозерном, также имели слабую вариацию – от 1,55 % у сорта Наутилус до 7,38 % у сорта Рапан 2. По показателю «градиент вязкости» у сортов риса Альянс и Велес вариация была средней и составила 15,88 и 23,18 % соответственно. У сортов риса, выращенных в пос. Белозерном, коэффициенты вариации находились в пределах от 1,78 % у сорта Альянс до 9,84 % у сорта Велес.

Таблица 6. Средние значения и вариабельность амилографических признаков качества зерна новых сортов риса селекции ФНЦ риса в зависимости от доз азотных удобрений, урожай 2018 г.

Сорт	Максимальная вязкость, Ед. Бр.		Вязкость в конце периода охлаждения, Ед. Бр.		Градиент вязкости, Ед. Бр.	
	Cv	Ср	Cv	Ср	Cv	Ср
Абинский район						
Рапан, st	0,16	429,5	0,10	741,5	0,00	331,0
Альянс	4,81	382	9,43	645,0	15,88	285,0
Велес	8,92	404,5	15,41	671,0	23,18	305,0
Наутилус	1,82	428,5	1,02	759,5	2,32	366,0
Рапан 2	3,22	439,0	6,50	761,0	11,12	356,0
пос. Белозерный						
Рапан, st	1,55	502,5	3,88	839,0	4,12	378,0
Альянс	2,61	488,0	2,07	752,0	1,78	318,0
Велес	2,35	511,5	5,10	817,5	9,84	366,5
Наутилус	1,56	498,5	1,55	773,5	1,99	319,5
Рапан 2	0,68	516,5	7,38	833,5	8,53	348,0

Примечание: Cv – вариабельность, Ср – среднее значение

Выводы

Для амилографических характеристик крахмальной дисперсии зерна сортов риса были отмечены значительные различия по всем параметрам вязкости между сортами, выращенными в различных районах. Вариабельность параметров вязкости сортов риса, выращенных при различных дозах азота, была низкой по показателю «максимальная вязкость» в двух районах выращивания и по показателям «вязкость в конце периода охлаждения» и «градиент вязкости» у сортов, выращенных в пос. Белозерном. У сорта Велес наблюдалась средняя вариация по показателям «вязкость в конце периода охлаждения» и «градиент вязкости», у сорта Альянс – по показателю «градиент вязкости». Наибольшей стабильностью

по амилографическим характеристикам крахмальной дисперсии зерна сортов риса, выращенных в Абинском районе в зависимости от различных доз азота, отличался сорт стандарт Рапан. Среди сортов, выращенных в пос. Белозерном, в большей степени стабильностью отличался сорт Наутилус. Не отмечено однозначного влияния азотных удобрений на амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов Рапан, Альянс, Велес, Водопад, Наутилус, Рапан 2, выращенных в Абинском районе и пос. Белозерном Краснодарского края.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодёжной политики Краснодарского края. Грант № 19-416-233013 р_мол_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, И. Е. Реакция сортов риса на некорневую подкормку азотом в зависимости от уровня азотного питания / И.Е. Белоусов // Рисоводство. – 2019. – № 2(43). – С. 52 – 56.
2. Достижения и перспективы развития селекции и возделывания риса в странах с умеренным климатом [Текст]: Международная научная конференция: материалы конф. (Краснодар, 26 – 27 ноября 2015 г.) / ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт риса», Сервис виртуальных конференций Рах Grid; сост. Синяев Д. Н. – Казань: ИП Синяев Д. Н., – 2015. – 281 с.
3. Казарцева, А.Т. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна / А.Т. Казарцева. – Майкоп: ГУРИП «Адыгея», 2004. – 160 с.
4. Кумейко, Т.Б. Влияние азотных удобрений на технологические признаки качества сортов риса селекции ВНИИ риса, выращенных в Абинском районе Краснодарского края / Т.Б. Кумейко, Н.Г. Туманьян // Рисоводство. – 2019. – №4(45). – С. 95 – 101.
5. Amritpal, Kaur. Effect of different doses of nitrogen on protein profiling, pasting and quality attributes of rice from different cultivars / Kaur Amritpal, Ghuman Atinder, Singh Narpinder, Kaur Seeratpreet [et al] // Journal of Food Science and Technology. – 2016. – v. 53, – P. 2452 – 2462.
6. Cao, X.M. Effects of late-stage nitrogen fertilizer application on the starch structure and cooking quality of rice / X. M. Cao, H. Y. Sun, C. G. Wang [et al] // J. Sci. Food Agric. – 2017, 98. – P. 2332 – 2340.
7. Chanchan, Zhou. Effects of Cultivar, Nitrogen Rate, and Planting Density on Rice-Grain Quality / Zhou Chanchan, Yuancai Huang1, Baoyan Jia, Yan Wang [at al] // Agronomy. – 2018, № 8(11). – P. 246; <https://doi.org/10.3390/agronomy8110246>.
8. Chun, Areum. Effects of Ripening Temperature on Starch Structure and Gelatinization, Pasting, and Cooking Properties in Rice (*Oryza sativa*) / Areum Chun, Lee Ho-Jin, Hamaker Bruce R. // Agric. Food Chem. 2015, – 63. – 12, P. 3085 – 3093.

9. Dou, Z. Application of nitrogen fertilizer at heading stage improves rice quality under elevated temperature during grain-filling stage / Z. Dou, S. Tang, G. H. Li [et al] // *Crop Sc.* – 2017, 57, – 2183 – 2192.
10. Martin, D. J. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. Pages 180 – 182 in: *Cereals International* / D. J. Martin, C. W. Wrigley // *Aust. Chem. Inst.: Melbourne. Bourne, M. C.* – 1982. – P. 180 – 182.
11. Pasting Process in Rice Flour Using Rapid Visco Analyser Curves and First Derivatives Frederick Meadows First published: 15 July 2002.
12. Praksh, Y. S. Relative efficacy of organic manure Amitava R. in improving milling and cooring quality of rice / Y. S. Praksh, P. B. S. Bhadoria, R. Amitava, A. Rakshit // *Rice Res.* – V. 27, Iss., 1. – P. 43 – 44.
13. Wopereis-Pura, M. M. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valle / M. M. Wopereis-Pura, H. Watanabe, J. Moreira, M. C. S. Wopereis // *European Journal of Agronomy.* – V. 17, Iss. 3, 2002. – P. 191 – 198.

REFERENCES

1. Belousov, I. E. Reaction of rice varieties on nitrogen foliar dressing depending on the level of nitrogen nutrition / I. E. Belousov // *Rice Growing.* – 2019. – № 43(2). – P. 52 – 56.
2. Achievements and prospects of rice breeding and cultivation in temperate countries: Conference Proceedings International conference (Krasnodar, 26 – 27 November 2015) / Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Rice Research Institute», Pax Grid Virtual Conference Service. – Kazan: 2015. – 281 p.
3. Kazarceva, A. T. Ecological, genetic and agrochemical basis for improving the quality of grain / A. T. Kazarceva. – Maykop: GURIP «Adygea», 2004. – 160 p.
4. Kumeiko, T. B. Impact of nitrogen fertilizers on technological quality traits of rice varieties of ARRI breeding grown in Abinskiy district, Krasnodar region / T. B. Kumeiko, N. G. Tumanyan // *Rice Growing.* – 2019. – № 45(5). – P. 95 – 101.
5. Amritpal, Kaur. Effect of different doses of nitrogen on protein profiling, pasting and quality attributes of rice from different cultivars / Kaur Amritpal, Ghuman Atinder, Singh Narpinder, Kaur Seeratpreet [et al] // *Journal of Food Science and Technology.* – 2016. – V. 53, – P. 2452 – 2462.
6. Cao, X.M. Effects of late-stage nitrogen fertilizer application on the starch structure and cooking quality of rice / X. M. Cao, H. Y. Sun, C. G. Wang [et al] // *J. Sci. Food Agric.* – 2017, 98. – P. 2332 – 2340.
7. Chanchan, Zhou. Effects of Cultivar, Nitrogen Rate, and Planting Density on Rice-Grain Quality / Zhou Chanchan, Yuancai Huang1, Baoyan Jia, Yan Wang [at al] // *Agronomy.* – 2018, № 8(11). – P. 246; <https://doi.org/10.3390/agronomy8110246>.
8. Chun, Areum. Effects of Ripening Temperature on Starch Structure and Gelatinization, Pasting, and Cooking Properties in Rice (*Oryza sativa*) / Areum Chun, Lee Ho-Jin, Hamaker Bruce R. // *Agric. Food Chem.* – 2015, 63. – 12, P. 3085 – 3093.
9. Dou, Z. Application of nitrogen fertilizer at heading stage improves rice quality under elevated temperature during grain-filling stage / Z. Dou, S. Tang, G. H. Li, [et al] // *Crop Sc.* – 2017, 57. – P. 2183 – 2192.
10. Martin, D. J. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. Pages 180 – 182 in: *Cereals International* / D. J. Martin, C. W. Wrigley // *Aust. Chem. Inst.: Melbourne. Bourne, M. C.* – 1982. – P. 180 – 182.
11. Pasting Process in Rice Flour Using Rapid Visco Analyser Curves and First Derivatives Frederick Meadows First published: 15 July 2002.
12. Praksh, Y. S. Relative efficacy of organic manure Amitava R. in improving milling and cooring quality of rice / Y. S. Praksh, P. B. S. Bhadoria, R. Amitava, A. Rakshit // *Rice Res.* – Vol. 27, Iss. 1. – P. 43 – 44.
13. Wopereis-Pura, M.M. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valle / M. M. Wopereis-Pura, H. Watanabe, J. Moreira, M. C. S. Wopereis // *European Journal of Agronomy.* – Vol. 17, Iss. 3. 2002, – P. 191 – 198.

Элина Юрьевна Папулова

Ст. науч. сотр. лаборатории качества риса,
E-mail: elya888.85@mail.ru

Elina Yurievna Papulova

Senior scientist of laboratory of rice quality,
E-mail: elya888.85@mail.ru

Татьяна Борисовна Кумейко

Ст. науч. сотр. лаборатории качества риса,
E-mail: tatkumejko@yandex.ru

Tatyana Borisovna Kumeiko

Senior scientist of laboratory of rice quality,
E-mail: tatkumejko@yandex.ru

Наталья Георгиевна Туманьян

Зав. лаб. качества риса
E-mail: tngerag@yandex.ru

Natalia Georgievna Tumanyan

Head of laboratory of rice quality
E-mail: tngerag@yandex.ru

Юлия Владимировна Ткаченко

Мл. науч. сотр. отдела селекции
E-mail: ylen-ka01@mail.ru

Yulia Vladimirovna Tkachenko

Junior scientist of breeding department
E-mail: ylen-ka01@mail.ru

Альберт Славич Карамов

Соискатель лаборатории качества риса,
E-mail: karamov_1986@inbox.ru

Все: ФГБНУ «ВНИИ риса»

350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

E-mail: arri_kub@mail.ru

Albert Slavich Karamov

Applicant of laboratory of rice quality
E-mail: karamov_1986@inbox.ru

All: FSBSI «ARRRI»

3, Belozerniy, Krasnodar, 350921, Russia

E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-44-53
УДК 631.841.7

А. Х. Шеуджен, д-р биол. наук, академик РАН,
Т. Н. Бондарева, канд. с.-х. наук,
П. Н. Хачмамук, канд. с.-х. наук,
Н. С. Галай,
М. А. Перепелин, аспирант
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НА ПОСЕВАХ РИСА МОДИФИЦИРОВАННОГО КАРБАМИДА (®UTEС)

Представлены результаты изучения эффективности применения на посевах риса карбамида ® UTEC модифицированного ингибитором уреазы NBPT (N-(N-бутил) тиофосфорный триамид) на рост, развитие растений и продуктивность агроценоза. Экспериментально доказано, что ингибитор уреазы NBPT не оказывает негативного воздействия на рост и развитие растений риса. Напротив, отмечено благоприятное его воздействие на эти процессы, обусловленное более высокой обеспеченностью агроценоза азотом. При внесении карбамида UTEC полной нормой (300 кг/га ф.м.) до посева риса достоверного роста урожайности не выявлено (+2,6 %). При всех других схемах его применения (дробно в два и три приема) урожайность риса была выше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида на 0,48 – 0,63 т/га или 6,6 – 8,7 %. При этом существенных различий между ними не отмечено, но наибольшая прибавка урожая получена при внесении карбамида UTEC за два приема (до посева и кущение; фаза всходы и кущение). Из карбамида при трехкратном его внесении растениями риса используется 36,8 % внесенного азота, а из карбамида UTEC, в зависимости от схемы применения, – 38,4 – 45,7 %, т. е. на 1,6 – 8,9 % больше. При традиционной схеме применения карбамида на каждый 1 кг действующего вещества внесенных удобрений формируется 11,29 кг зерна, при внесении карбамида UTEC полной нормой до посева – 12,23 кг, в два приема – 14,31 – 14,41 кг, три приема – 13,66 – 13,76 кг.

Ключевые слова: рис, карбамид UTEC, ингибитор уреазы, урожайность, использование азота из удобрения, агрономическая эффективность применения удобрений.

EFFICIENCY OF USING MODIFIED CARBAMIDE (®UTEС) ON RICE CROPS

The article presents results of studying efficiency of applying on rice crops carbamide ® UTEC modified with urease inhibitor NBPT (N-(N-butyl) thiophosphoric triamide) on growth and development of plants and productivity of agrocenosis. It has been experimentally proved that the urease inhibitor NBPT does not adversely affect the growth and development of rice plants. On the contrary, its beneficial effect on these processes was noted, due to a higher nitrogen supply to the agrocenosis. When UTEC carbamide was applied at the full rate (300 kg/ha f.m.) before rice sowing, no significant increase in yield was detected (+ 2.6 %). With all other schemes of its application (fractional in two and three doses), the rice yield was higher than with the traditional scheme of using ordinary carbamide by 0.48 – 0.63 t/ha or 6.6 – 8.7 %. At the same time, there were no significant differences between them, but the highest yield increase was obtained with the introduction of UTEC carbamide in two doses (before sowing and tillering; seedling and tillering phase). From the carbamide, when it is applied three times 36.8 % of the introduced nitrogen is used by rice plants, and from UTEC, depending on the application, 38.4 – 45.7 %, i.e., 1.6 – 8.9 % more. In the traditional carbamide application scheme, 11.29 kg of grain is formed for every 1 kg of active substance of the fertilizer applied, when UTEC is applied as a full rate before sowing, it is 12.23 kg, in two doses – 14.31 – 14.41 kg, three doses – 13.66 – 13.76 kg.

Key words: rice, UTEC carbamide, urease inhibitor, yield, use of nitrogen from the fertilizer, agronomic efficiency from use of fertilizers.

Введение

Увеличение производства высококачественных продуктов питания – важнейшая задача сельскохозяйственного производства. Ее решение на современном этапе невозможно без применения минеральных и органических удобрений, т. к. они позволяют повысить урожайность сельскохозяйственных культур в 2 – 3 раза. Вместе с тем при нарушении технологии применения удобрения появляется опасность для окружающей среды и снижается их эффективность. В рисоводстве основной экологической, агрономической и экономической проблемой являются

большие потери элементов питания из удобрений за счет вымывания в грунтовые воды и отчуждения со сбросными водами, или перехода в недоступную для растений форму. Наибольшего внимания требуют азотные удобрения, т. к. непродуктивные потери азота составляют более 60 %, в т. ч. за счет улетучивания – порядка 15 – 20 %.

В настоящее время для сокращения потерь элементов питания азотные удобрения вносят дробно – до посева, подкормка в фазе всходов и кущения растений риса. Это вызывает повышение затрат на оптимизацию минерального питания растений, ко-

торые уже сейчас превышают 20 % от общих затрат на выращивание риса и постоянно увеличиваются. На рынке азотных удобрений появляются модифицированные их формы. Наибольший интерес для рисоводства представляет карбамид UTEC, в состав которого в процессе производства (наносится на поверхность гранулы) вводится ингибитор уреазы NBPT. Принцип действия NBPT состоит в блокировании уреазы в зоне контакта гранулы удобрения с почвенным раствором. Под воздействием фермента, выделяемого уреабактериями и корнями растений, молекула мочевины превращается в гидрокарбонат аммония – нестабильное соединение, распадающееся с образованием свободного аммиака, который растворяется в атмосфере. Исследователями установлено, что этот ингибитор задерживает разложение мочевины на 8 – 15 дней [1]. За этот период на рисовые чеки будет подана вода и карбамид «промоется» в более глубокие слои почвы, что и убережет его от непродуктивных потерь азота. Карбамид UTEC можно вносить на поверхность почвы без необходимости заделки. При внесении его в корневую подкормку, ингибитор уреазы обеспечивает постепенный переход амидного азота в доступную растению форму, т. е. пролонгирует действие карбамида. Актуальность исследований обусловлена необходимостью повышения агрономической и экономической эффективности применяемых в рисоводстве удобрений.

Цель исследований

Разработать схемы применения модифицированного карбамида в системе удобрения риса, обеспечивающие повышение эффективности используемых удобрений и снижение затрат на оптимизацию минерального питания растений риса.

Материал и методы

Полевые исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками на рисовой оросительной системе ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А. И. Майстренко Красноармейского района Краснодарского края. Территория хозяйства относится к Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края.

Изучение влияния карбамида модифицированного ингибитором уреазы NBPT – N-(N-бутил) тиофосфорный триамид (коммерческое название UTEC будем использовать для обозначения удобрения) на рост и развитие растений, содержание в них азота, фосфора и калия и урожайность риса проведено в полевом опыте, включающем 8 вариантов их применения: 1. Без удобрений; 2. До посева N₅₅ (120 кг/га) + всходы N₄₆ (100 кг/га) + кушение N₃₇ (80 кг/га) (традиционная технология); 3. До посева N₁₃₈ (300 кг/га); 4. До посева UTEC N₁₃₈ (300 кг/га); 5. Всходы карбамид N69 (150 кг/га) + кушение карбамид N₆₉ (150 кг/га); 6. Всходы UTEC N₆₉ (150 кг/га) + кушение UTEC N₆₉ (150 кг/га); 7. До посева UTEC N₆₉ (150 кг/га) + всходы UTEC N₆₉ (150 кг/га); 8. До посева UTEC N₅₅ (120 кг/га) + всходы UTEC N₄₆ (100 кг/га) +

кушение N₃₇ (80 кг/га); 9. До посева UTEC N₅₅ (120 кг/га) + всходы UTEC N₄₆ (100 кг/га) + кушение UTEC N₃₇ (80 кг/га). Контроль – агроценоз без удобрений и с традиционной схемой применения азотного удобрения (обычный карбамид): до посева и подкормки в фазе всходы и кушение растений риса.

Площадь делянок 810 м²; повторность 4-кратная; размещение вариантов рендомизированное; сорт Рапан; предшественник – рис; норма высева 7 млн. всхожих семян на 1 га; режим орошения – укороченное затопление. Агротехника выращивания риса – рекомендованная ВНИИ риса для данной зоны.

По фазам вегетации риса на всех делянках опыта проводился отбор растений для определения параметров их роста и развития, а также через неделю после 1 й (фазе кушения) и 2 й подкормок (выход в трубку) [2]. Уборку урожая осуществляли в фазе полной спелости зерна малогабаритным комбайном. Масса зерна с учетной площади делянки пересчитывалась на стандартную влажность и чистоту [3, 4].

Параметры роста и развития растений учитывались в пробах, отобранных с 0,25 м². Линейные параметры растений определялись путем измерения; сухая масса – взвешиванием после 6 ч высушивания при температуре 105 °C; содержание в растениях азота, фосфора и калия из одной навески по методу Куркаева [5]. Статистическая оценка результатов исследований выполнена с использованием метода дисперсионного анализа [6].

Почва опытного участка – луговая легкогоглинистая. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание общего гумуса 3,0 %, общего азота 0,218 %, подвижных форм фосфора 26,8 – 27,0 мг/кг, обменного калия 291 мг/кг, рН_{вод.} 6,47 – 6,55 ед., рН_{KCl} 5,2 ед.

Погодные условия в годы исследований складывались благоприятно для роста и развития растений риса. Средняя за период вегетации температура воздуха была выше средних многолетних значений и в 2019 г. она была на 1,5 °C ниже, чем в 2018 г. Выявленные закономерности воздействия модифицированного карбамида на рост, развитие и продукционный процесс растений в рисовом агроценозе не различались по годам исследований.

Результаты и обсуждение

Для установления эффективности модифицированного карбамида UTEC проведены наблюдения за ростом и развитием растений риса в агроценозе, накоплением ими азота, фосфора и калия. Они необходимы не только для оценки обеспеченности агроценоза азотом, но и для тестирования влияния ингибитора уреазы NBPT – N-(N-бутил) тиофосфорный триамид на растения, т. к. в литературе имеются сведения о включении этого вещества в метаболизм растений. Artola E. и Cruchaga S. [7, 8] с коллегами установили, что NBPT может поглощаться растениями и изменять некоторые метаболические процессы связанные с ассимиляцией азота. Воздействие

NBPT проявлялось в пожелтении кончиков листьев, вызванное токсичностью мочевины вскоре после применения. Однако это явление было временным. Растения (в опыте использовали растения пшеницы мягкой и гороха) быстро восстанавливались, нарушений в росте не отмечалось.

Сравнение велось с традиционной схемой применения азотных удобрений принятой повсеместно в Краснодарском крае, а именно внесение в три приема обычного карбамида: до посева, в фазе всходы и кущение. Дозы вносимых удобрений во всех вариантах одинаковые – 300 кг в физической массе. В связи с этим все отмеченные различия отнесены на влияние ингибитора уреазы UTEC обусловленные сокращением потерь азота из удобрений. Выявленные за годы исследований закономерности воздействия модифицированного карбамида на рост и развитие растений риса, потребление ими биогенных элементов и урожайность были идентичными, в связи с этим полученные экспериментальные данные не усреднялись, а приводятся за один год.

Прежде всего проанализировали рост растений. В фазе полных всходов (3 листа) существенных различий растений из удобренных агроценозов по высоте не обнаружено (рис. 1). Но все они были выше контрольных растений (без удобрений) на 41,6 – 53,4 %.

В фазе кущения достоверно меньшей высотой (на 2,9 см или 9,0 %), чем растения из варианта с традиционной системой удобрения, отличались растения из агроценоза с внесением карбамида UTEC в фазе всходы и кущение (вар. 6), а в фазе выхода в трубку – при его внесении в два приема: до посева и в фазе кущения (вар. 7) на 4,6 см (7,5 %) и в три приема по схеме $N_{53-46-37}$ (вар. 9) на 7,1 см (11,6 %). Однако в дальнейшем различия растений по высоте сокращались до незначительной величины.

Различия растений по сухой массе были более значительными и наблюдались уже в фазе всходов (рис. 2). Следует отметить, что внесение высоких норм (300 кг/га ф. м.) азота до посева в виде обычного карбамида (вар. 3) негативно отражается на биосинтезе органических соединений, а карбамид UTEC, напротив, стимулирует эти процессы.

В фазе кущения различия по сухой массе растений из удобренных агроценозов не отмечено. Исключение составили варианты с трехкратным внесением карбамида UTEC (вар. 8) и внесением карбамида UTEC до посева и первую подкормку и обычного во вторую. При таких схемах применения удобрения сухая масса растений была на 13,2 % меньше, чем при традиционной с обычным карбамидом.

Начиная с фазы выхода в трубку различия между вариантами, обусловленные воздействием карбамида UTEC, увеличиваются. Проявляется несо-

стоятельность внесения до посева полной нормы азота с обычным карбамидом (вар. 3), т. к. сухая масса растений из этого варианта на 7,0 % меньше, чем при традиционной схеме. Вместе с тем при внесении этой нормы с карбамидом UTEC существенных отличий не выявлено. Растения с наибольшей сухой массой формировались в вариантах с внесением карбамида UTEC в два приема: в фазе всходов и кущения (вар. 6) и до посева и в фазе всходов (вар. 7).

В фазе выметывания растения риса из агроценозов удобренных карбамидом UTEC в фазе всходы и кущение (вар. 6), до посева и в фазе всходы (вар. 7), а также обычным карбамидом в фазе всходы и кущение превышали по этому показателю растения из варианта с трехкратным внесением обычного карбамида (вар. 2) соответственно на 13,6, 11,5 и 12,6 %. Растения из вариантов с другими схемами внесения удобрений не отличались от него.

Несмотря на отмеченные закономерности, в фазе полной спелости только при внесении как обычного, так и UTEC карбамида в два приема (вар. 5 – 7), а также карбамида UTEC полной нормой до посева (вар. 4) сухая масса растений существенно не отличалась от таковой у растений из варианта с трехкратным внесением обычного карбамида (вар. 2). Необходимо подчеркнуть, что сухая масса растений из агроценоза с разовым внесением обычного карбамида была на 20,2 % меньше, чем при дробном его внесении, а UTEC – лишь 6,5 %.

Таким образом, замена обычного карбамида на UTEC позволяет создать условия, способствующие формированию растений с большей сухой массой, что указывает на более интенсивный биосинтез органических соединений.

Наибольшее количество азота, фосфора и калия в растениях риса содержится в фазе всходов. В процессе роста их содержание в вегетативной массе постепенно снижается. До фазы выметывания это связано с интенсивным увеличением массы растений, а в период налива зерновок – с аттракцией элементов в генеративные органы. Применение удобрений не изменяет отмеченной динамики их содержания в растениях, но отражается на количественных показателях этого процесса.

Наиболее значительные различия по содержанию азота отмечены в фазе всходов. Количество этого элемента в растениях из удобренных агроценозов превышало эти показатели у растений неудобренного агроценоза на 0,80 – 1,69 % (таблица). При этом больше, чем в агроценозе с традиционной схемой применения обычного карбамида, азота содержали растения, произрастающие при внесении до посева всей нормы (вар. 3 и 4) и 150 кг/га (N_{69} , вар. 7).

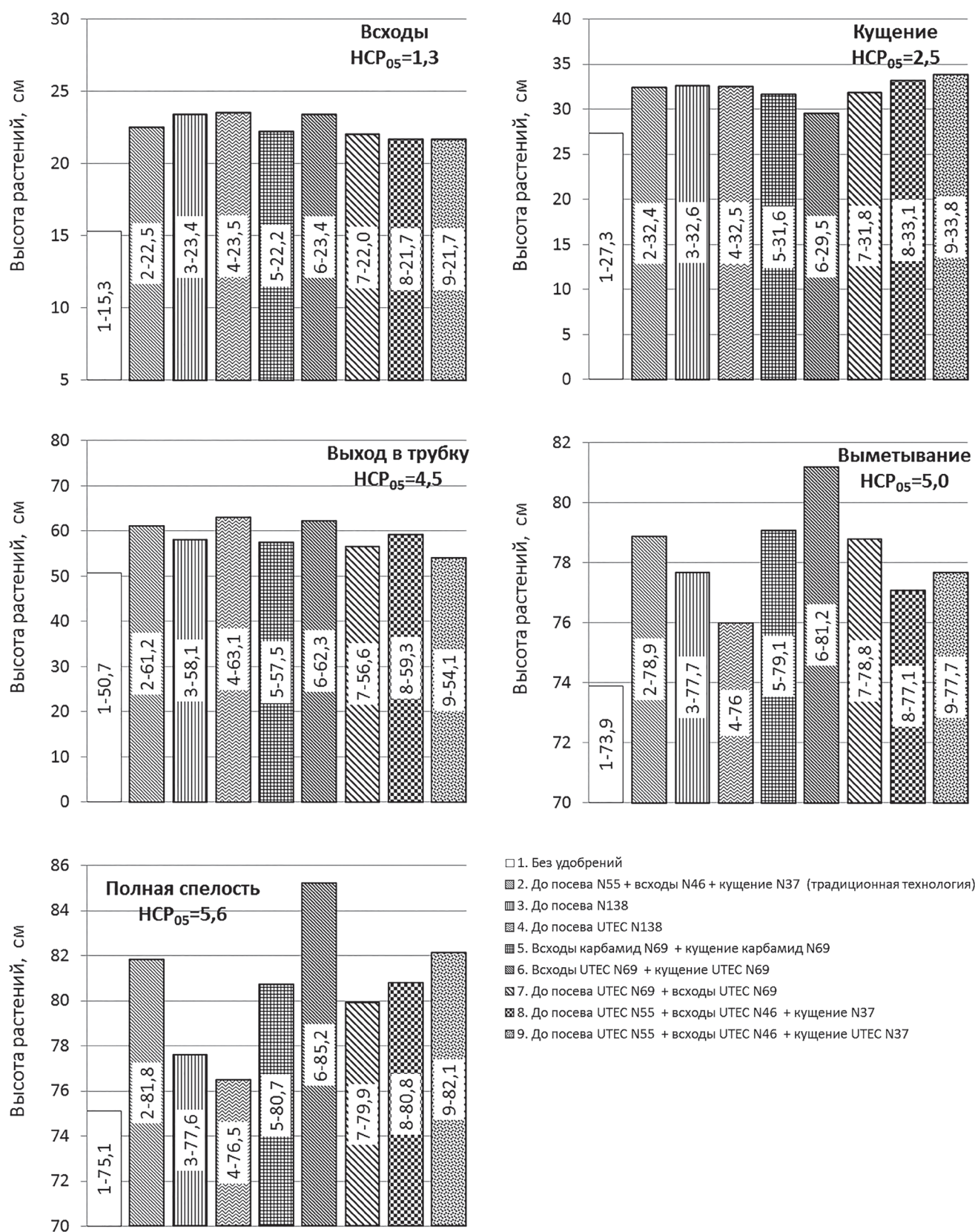


Рисунок 1. Высота растений риса при внесении карбамида UTEC

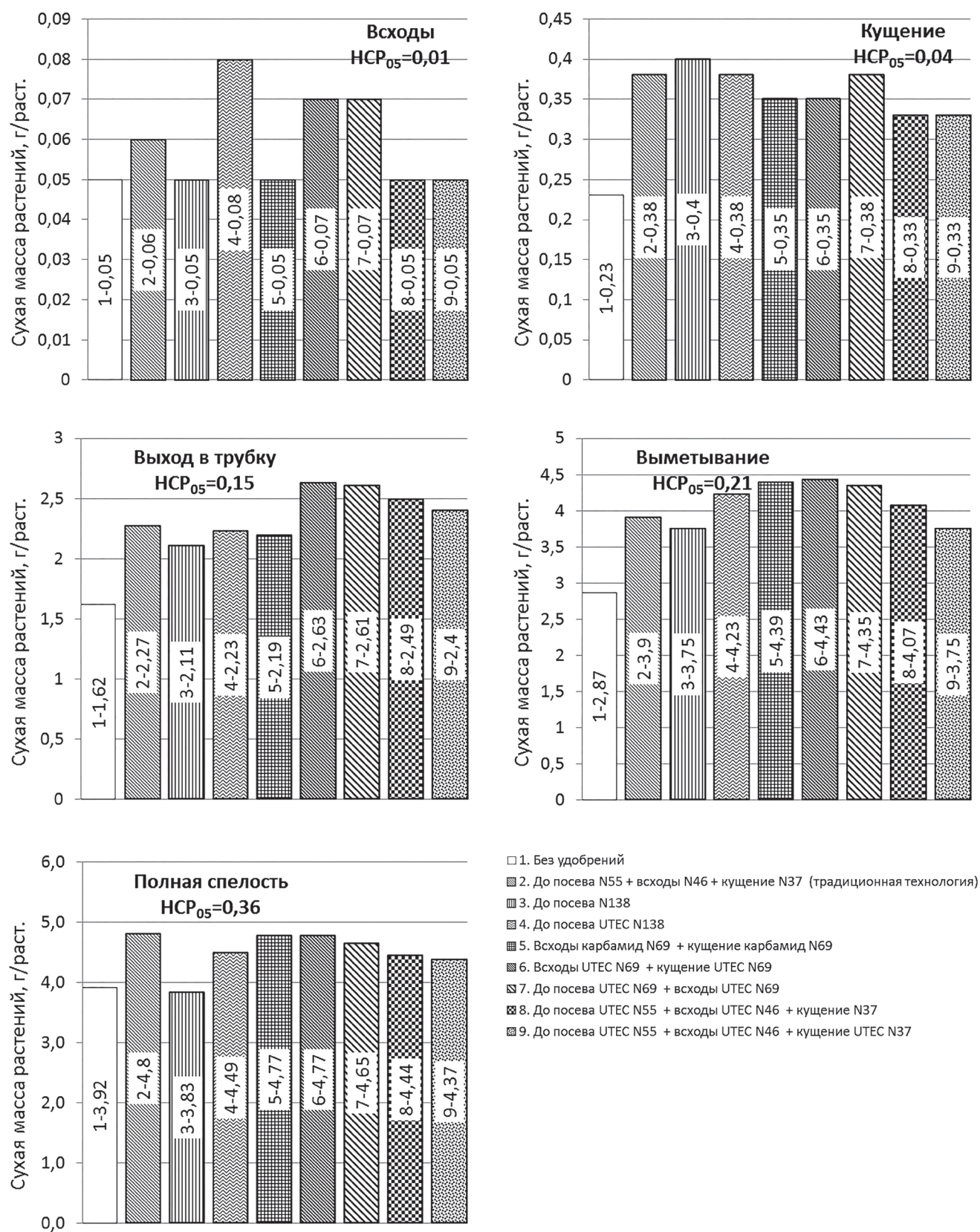


Рисунок 2. Динамика накопления биомассы растениями риса при внесении карбамида UTEC

В фазе кущения растений отмеченные ранее отличия сохраняются, хотя и значительно сокращаются. Это обусловлено действием удобрений внесенных в фазе всходов и кущения и ослаблением влияния внесенных до посева. В фазе выхода в трубку различия растений по содержанию азота сокращаются до незначительных. Исключение составили агроценозы с внесением карбамида UTEC полной нормой до посева (вар. 4) и в три приема (вар. 9). В первом из названных агроценозов азота в растениях содержалось на 0,14 % больше, а во втором – на 0,14 %

меньше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида. Наибольшим содержанием азота в растениях (2,65 %) выделялся вариант с внесением карбамида UTEC до посева и в фазе всходов в равном количестве (вар. 7).

В фазе выметывания достоверных различий растений по содержанию азота в вегетативных органах не выявлено, как и в зерне при созревании. В фазе полной спелости большее содержание азота в вегетативных органах отмечено при внесении карбамида UTEC в два приема (табл. 1).

Таблица 1. Содержание в растениях риса азота, фосфора и калия при внесении карбамида UTEC, % сухой массы

Фаза вегетации \ Вариант			1. Контроль (без удобрений)	2. До посева N ₅₅ (120 кг/га) + всходы N ₄₆ (100 кг/га) + кущение N ₃₇ (80 кг/га) (традиционная технология)	3. До посева N ₁₃₈ (300 кг/га)	4. До посева UTEC N ₁₃₈ (300 кг/га)	5. Всходы карбамид N ₆₉ (150 кг/га) + кущение карбамид N ₆₉ (150 кг/га)	6. Всходы UTEC N ₆₉ (150 кг/га) + кущение UTEC N ₆₉ (150 кг/га)	7. До посева UTEC N ₆₉ (150 кг/га) + всходы UTEC N ₆₉ (150 кг/га)	8. До посева UTEC N ₅₅ (120 кг/га) + всходы UTEC N ₄₆ (100 кг/га) + кущение N ₃₇ (80 кг/га)	9. До посева UTEC N ₅₅ (120 кг/га) + всходы UTEC N ₄₆ (100 кг/га) + кущение UTEC N ₃₇ (80 кг/га)	НСП ₀₅
Фаза вегетации	всходы	N	1,99	3,16	3,58	3,68	2,79	2,95	3,49	3,17	3,06	0,08
		P	0,77	0,88	0,84	0,89	0,74	0,75	0,88	0,86	0,85	0,04
		K	2,69	2,72	2,65	2,63	2,73	2,65	2,65	2,73	2,71	0,04
	кущение	N	1,69	2,69	2,82	2,91	2,43	2,59	3,03	2,63	2,54	0,11
		P	0,58	0,77	0,71	0,88	0,64	0,97	0,86	0,84	0,82	0,05
		K	3,32	3,30	3,31	3,26	3,30	3,32	3,30	3,35	3,29	0,05
	выход в трубку	N	1,50	2,45	2,48	2,59	2,41	2,44	2,65	2,40	2,31	0,07
		P	0,55	0,70	0,63	0,73	0,61	0,88	0,86	0,71	0,70	0,05
		K	2,90	2,94	2,89	2,98	2,92	2,97	2,94	2,95	2,92	0,05
	выметывание	N	1,26	2,15	2,11	2,17	2,12	2,15	2,13	2,14	2,16	0,05
		P	0,46	0,65	0,51	0,66	0,60	0,74	0,79	0,67	0,67	0,05
		K	2,49	2,42	2,44	2,42	2,39	2,44	2,45	2,44	2,44	0,07
	полная спелость листья + стебли	N	0,62	0,68	0,68	0,68	0,70	0,73	0,72	0,71	0,72	0,03
		P	0,26	0,26	0,22	0,27	0,25	0,28	0,28	0,22	0,24	0,05
		K	1,89	1,95	1,93	1,95	1,88	1,97	1,98	1,96	1,94	0,05
	полная спелость зерно	N	0,95	1,21	1,18	1,20	1,21	1,21	1,20	1,21	1,21	0,05
		P	0,53	0,64	0,62	0,62	0,61	0,64	0,66	0,64	0,66	0,04
		K	0,34	0,35	0,34	0,32	0,35	0,34	0,32	0,36	0,36	0,04

Растения из всех агроценозов в равной степени обеспечены фосфором и калием. В связи с этим все выявленные отличия по содержанию этих элементов в растениях обусловлены воздействием азота

на рост и развитие растений, а также интенсивность потребления ими элементов питания.

Начиная с фазы выхода в трубку и до завершения онтогенеза, наибольшее количество фосфора и ка-

лия содержалось в растениях из агроценозов с внесением карбамида UTEC в два приема (вар. 6 и 7). Существенных различий по содержанию этих элементов в зерне риса с растений из разных агроценозов не наблюдалось.

Применение азотного удобрения обеспечивало увеличение урожайности риса на 46,1 – 58,8 %. Замена обычного карбамида модифицированным UTEC сопровождается увеличением в разной степени урожайности риса (рис. 3). При внесении полной нормы до посева достоверного роста урожайности

не выявлено: прибавка составила 0,19 т/га или 2,6 %, что незначительно. При всех других схемах применения карбамида UTEC урожайность была выше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида на 0,48 – 0,63 т/га или 6,6 – 8,7 %. Существенных различий между этими вариантами не отмечено. Однако наибольшая прибавка урожая получена при внесении карбамида UTEC за два приема (вар. 6 и 7). Рост урожайности обусловлен увеличением числа зерен в метелке и массы зерна с растения.

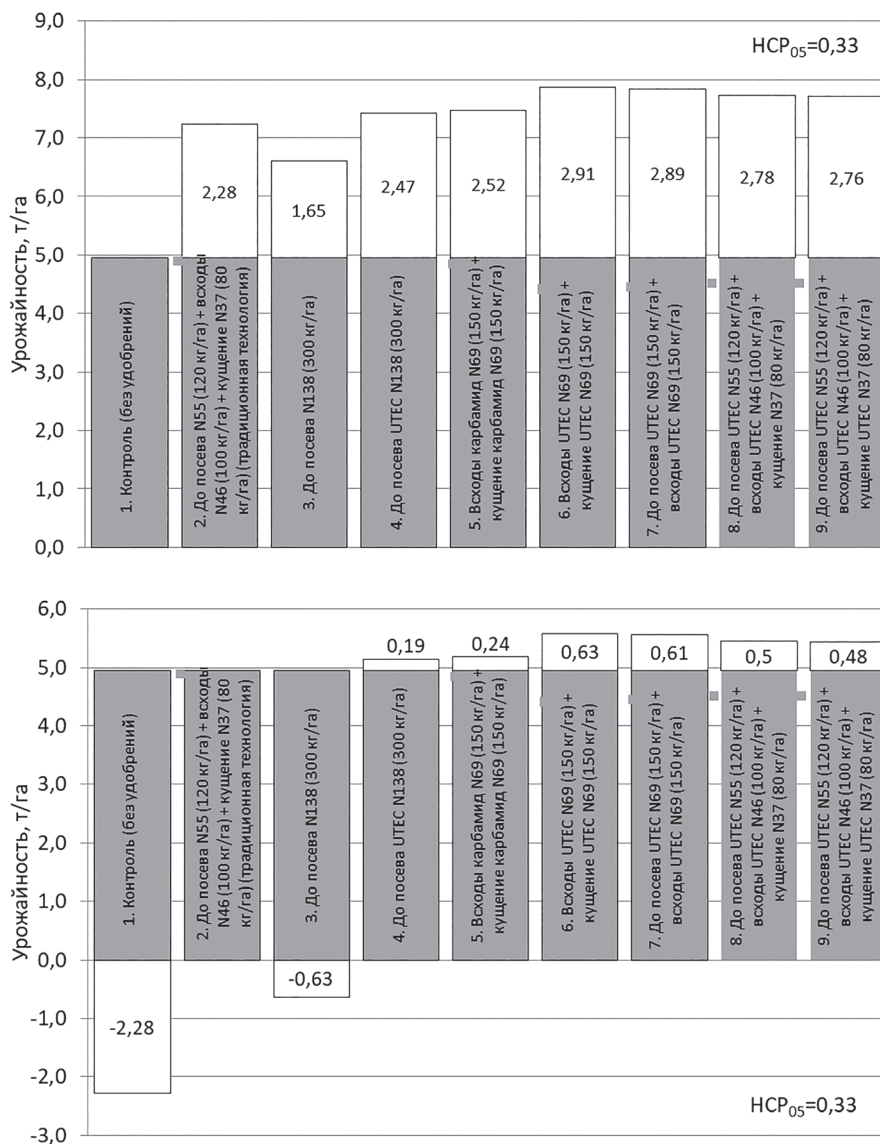


Рисунок 3. Урожайность риса при внесении карбамида UTEC

Модификация карбамида ингибитором уреазы способствует вовлечению в биохимические процессы в растениях большего количества азота удобрений. Из обычного карбамида при трехкратном его внесении растениями риса используется 36,8 % внесенного азота, а из карбамида UTEC в зависимости от

схемы внесения – 38,4 – 45,7 %, что на 1,6 – 8,9 % больше. Это указывает на меньшие потери элемента из корнеобитаемого слоя почвы, а следовательно и снижение негативного воздействия на окружающую среду (рис. 4). Вместе с тем ингибитор уреазы опосредованно оказывал воздействие на эффек-

тивность использования фосфора из одноименного удобрения. При дробном внесении карбамида UTEC коэффициент использования фосфора возрастал по сравнению с дробным внесением обычного карба-

мида на 4,1 – 14,1 %, а при разовом полной нормой до посева – они практически одинаковые. Для сравнения – при разовом внесении обычного карбамида этот коэффициент снижался на 15,1 %.

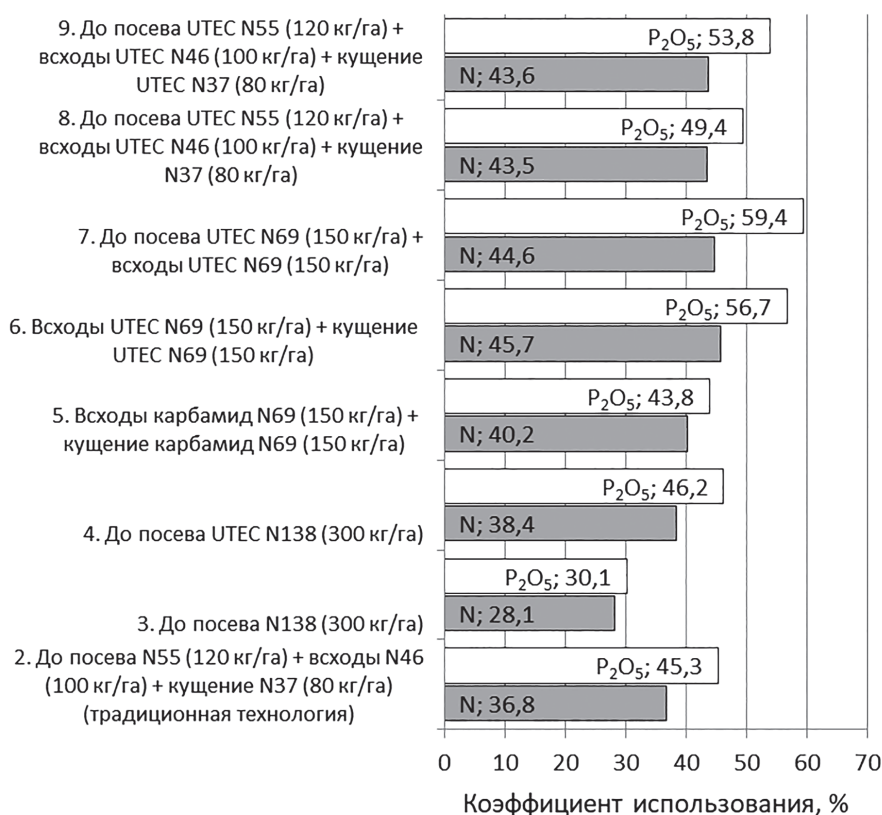


Рисунок 4. Использование элементов питания из удобрений на формирование урожая при внесении карбамида UTEC

Несмотря на более высокую стоимость карбамида UTEC и, следовательно, увеличение затрат на минеральные удобрения его применение экономически выгодно. Это выражается в снижении по сравнению с применением обычного карбамида себестоимости зерна на 24 – 584 руб./т, увеличении чистого дохода – на 1367 – 8702 руб./га, а рентабельности – на 0,4 – 9,8 %. Следует подчеркнуть, что рентабельность производства риса при разовом внесении карбамида UTEC такая же, как при дробном внесении обычного карбамида. Дробное внесение карбамида UTEC, несмотря на более высокие затраты, экономически эффективнее разового.

Выявлена более высокая, чем обычного карбамида, агрономическая эффективность карбамида UTEC. При традиционной схеме применения обычного карбамида на каждый 1 кг действующего вещества удобрений формируется 11,29 кг зерна, при внесении карбамида UTEC полной нормой до посева – 12,23 кг, в два приема – 14,31 – 14,41 кг, три приема – 13,66 – 13,76 кг.

Выводы

Карбамид UTEC – перспективное удобрение для применения на посевах риса. Ингибитор уреазы NBPT (N-(N-бутил) тиофосфорный триамид) не оказывает негативного воздействия на рост и развитие растений риса. Напротив, отмечено благоприятное его воздействие, обусловленное более высокой обеспеченностью агроценоза азотом, на рост, развитие и потребление биогенных элементов растениями риса. Результатом этого влияния явилось формирование растений с большей сухой массой.

В первой половине вегетации растения из агроценозов с внесением карбамида UTEC содержат азот в большем количестве, чем при использовании обычного карбамида. Начиная с фазы выхода в трубку и до завершения онтогенеза, наибольшее количество фосфора и калия содержалось в растениях из агроценозов с внесением карбамида UTEC в два приема. Существенных различий по содержанию этих элементов в зерне риса с растений из разных агроценозов не наблюдалось.

При внесении карбамида UTEC полной нормой до посева достоверного роста урожайности не выявлено (+2,6 %). При всех других схемах его применения урожайность риса была выше, чем при традиционной схеме применения обычного карбамида на 0,48 – 0,63 т/га или 6,6 – 8,7 %. Существенных различий между этими вариантами не отмечено, но наибольшая прибавка урожая получена при внесении карбамида UTEC за два приема.

Из обычного карбамида при трехкратном его внесении растениями риса используется 36,8 % внесенного азота, а из карбамида UTEC, в зависимости от схемы внесения, – 38,4 – 45,7 %, т. е. на 1,6 – 8,9 % больше.

Замена обычного карбамида модифицированным карбамидом UTEC повышает экономическую эффективность рисоводства. Это выражается в снижении по сравнению с применением обычного карбамида себестоимости зерна риса на 24 – 584 руб./т, повышении чистого дохода – на 1367 – 8702 руб./га и рентабельности – на 0,4 – 9,8 %.

Выявлена более высокая, чем для обычного карбамида агрономическая эффективность карбамида UTEC. При традиционной схеме применения обычного карбамида на каждый 1 кг действующего вещества внесенных удобрений формируется 11,29 кг зерна, при внесении карбамида UTEC полной нормой до посева – 12,23 кг, в два приема – 14,31 – 14,41 кг, три приема – 13,66 – 13,76 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко, А. Ю. Ингибитор уреазы (UTEC®) – инновационный продукт для стабилизации азотных удобрений // А. Ю. Величко, К. А. Фанда / В сб.: Наука сегодня: проблемы и перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции: в 2 частях. – Научный центр «Диспут», 2016. – С. 27 – 28.
2. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян: ГОСТ 10842-89. – Введ. 1991-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 5 с.
3. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян: ГОСТ-12037-81. – Введ. 1982-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 20 с.
4. Сметанин, А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар: ВНИИ риса, 1972. – 156 с.
5. Куркаев, В. Т. Агрохимия: учеб. пособие для вузов / В. Т. Куркаев, А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
6. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ. 2015. – 703 с.
7. Artola, E. Effect of N-(N-butyl) thiophosphoric triamide on urea metabolism and the assimilation of ammonium by *Triticum aestivum* L. / E. Artola, S. Cruchaga, I. Ariz, J. F. Moran, M. Garnica, F. Houdusse, et al. // *Plant Growth Regul.* – 2011. – № 63(1). P. 73 – 9. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/s2090-1232\(18\)30063-8/h0285](http://refhub.elsevier.com/s2090-1232(18)30063-8/h0285) (дата обращения: 2.03.2020).
8. Cruchaga, S. Inhibition of endogenous urease activity by NBPT application reveals differential N metabolism responses to ammonium or nitrate nutrition in pea plants: a physiological study / S. Cruchaga, B. Lasa, I. Jauregui, C. González-Murua, P. M. Aparicio-Tejo, I. Ariz // *Plant Soil* 2013. – № 373. – P. 813 – 827. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/s2090-1232\(18\)30063-8/h0290](http://refhub.elsevier.com/s2090-1232(18)30063-8/h0290) (дата обращения: 2.03.2020).

REFERENCES

1. Velichko, A. Yu. Urease inhibitor (UTEC®) – innovative product for stabilizing nitrogen fertilizers // A. Yu. Velichko, K. A. Fanda / In: Science today: problems and development prospects. Materials of the international scientific and practical conference: in 2 parts. Scientific Center «Disput». – 2016. – P. 27 – 28.
2. Grain of cereals and legumes and oilseeds. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds: GOST 10842-89. – Enter. 1991-07-01. – M.: Publishing house of standards, 2009. – 5 p.
3. Seeds of agricultural crops. Methods for determining the purity and waste of seeds: GOST-12037-81. – Enter. 1982-07-01. – M.: Publishing house of standards, 2011. – 20 p.
4. Smetanin, A. P. Methods of experimental work on breeding, seed production, seed studies and seed quality control / A. P. Smetanin, V. A. Dzyuba, A. I. Aprod. – Krasnodar: All-Russian Rice Research Institute, 1972. – 156 p.
5. Kurkaev, V. T. Agricultural chemistry: textbook. manual for universities / V. T. Kurkaev, A. Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygea», 2000. – 552 p.
6. Sheudzhen, A. Kh. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of its results / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva. – Krasnodar: KubSAU, 2015. – 703 p.
7. Artola, E. Effect of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on urea metabolism and the assimilation of ammonium by *Triticum aestivum* L. / E. Artola, S. Cruchaga, I. Ariz, J. F. Moran, M. Garnica, F. Houdusse, et al. // *Plant Growth Regul.* – 2011. – № 63(1). P. 73 – 9. – Access mode: [http://refhub.elsevier.com/s2090-1232\(18\)30063-8/h0285](http://refhub.elsevier.com/s2090-1232(18)30063-8/h0285) (access date: 2.03.2020).
8. Cruchaga, S. Inhibition of endogenous urease activity by NBPT application reveals differential N metabolism responses to ammonium or nitrate nutrition in pea plants: a physiological study / S. Cruchaga, B. Lasa, I. Jauregui, C. González-Murua, P. M. Aparicio-Tejo, I. Ariz // *Plant Soil*. – 2013. – № 373. – P. 813 – 827. – Access mode: [http://refhub.elsevier.com/s2090-1232\(18\)30063-8/h0290](http://refhub.elsevier.com/s2090-1232(18)30063-8/h0290) (access date: 2.03.2020).

Асхад Хазретович Шеуджен

Зав. отделом прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса», зав. кафедрой агрохимии
Кубанского ГАУ
E-mail: a_kh_sheudjen@mail.ru

Askhad Khazretovich Sheudzen

Head of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre,
Head of agrochemistry department, KubSAU
E-mail: a_kh_sheudjen@mail.ru

Татьяна Николаевна Бондарева

Вед. науч. сотр. отдела прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса», доцент кафедры агрохимии
Кубанского ГАУ
E-mail: bondarevatatjva@mail.ru

Tatyana Nikolaevna Bondareva

Leading researcher of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre, associate
professor of agrochemistry department, KubSAU
E-mail: bondarevatatjva@mail.ru

Пшимаф Нурбиевич Хачмамук

Ст. науч. сотр. отдела прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»
E-mail: 89615866919@mail.ru

Pshimaf Nurbievich Khachmamuk

Senior scientist of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre
E-mail: 89615866919@mail.ru

Нелля Сальмановна Галай

Мл. науч. сотр. отдела прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»
E-mail: nellya27@yandex.ru

Nellya Salmanovna Galay

Junior scientist of precise technologies department,
FSBSI Federal Scientific Rice Centre
E-mail: nellya27@yandex.ru

Максим Александрович Перепелин

аспирант Кубанского ГАУ
E-mail: maxim.perepelin@mail.ru

Maksim Aleksandrovich Perepelin

Post-graduate student, KubSAU
E-mail: maxim.perepelin@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

FSBSI Federal Scientific Rice Centre

3, Belozerniy, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-54-64
УДК 633;18.03

Юаньке Лян¹, Ян Су¹, Лин Ли¹, Синь Хуан¹,
Файз Хуссейн Панхвар¹, Тенгда Чжэн¹, Чжичэн Танг¹,
Хла Хла Эй¹, Мухаммед Умер Фарук¹, Руи Цзэн¹,
Юйцзе Чжан¹, Е. Сяоин¹, Сяомэй Цзя¹,
Ланлан Чжэн², Цзяньцин Чжу¹
г. Чэнду, Сычуань, Китай
г. Шиян, Хубэй, Китай

БЫСТРОЕ НАКОПЛЕНИЕ СЕЛЕНА У РИСА, ОБОГАЩЕННОГО СЕЛЕНОМ, И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ

Считается, что дефицит селена (Se) представляет собой глобальную проблему для здоровья человека, что может компенсироваться ежедневным потреблением пищи, обогащенной селеном. Увеличение накопления Se в зерне риса сможет удовлетворить потребность в питательных веществах. Тем не менее, доказано, что Se является важным, но в то же время токсичным элементом для растений, с тонкой гранью между дефицитом и токсичностью. Примечательно, что регуляторный механизм, уравнивающий накопление и толерантность Se в растениях риса, обогащенного селеном, остается неизвестным. В данном исследовании мы изучили фенотипические, физиологические и биохимические изменения риса, обогащенного селеном, при воздействии различных Se-содержащих препаратов. Результаты показали, что рис с высоким содержанием селена способен накапливать большее количество Se из корня в среде с низким содержанием селена по сравнению с рисом не содержащим Se. Кроме того, избыточное количество Se приводило к фитотоксическому действию на растения риса, обогащенного селеном, вызывая хлороз и карликовость, уменьшая содержание антиоксидантов и усиливая окислительные стрессы. Кроме того, переносчик фосфата OsPT2 и переносчики сульфата OsSultr1; 2 могут способствовать поглощению селенита в рисе. Обогащенный селеном красный рис более чувствителен к экзогенному применению Se, наиболее эффективное накопление Se-содержащих препаратов в корнях растений риса, обогащенного селеном, достигнуто при дозировке 20 μM . Наши исследования позволяют оценить токсическое воздействие на рис высокого содержания Se на загрязненном селеном поле. В заключение, некоторые долгосрочные стратегии полевых испытаний предлагается включить в оценку рисков и выгод при применении различных агротехник.

Ключевые слова: селенит натрия, биохимическая активность, физиология, рис, обогащенный селеном.

QUICK SELENIUM ACCUMULATION IN THE SELENIUM-RICH RICE AND ITS PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN CHANGING SELENIUM ENVIRONMENTS

The element selenium (Se) deficiency is thought to be a global human health problem, which could be dispersed by daily-supplement from Se-rich food. Increasing the accumulation of Se in rice grain is an approach matched to these nutrient demands. Nonetheless, Se is shown to be essential but also toxic to plants, with a narrow margin between deficiency and toxicity. Notably, the regulatory mechanism balancing the accumulation and tolerance of Se in Se-rich rice plants remains unknown. In this study, we investigated the phenotypical, physiological, and biochemical alterations of Se-rich rice in the exposure to a variety of Se applications. Results showed that the Se-rich rice was able to accumulate more abundance of Se from the root under a low Se environment comparing to the Se-free rice. Besides, excessive Se led to phytotoxic effects on Se-rich rice plants by inducing chlorosis and dwarfness, decreasing the contents of antioxidant, and exacerbating oxidative stresses. Furthermore, both phosphate transporter OsPT2 and sulfate transporters OsSultr1;2 may contribute to the uptake of selenate in rice. Se-rich red rice is more sensitive to exogenous application of Se, while the most effective application of Se in roots of Se-rich rice was reached in 20 μM . Our findings present a direct way to evaluate the toxic effects of Se-rich rice in the Se contaminated field. Conclusively, some long-term field trial strategies are suggested to be included in the evaluation of risks and benefits within various field managements.

Key words: sodium selenate, biochemical activity, physiology, selenium-rich rice

Введение

Селен (Se) является незаменимым микроэлементом для здоровья людей и животных. Исследования показали, что добавление Se усиливает способность организма инактивировать свободные радикалы, координируя иммунные реакции и задерживая старение иммунной системы [1 – 3]. Se предотвращает

процессы старения и отмирания клеток, препятствуя накоплению пероксидов и удаляя свободные радикалы, тем самым уменьшая или задерживая производство липофусцина [4]. Потребление Se тесно связано с пищевым статусом человека, который показывает, что недостаточное, либо избыточное потребление Se негативно влияет на здоровье человека [5, 6].

Необходимое количество Se для человека крайне низкое, тем не менее, его дефицит считается глобальной проблемой для человеческого здоровья, требующей срочного решения [7].

Ученые считают селен полезным элементом, поскольку он участвует в регулировании роста и развития растений, от регуляции фотосинтеза и дыхания растений, снижения повреждений от свободных радикалов, повышения устойчивости растений к стрессу, до снижения токсичности, вызванной тяжелыми металлами [1, 6]. В то же время он может увеличивать содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях, снижая повреждения, от окислительных стрессов, вызванных ультрафиолетом [8 – 10]. Было продемонстрировано, что селен оказывает благоприятное или токсическое воздействие на рост и развитие растений соответственно при низкой или высокой концентрации. Хотя содержание Se варьирует в зависимости от вида и региона, мониторинг и оптимизация его качества и концентрации является многообещающим способом избежать нежелательного дефицита или избытка [6, 11]. Роль селена в физиологии растений полностью еще не выяснена [12].

Рис (*Oryza sativa* L.), одна из важнейших сельскохозяйственных культур, является основным источником питания для более половины мирового населения и составляет 55 – 80 % от общей калорийности ежедневного рациона, в связи с чем влияние селена на физиологию риса требует своего изучения [13, 14].

Цель исследований

Изучить влияние селенита натрия на рост и физиологию риса.

Результаты и обсуждение

В настоящее время исследования по селенизации риса проводятся в основном по двум темам: первая заключается в повышении содержания Se в рисе путем экзогенного применения селенита натрия, что улучшает физиологию вегетирующего риса; во второй предлагается генерировать богатое Se потомство путем генетической комбинации множества обогащенных Se родительских форм с использованием традиционной селекции [1, 12, 15, 16]. Было определено, что дискриминация генотипов определяет различные проявления поглощения и обогащения риса селеном [17]. Данные молекулярных исследований позволяют предположить, что белок-переносчик кремния (Si) Lsi1 (OsNIP2; 1) проницаем для селенита в рисе [18]. Транспортеры фосфата (Pi), в частности OsPT2, катализируют поглощение селенита, что указывает на сходные механизмы поглощения между селенитом и фосфатом (Pi) [19]. Транспортёр сульфата SULTR1; 2 играет центральную и специфическую роль в регуляции чувствительности к селенату в обоих случаях [12, 20, 21]. Подводя итог, можно сказать, что поглощение селена растениями опосредуется различными переносчиками ионных элементов. Тем не менее, основные механизмы обогащения зерна риса селеном еще не выявлены.

Влияние селената натрия на физиологические показатели вегетирующего риса. В данном исследовании было изучено физиологическое влияние селената натрия на обогащенный селеном гибридный красный рис RZZ 2057A / CR727 и рис CR727 без содержания селена, путем оценки физиологических реакций роста растений при внесении Se в разных концентрациях. Транспортировка Se наблюдалась в обоих вариантах, что указывает на то, что рис с высоким содержанием селена способен легче поглощать и транспортировать Se от корней к листьям. Основные физиологические признаки риса, включая содержание антоцианина и селена в разных частях растения и биохимическую активность, определяли у растений на 2-й и 14-й день после обработки, что дает лучшее понимание реакции растений и их поведения, связанного с обеспеченностью Se. Что касается улучшения физиологического роста растений при применении Se, необходимо определить оптимальный уровень селенита натрия и применять его при внесении удобрений.

Рис, обогащенный селеном, более чувствителен к применению Se-содержащих удобрений, чем рис без содержания селена.

Для выявления физиологических реакций на Se, всходы краснопольного риса, обогащенного селеном Z2057A / CR727 и контроль Se CR727, без содержания селена, подвергали ряду экзогенных обработок Se. Рост корня в обоих вариантах усиливался при дозированном применении и замедлялся при более высокой концентрации Se (80 мкМ) (рис. 1а и б). С повышением дозы Se активизация и ингибирование роста корней происходили у Z2057A / CR727 раньше, чем у CR727, при дозировках 10 мкМ, 20 мкМ, 40 мкМ и 80 мкМ, что указывает на то, что рис с высоким содержанием селена более чувствителен к применению Se, чем его аналог без содержания. Аналогичные реакции были продемонстрированы при наблюдении за длиной листа, даже при том, что общая длина листа у риса, обогащенного селеном, меньше, чем у риса без содержания селена (рис. 1а и с), демонстрируя, что существует подходящая дозировка экзогенного Se, для стимуляции роста определенных сортов риса.

Затем мы исследовали, влияет ли селен на содержание хлорофилла. Результаты показали, что Se увеличивает накопление хлорофилла в зависимости от дозы, что соответствует фенотипам, наблюдаемым при росте корней и листьев (рис. 1d).

Чтобы понять, как вышеуказанные физиологические изменения произошли под воздействием Se, было проанализировано распределение селена в различных органах растений на 14-й день после внесения экзогенного Se. С повышением дозы селена, поглощение Se происходит последовательно в корнях, стеблях, кончиках листьев и главных листьях (табл. 1). Наблюдалось, что содержание Se значительно возрастало с увеличением концентрации селената натрия в разных частях растения. Аналогичная тенденция при накоплении Se в корне

и стебле наблюдалась у риса, обогащенного селеном, и у риса без содержания селена, тогда как тенденция для кончиков листьев и листа целиком различалась. При внесении дозировки в 20 мкМ и 40 мкМ накопление селена было максимальным в стебле,

кончиках листьев и листе целиком, в то время как высокая концентрация 80 мкМ снижала накопление Se. Результаты показали, что рис, обогащенный селеном, более чувствителен к поглощению Se, чем рис без содержания селена.

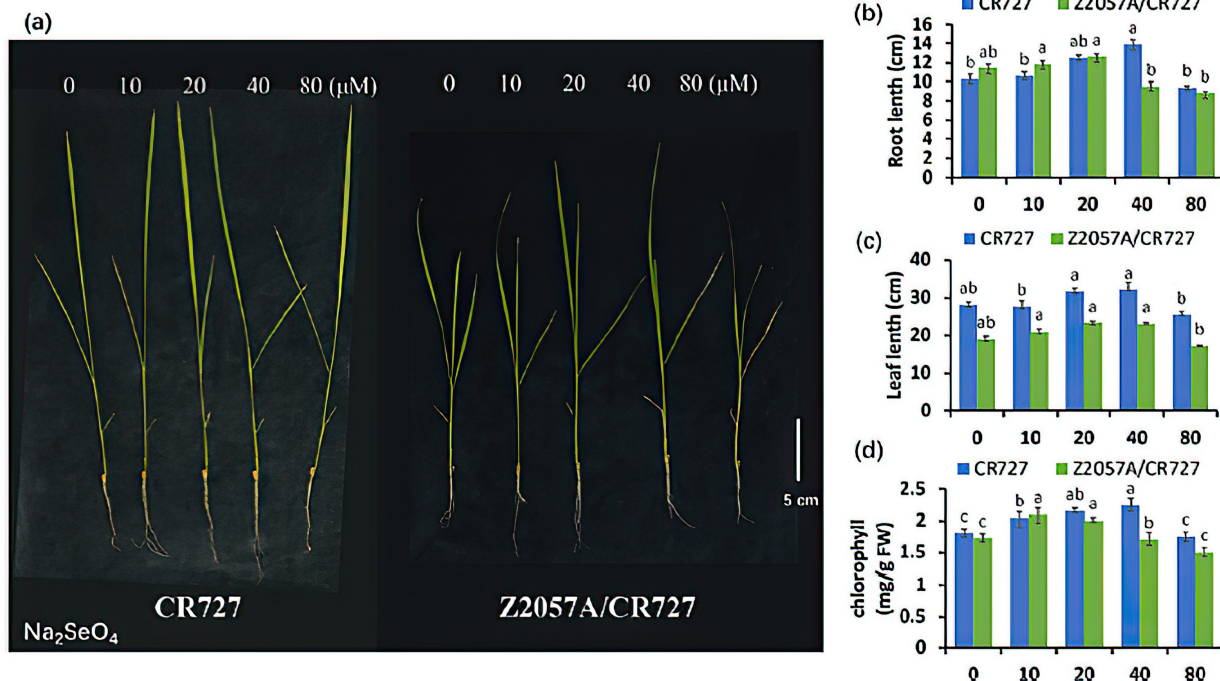


Рисунок 1. Наблюдение за фенотипом проростка (а), длиной корня (b), длиной листа (c), содержанием хлорофилла (d), в присутствии экзогенного Se. Деление = 5 см, данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SE ($n = 10$, a, b; $n = 3$, c). Буквы указывают на существенную разницу ($p < 0,05$)

Таблица 1. Содержание Se в корнях, стеблях, главных листьях и кончиках листьев у риса, обогащенного селеном, и риса не содержащего селен, на 14-й день после обработки

Дозировка селена (Мг/кг)	Корни		Стебель		Листья		Кончики листьев	
	CR727	Z2057A/CR727	CR727	Z2057A/CR727	CR727	Z2057A/CR727	CR727	Z2057A/CR727
0	0.024e	0.068e	0.032e	0.078d	0.036d	0.084e	0.027e	0.077e
10 мкМ	1.243d	1.528d	5.243d	8.528c	4.327c	10.498d	3.253d	7.367d
20 мкМ	2.984c	3.682c	8.984c	12.283b	7.566b	20.363a	4.358c	12.753a
40 мкМ	5.547b	5.893b	10.546b	13.896a	11.383a	18.652b	6.355a	10.692b
80 мкМ	6.582a	7.491a	11.583a	12.493b	11.159a	14.351c	5.850b	9.494c

Примечание: Строчные буквы (a, b, c, d и e) справа от данных указывают на статистическую значимость между различными группами в соответствии с тестом Дункана ($p < 0,05$)

Влияние экзогенного селена на надземную архитектуру растений риса. Чтобы оценить влияние Se на морфологию риса, мы наблюдали реакцию надземной архитектуры растения в ответ на внесение селена в разных концентрациях на 2-й и 14-й день. Независимо от продолжительности обработки и наличия или отсутствия селена, высота растений риса, не содержащего Se, всегда была выше, чем у риса, обогащенного селеном (рис. 2).

Тем не менее, по сравнению с рисом, не содержащим Se, высота растений риса, обогащенного селеном, значительно снижалась при высокой концентрации Se (80 мкМ) как на 2-й, так и на 14-й день, что указывает на то, что рис, обогащенный селеном, быстро реагирует на токсичность экзогенного селена (рис. 2). При кратковременном воздействии Se в разных концентрациях, цвет и внешний вид листьев не меняются (рис. 2a). Напротив, хотя вы-

сота растения все еще увеличивалась, длительное воздействие высокой концентрации Se (80 мкМ) вызывало пожелтение листьев у обоих сортов риса, что соответствует уменьшению хлорофилла (рис.

1д и 2б) , в частности, наблюдалось ускоренное старение листьев риса, обогащенного селеном, демонстрирующее, что поглощение Se может привести к гибели клеток.

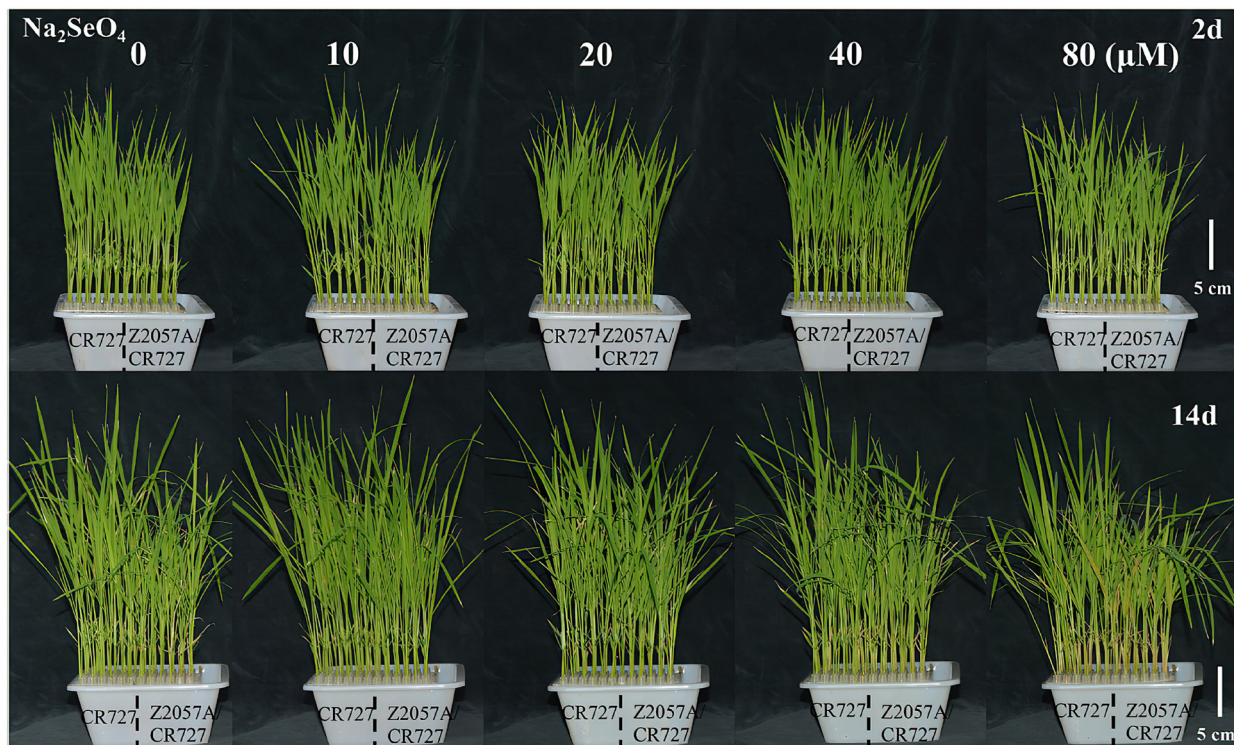


Рисунок 2. Фенотипы надземной архитектуры проростков риса, обогащенного Se, и риса, без содержания Se, в присутствии экзогенного селена на 2-й (а) и 14-й (б) день после обработки. Деление = 5 см

Выработка активных форм кислорода как реакция на применение Se. Считается, что активная форма кислорода (АФК) опосредует первичную реакцию устойчивости растений к токсичности окружающей среды [22 – 24]. Таким образом, мы пришли к выводу, что производство АФК может сигнализировать о реакции растений риса на токсичность Se при длительном воздействии. Поэтому нами была исследована выработка основных АФК, супероксида ($O_2^{\cdot-}$) и пероксида водорода (H_2O_2), как реакция на применение Se, с использованием методов гистохимического окрашивания, окрашивания NBT и окрашивания DAB, соответственно. С увеличением концентрации Se окрашивание NBT и DAB постепенно распространялось на всю листовую пластинку (рис. 3а и б). Следует отметить, что вспышка накопления $O_2^{\cdot-}$ и H_2O_2 в листьях риса, обогащенного селеном, началась с дозировки 40 мкМ Se, у риса, не содержащего селен, это произошло раньше.

Для количественной оценки эндогенного окислительного стресса в сочетании с генерацией АФК измеряли активность супероксиддисмутазы (СОД) и содержание метандикарбоновых альдегидов (МДА) в листьях. Интересно, что рис, обогащенный селеном, имел более высокую активность СОД, чем рис без содержания селена, в отсутствие экзогенного

Se. «Активность СОД возрастала с увеличением Se до порогового значения (80 мкМ), когда он резко падал (рис. 3с), что соответствует дозозависимому способу, представленному на уровне всех проростков (рис. 1 и 2). Как следствие, содержание МДА, индикатора перекисного окисления липидов в клетках растения [25, 26], снижалось при противоположной тенденции к увеличению активности СОД, индуцированной Se, за исключением листьев при 80 мкМ Se, где активность СОД была сильно подавлена, подтверждая, что элиминация АФК будет активирована после его генерации (рис. 3д). В заключение следует отметить, что приведенные выше данные подтверждают, что передача сигналов АФК участвует в первичной реакции риса на токсичность Se при длительном воздействии.

Потеря воды является одной из реакций растения на внешние стрессы [22]. Нами была изучена данная реакция у риса, обогащенного селеном и риса не содержащего селен. Было определено относительное содержание воды (ОСВ). Примечательно, что у риса не содержащего селен, наблюдаются лишь незначительные изменения ОСВ, в то время как у риса, обогащенного селеном, они заметно снижаются при концентрациях Se 40 мкМ и 80 мкМ.

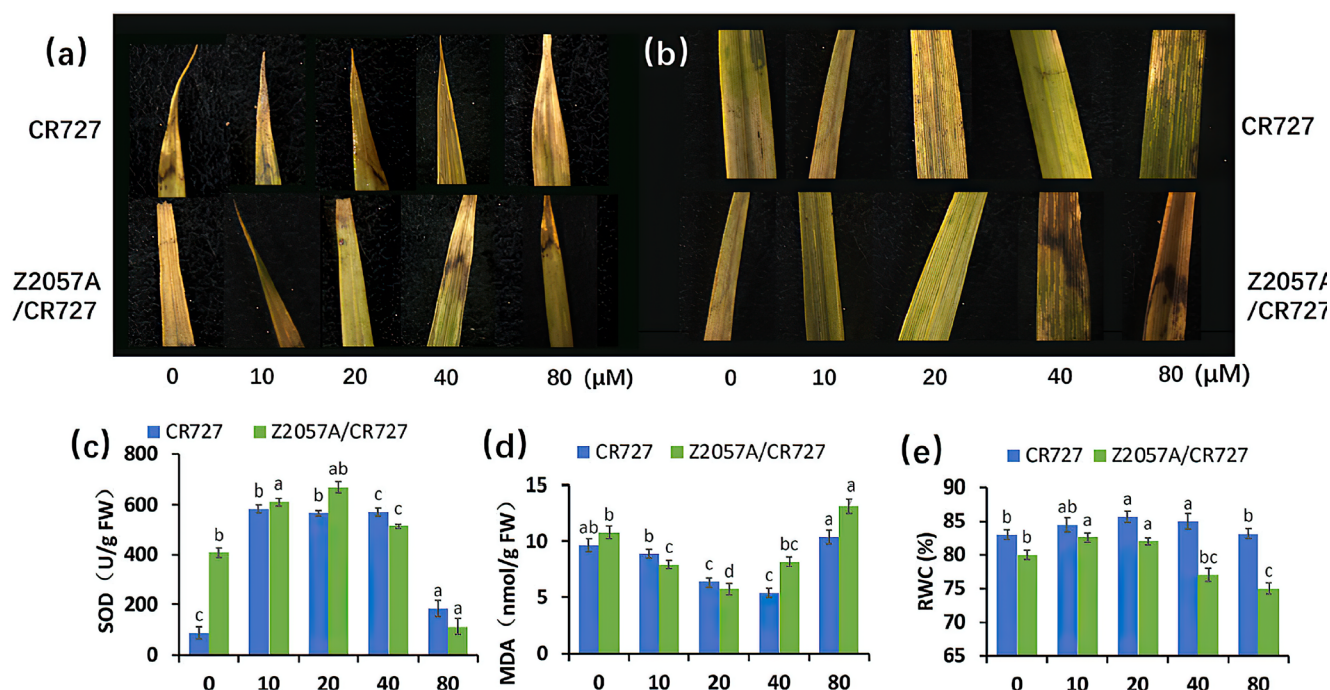


Рисунок 3. Определение АФК у риса с высоким содержанием селена и риса без содержания селена в присутствии экзогенного Se: (а) нитроблютетразолийное (NBT) окрашивание супероксида; (б) окрашивание диаминобензидина (DAB) перекисью водорода (H₂O₂); (с) активность супероксиддисмутазы (СОД); (д) Содержание метандикарбонового альдегида (МДА); (е) значение относительного содержания воды (ОСВ). Данные представляют среднее значение ± SE (n = 3), а буквы указывают на существенные различия (p < 0,05)

Паттерны генной экспрессии факторов, связанных с поглощением и транспортировкой селена, при применении экзогенного Se. Чтобы понять основной механизм различных Se-опосредованных физиологических реакций у сортов риса с высоким содержанием Se и без Se, мы исследовали паттерны экспрессии генов некоторых ключевых факторов, связанных с поглощением и транспортировкой селена, при применении экзогенного Se с использованием количественной ПЦР в реальном времени. (RT-КПЦР). Экспрессия OsPT2, кодирующего транспортировку фосфатов, постоянно повышалась при увеличении концентрации Se, что указывает на то, что OsPT2 может играть ключевую роль в транспортировке Se (рис. 4а). Примечательно, что экспрессия OsPT2 у риса, обогащенного селеном была выше, чем у риса без содержания селена, независимо от концентрации Se (рис. 4а). Различия в уровнях экспрессии гена OsNIP2;1, кодирующего транспортировку Si, у обоих сортов риса не наблюдаются при отсутствии Se, в присутствии Se, напротив, характер его экспрессии сильно отличался (рис. 4б). По сравнению с контролем, у риса без содержания селена не было никаких изменений экспрессии вплоть до резкого снижения при самой высокой концентрации Se (рис. 4б). Говоря о характере экспрессии у риса, обогащенного селеном, наблюдалось последовательное увеличение и обратное снижение экспрессии при более низких концентрациях Se (10 мкМ и 20 мкМ) и более высоких

концентрациях (40 мкМ и 80 мкМ), соответственно, с пиковой экспрессией в точке 10 мкМ, когда проростки начали реагировать на Se-индуцированный физиологический рост (рис. 1, 2 и 4б). В соответствии с предыдущими предположениями, уникальные паттерны экспрессии, присутствующие в двух сортах риса, подтверждают, что OsNIP2; 1 может служить основным положительным регулятором в транспортировке Se [27, 28]. Несмотря на то, что результаты показали, что Se непрерывно индуцирует экспрессию OsSultr1; 2, переносчика сульфата в присутствии всех концентраций Se, мы не наблюдали существенного различия между двумя сортами риса в этих сценариях (рис. 4с). Примечательно, что рис, обогащенный селеном, при отсутствии Se, имел уровень экспрессии OsSultr 1; 2, выше чем у риса без содержания Se (рис. 4с), что указывает на то, что активность OsSultr1; 2 может способствовать формированию относительно низкорослых побегов сорта, обогащенного селеном (рис. 1 и 2а) и положительно опосредовать его чувствительность к экзогенному селену. Интересно, что экспрессия гена CAL1, кодирующего транспортировку Cd, остается стабильной в отсутствие и в присутствии селена у риса без содержания Se, и подавляется у риса, обогащенного Se (рис. 4д). Данные по экспрессии генов продемонстрировали, что поглощение и транспортировка селена зависят от переносчиков ионов, связанных с процессами ассимиляции других элементов.

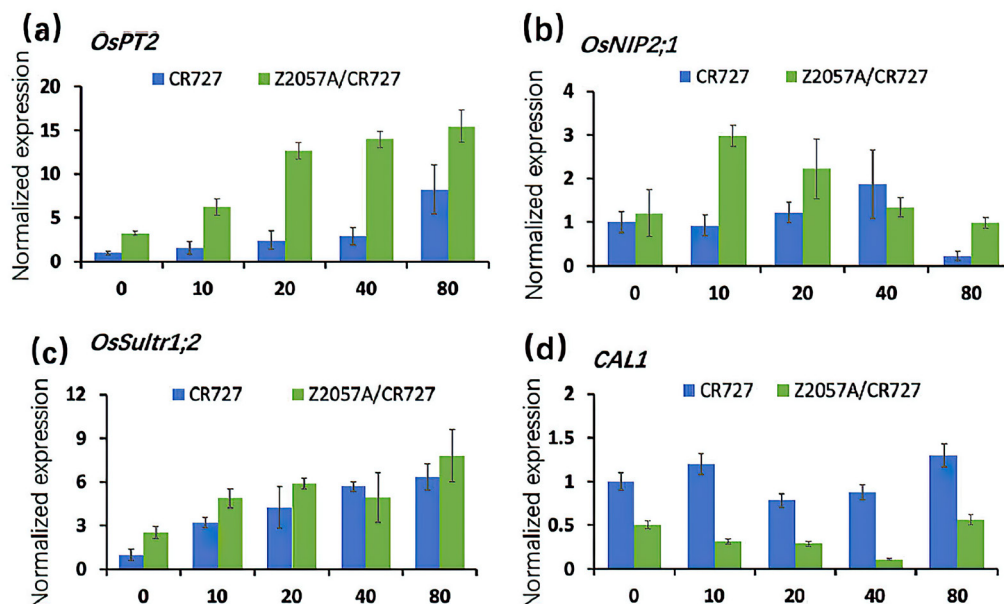


Рисунок 4. Паттерны экспрессии генов-переносчиков ионов в корнях проростков в присутствии экзогенного селена: (а) ген переносчик фосфата *OsPT2*; (б) ген переносчик кремния *OsNIP2;1*; (с) ген переносчик сульфата *OsSultr1;2*; (д) ген переносчик кадмия *CAL1*. Уровни экспрессии были нормализованы эталонными генами *Actin1* и *EF1 α* . Данные представляют среднее значение $\pm$ SE (n = 6)

Более 85 % риса в мире имеет белую оболочку, остальные – цветную, в основном фиолетовую, черную или красную [29]. В странах Восточной Азии, Китае, Японии, Южной Кореи и некоторых частях Юго-Восточной Азии цветной рис потребляется веками [30]. Считается, что цветной рис обладает повышенной питательной ценностью. Например, исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что экстракты из окрашенного риса обладают высокой антиоксидантной активностью и способностью поглощать свободные радикалы [13, 31]. В данном исследовании в качестве экспериментального материала были использованы красный гибридный рис, обогащенный селеном, Z2057A / CR727 и одна из его родительских линий – белый рис без содержания селена CR727 (рис. 5а и ф). Были изучены их фенотипы и физиологическое воздействие экзогенного селена на два сорта риса. Результаты показали, что низкие концентрации Se в определенной дозировке благоприятны для роста риса, в то время как гибридный рис с высоким содержанием селена более чувствителен к его применению, что позволяет предположить, что в реакциях участвует механизм дозозависимого регулирования.

В соответствии с различиями окраса зерна содержание антоцианина положительно коррелирует с содержанием Se в семенах и нешелушенном рисе (рис. 5б–ф). Антоцианин, являющийся одним из основных продуктов синтеза флавоноидов, представ-

ляет собой класс водорастворимых растительных природных пигментов [13, 32]. Антоцианин обладает сильной антиоксидантной активностью для уменьшения и устранения воздействия свободных радикалов [33]. В то время как низкая концентрация селена способствует росту корней и листьев риса, высокая концентрация его тормозит [34]. СОД является основным антиоксидантным ферментом, связанным с очисткой АФК, поддерживая баланс активного метаболизма кислорода для защиты всей мембранной структуры; МДА является одним из конечных продуктов перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот, накопление которых приводит к повреждению клеточных мембран [35, 36]. Тем не менее, изменения активности СОД и содержания МДА находятся в отрицательной корреляции; как увеличение концентрации Se до 40 μM привело к повышению активности СОД и соответственно снижению МДА. Активность СОД резко снижалась при самой высокой концентрации селена (80 μM), в результате содержание МДА повышалось, поддерживая высвобождение риса от токсичности экзогенного селена путем активации передачи сигналов АФК (рис. 3а и б). Хотя предполагалось, что воздействие высокой концентрации Se, превышающей определенный физиологический порог, будет токсичным для обоих сортов риса, основной механизм регуляции образования АФК и активации СОД еще предстоит выяснить.

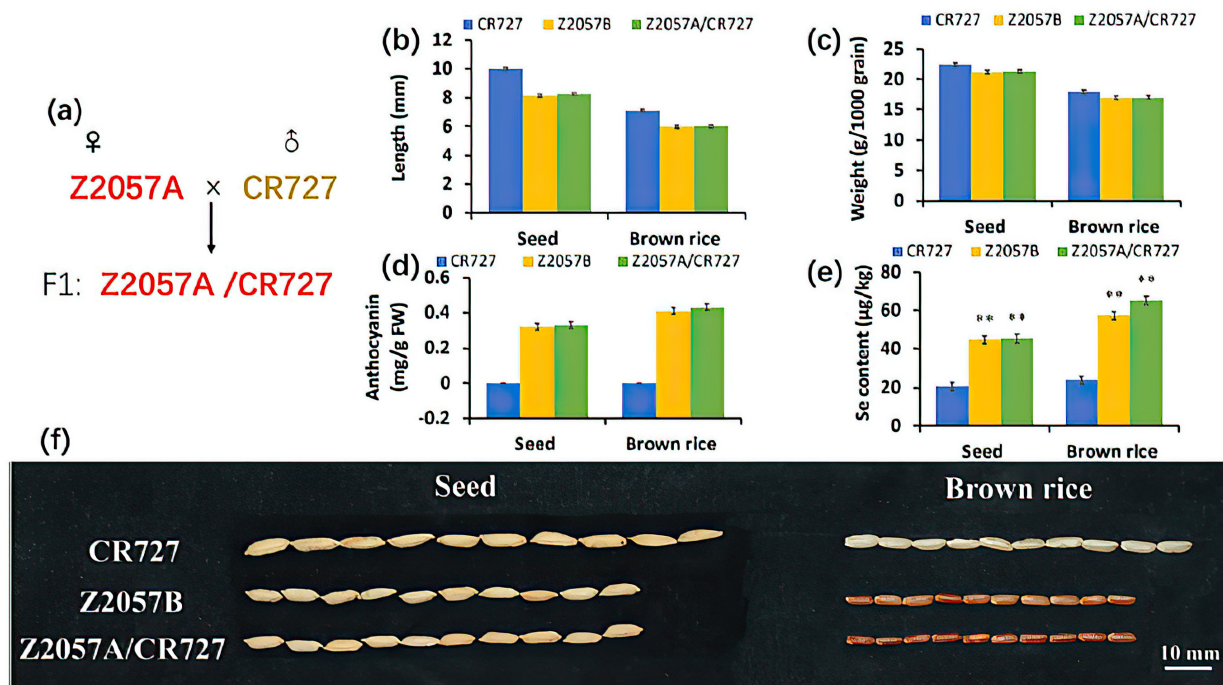


Рисунок 5. Характеристики сортов риса CR727 и Z2057A / CR727: (a) Создание Z2057A / CR727; (b) длина зерна; (c) Вес 1000 зерен; (d, e) Содержание антоцианов (d) и Se (e) в разных сортах риса. Данные представляют среднее значение $\pm$ SE ($n = 10$, b; $n = 3$, d и e), буквы указывают на существенные различия ($p < 0,05$)

Сообщалось, что мутант с потерей функции *sultr1*; 2 у арабидопсиса, сохраняющий другие переносчики сульфата, снижает способность поглощать селенат и проявляет повышенную толерантность к Se по сравнению с растениями дикого типа [20, 21]. Представленный результат (рис. 4c) в соответствии с предыдущим исследованием показал, что экспрессия *SULTR1*; 2 была вызвана применением селена, что свидетельствует о том, что *SULTR1*; 2 действует как консервативный фактор, опосредующий ассимиляцию селена у растений [12]. У риса избыточная экспрессия *OsPT2* была в состоянии увеличить поглощение Se, в то время как эта способность была сильно нарушена у мутанта *Ospt2* [37, 19]. Дефект гена транспортера притока *Si OsNIP2*; 1 привел к нарушению распределения селена в побегах и ксилемном соке при поступлении экзогенного Se [18]. Анализ экспрессии показал, что низкая концентрация селена в 10 мкМ Se, индуцировала экспрессию *OsNIP2*; 1 у риса, обогащенного селеном Z2057A / CR727, в то время как у сорта риса CR727 без содержания селена не было изменений, что указывает на то, что *OsNIP2*; 1 может служить основным положительным регулятором в транспортировке селена у растений риса и связан с их эндогенным уровнем Se. С другой стороны, в предыдущих исследованиях выяснилось, что клетки экзодермы и паренхимы ксилемы корня, преимущественно экспрессирующие ген переносчик кадмия *CAL1*, действуют как переносчик кадмия в сосудах ксилемы, хелатируя Cd в цитозоле, облегчая

секрецию кадмия во внеклеточные пространства, следовательно, уравнивая концентрацию цитозольного кадмия [38]. Существует ли синергический или связанный эффект в ассимиляции кадмия и селена, в значительной степени неизвестно. В данном исследовании мы изучили паттерны экспрессии *CAL1* в растениях риса в присутствии селена. В отличие от контроля – сорта риса, не содержащего Se, который сохранял относительно стабильную экспрессию *CAL1*, его экспрессия в рисе с высоким содержанием селена постепенно снижалась до самого низкого уровня в 40 мкМ, что указывает на то, что *CAL1* может отрицательно опосредовать чувствительность применения Se у риса, обогащенного селеном. Кроме того, *NRT1.1B*, член семейства рисовых пептидных переносчиков (PTR), как полагают, улучшает накопление Se в зерне, облегчая транслокацию селенометиона (*SeMet*), обеспечивая новое понимание селекции сортов риса, обогащенных селеном [10]. В соответствии с предыдущим отчетом о том, что корни растений с повышенным накоплением активируют экспрессию переносчиков ионов, вмешательство в деятельность по экспрессии вышеупомянутых факторов может способствовать способности сортов риса поглощать селен [39].

С одной стороны, разные сорта риса имеют тенденцию проявлять разные потенциалы в накоплении и аккумуляции селена, а с другой, экзогенный стресс, напротив, определяет характер накопления селена в разных сортах риса, поэтому было бы

важно понять, как и что регулирует реакцию на воздействие селена в сортах риса. Данные показали, что локальное накопление Se в рисе проявляется в следующем порядке по нисходящей: листья, стебли и корни (табл. 1). Данные определения выявили, что повышенное накопление селена в семенах и нешелушённом рисе, обогащённом селеном Z2057A / CR727 является признаком, который наследуется от его родительской линии Z2057A (рис. 5а и е).

В текущей рабочей модели под накоплением селена в основном подразумевается эффективность транслокации этого элемента (рис. 6). Согласно предыдущим исследованиям, рис с высоким содержанием Se хорошо адаптируется только к низкой

концентрации экзогенного селена [40] (рис. 1 и 2), наши результаты подтвердили, что рис с высоким содержанием Se более чувствителен к воздействию селена по сравнению с рисом, не содержащим Se, повышается потребность в разных агротехниках, основанных на разборе каждого конкретного случая.

Поглощение почвенного селената (SeO_3^{2-}) стимулирует и зависит от экспрессии двух генов транспортировки в корнях, инициируя быструю реакцию на постепенное усвоение зерном Se из корня, стебля, листа и шелухи, что приводит к появлению красного окраса зерна за счет повышения содержания антоцианов

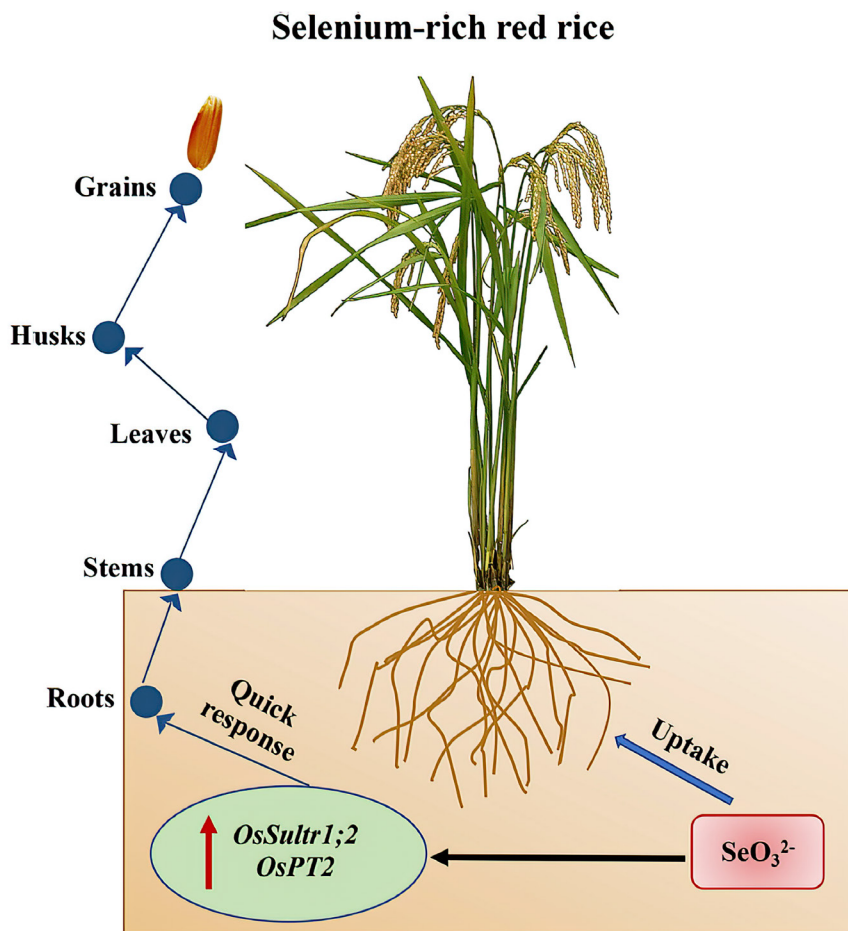


Рисунок 6. Рабочая модель поглощения и усвоения Se у риса с высоким содержанием селена

Выводы

Исследование показало, что рис с высоким содержанием селена более чувствителен к применению Se. Он может накапливать больше селена из корня в среде с низким содержанием селенита, в то время как при высокой концентрации применения селената эффект был инвертирован. Кроме того, чрезмерное количество селенита может вызывать фитотоксическое действие на растения риса, обогащенного селеном, вызывая хлороз, карликовость, пониженное содержание антиоксидантов и ус-

губляя окислительный стресс. Кроме того, мы пришли к выводу, что селенат усиливает транскрипцию генов переносчиков фосфатов OsPT2 и переносчиков сульфатов OsSultr1; 2, что повышает поглощение Se. Такие результаты могут быть полезны для оценки прямого токсического воздействия Se на рис, обогащенный селеном в полевых условиях. Чтобы сделать обоснованный вывод, все еще требуются долгосрочные полевые испытания, включая анализ рисков и выгод для разных агротехник.

REFERENCES

1. Schiavon, M. Selenium biofortification and phytoremediation Phytotechnologies / Schiavon M., Pilon-Smits E. A. H. // *Environ Qual.* – 2017. – 46. – 10. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0342>.
2. Mansour, A. T. E. Dietary supplementation of organic selenium improves growth, survival, antioxidant and immune status of meagre, *Argyrosomus regius*, juveniles / Mansour A. T. E., Goda A. A., Omar E. A., Khalil H. S., Esteban M. Á. // *Fish Shellfish Immunol.* – 2017. – 68. – P. 516 – 24. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.07.060>.
3. Zeng, R. Alterations in transcriptome and antioxidant activity of naturally aged mice exposed to selenium-rich rice / Zeng R., Liang Y., Farooq M. U., Zhang Y., Ei H. H., Tang Z., et al. // *Environ Sci Pollut Res.* – 2019. – 26. – P. 834 – 44.
4. Ošťádalová, I. Lipofuscin-like pigments in the rat heart during early postnatal development: effect of selenium supplementation / Ošťádalová I., Charvátová Z., Wilhelm J. // *Physiol. Res.* – 2010. – 59. – P. 881 – 6.
5. Pachua, L. Physicochemical and disintegrant properties of glutinous rice starch of Mizoram / Pachua L., Dutta R. S., Roy P. K., Kalita P., Lahlenmawia H. // *India Int J Biol Macromol.* – 2017. – 95. – P. 1298 – 304. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.029>.
6. Zhu, Y. G. Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation / Zhu Y. G., Pilon-Smits E. A. H., Zhao F. J., Williams P. N., Meharg A. A. // *Trends Plant Sci.* – 2009. – 14. – P. 436 – 42. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.06.006>.
7. Deng, X. Difference of selenium uptake and distribution in the plant and selenium form in the grains of rice with foliar spray of selenite or selenate at different stages / Deng X., Liu K., Li M., Zhang W., Zhao X., Zhao Z., et al. // *F. Crop Res.* – 2017. – 211. – P. 165 – 71. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.008>.
8. Bocchini, M. Soil selenium (Se) biofortification changes the physiological, biochemical and epigenetic responses to water stress in *Zea mays* L. by inducing a higher drought tolerance / Bocchini M., D'Amato R., Ciancaleoni S., Fontanella M. C., Palmerini C. A., Beone G. M., et al. // *Front Plant Sci.* – 2018. – P. 1 – 14.
9. Xu, G. J. Selenium increases chlorogenic acid, chlorophyll and carotenoids of *Lycium chinense* leaves / Xu, G. J., Zhang M. Z., Zheng C., Lei C., Yin L. P., Wang S. H., et al. // *J. Sci Food Agric.* – 2012. – 93. – P. 310 – 5.
10. Zhang, L. NRT1.1 B improves selenium concentrations in rice grains by facilitating selenomethionine translocation / Zhang L., Hu B., Deng K., Gao X., Sun G., Zhang Z. et al. // *Plant Biotechnol J.* – 2019. – 17. – P. 1058 – 68.
11. Brozmanová, J. Selenium: a double-edged sword for defense and offence in cancer / Brozmanová J., Mániková D., Vlčková V., Chovanec M. // *Arch Toxicol.* – 2010. – 84. – P. 919 – 38.
12. El Mehdawi, A. F. Influence of sulfate supply on selenium uptake dynamics and expression of sulfate/selenate transporters in selenium hyperaccumulator and nonhyperaccumulator Brassicaceae / El Mehdawi A. F., Jiang Y., Guignardi Z. S., Esmat A., Pilon M., Pilon-Smits E. A. H. et al. // *New Phytol.* – 2018. – P. 194 – 205.
13. Liang, Y. Study on stability and antioxidant activity of red Anthocyanidin Glucoside rich hybrid Rice, its nutritional and physicochemical characteristics / Liang Y., Farooq M. U., Hu Y., Tang Z., Zhang Y., Zeng R. et al. // *Food Sci Technol Res.* – 2018. – 24. – P. 687 – 96. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.687>.
14. Farooq, M. U. Cross-talk between cadmium and selenium at elevated cadmium stress determines the fate of selenium uptake in Rice / Farooq M. U., Tang Z., Zheng T., Asghar M. A. // *Biomolecules.* – 2019. – 9.
15. Ebrahimi, N. Dynamics of dry matter and selenium accumulation in oilseed rape (*Brassica napus* L.) in response to organic and inorganic selenium treatments / Ebrahimi N., Hartikainen H., Simojoki A., Hajiboland R., Seppänen M. // *Agric Food Sci.* – 2015. – 24. – P. 104 – 17.
16. Schiavon, M. The fascinating facets of plant selenium accumulation – biochemistry, physiology, evolution and ecology / Schiavon M., Pilon-Smits E. A. H. // *New Phytol.* – 2017. – 213. – P. 1582 – 96.
17. Tang, W. Understanding reduced inorganic mercury accumulation in rice following selenium application: selenium application routes, speciation and doses / Tang W., Dang F., Evans D., Zhong H., Xiao L. // *Chemosphere.* – 2017. – 169. – P. 369 – 76. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.087>.
18. Zhao, X. Q. Involvement of silicon influx transporter OsNIP2;1 in selenite uptake in Rice / Zhao X. Q., Mitani N., Yamaji N., Shen R. F., Ma J. F. // *Plant Physiol.* – 2010. – 153. – P. 1871 – 7. <https://doi.org/10.1104/pp.110.157867>.
19. Zhang, L. OsPT2, a phosphate transporter, is involved in the active uptake of selenite in rice / Zhang L., Hu B., Li W., Che R., Deng K., Li H. et al. // *New Phytol.* – 2014. – 201. – P. 1183 – 91.
20. Shibagaki, N. Selenate-resistant mutants of *Arabidopsis thaliana* identify Sultr1;2, a sulfate transporter required for efficient transport of sulfate into roots / Shibagaki N., Rose A., McDermott J. P., Fujiwara T., Hayashi H., Yoneyama T., et al. // *Plant J.* – 2002. – 29. – P. 475 – 86.
21. Kassis, E. Characterization of a selenate-resistant *Arabidopsis* mutant. Root growth as a potential target for selenate toxicity / Kassis E., Cathala E., Rouached N., Fourcroy H., Berthomieu P., Terry P., et al. // *Plant Physiol.* – 2007. – 143. – I. 3. – P. 1231 – 1241.
22. Mustafiz, A. Metabolic engineering of glyoxalase pathway for enhancing stress tolerance in plants / Mustafiz A., Sahoo K. K., Singla-Pareek S. L., Sopory S. K. // *Methods in molecular biology.* – 2010. – 639. – P. 95-118. DOI: 10.1007/978-1-60761-702-0_6.
23. Zhang, L. CLE9 peptide-induced stomatal closure is mediated by abscisic acid, hydrogen peroxide, and nitric oxide in *Arabidopsis thaliana* / Zhang L., Shi X., Zhang Y., Wang J., Yang J., Ishida T., et al. // *Plant Cell Environ.* – 2019. – 42. – 1033 – 44.
24. Lv, S. Strigolactone-triggered stomatal closure requires hydrogen peroxide synthesis and nitric oxide production in an abscisic acid-independent manner / Lv S., Zhang Y., Li C., Liu Z., Yang N., Pan L. et al. // *New Phytol.* – 2018. – 217. – P. 290 – 304.

25. Wang, Y. Transgenic Arabidopsis overexpressing Mn-SOD enhanced salt-tolerance / Wang Y., Ying Y., Chen J., Wang X. // *Plant Sci.* – 2004. – 167. – P. 671 – 7.
26. Wang, Y. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* / Y. Wang // *Physiol Plant.* – 1998. – 104. – P. 169 – 74.
27. Pilon-Smits, E. A. H. Selenium in plants: molecular, Physiological, Ecological and Evolutionary Aspects / E. A. H. Pilon-Smits, L. H. E. Winkel, Lin Z-Q. – 2017.
28. Xiao, Q. Nitric oxide enhances selenium concentration by promoting selenite uptake by rice roots / Q. Xiao, X. L. Li, G. F. Gao, J. Chen, X. Liu, Z. J. Shen et al. // *J Plant Nutr Soil Sci.* – 2017. – 180. – P. 788 – 99.
29. Goufo, P. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid / P. Goufo, H. Trindade // *Food Sci Nutr.* – 2014. – 2. – P. 75 – 104. <https://doi.org/10.1002/fsn3.86>.
30. Tananuwong, K. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice // K. Tananuwong, W. Tewaruth // *LWT – Food Sci Technol.* – 2010. – 43. – P. 476 – 81. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.014>.
31. Nam, S. H. Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars / S. H. Nam, S. P. Choi, M. Y. Kang, H. J. Koh, N. Kozukue, Friedman M. // *Food Chem.* – 2006. – 94. – P. 613 – 20.
32. Zhang, Y. Engineering anthocyanin biosynthesis in plants / Y. Zhang, E. Butelli, C. Martin // *Curr Opin Plant Biol.* – 2014. – 19. – P. 81 – 90. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2014.05.011>.
33. Zhang, Y. Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold / Y. Zhang, E. Butelli, R. De Stefano, H. J. Schoonbeek, A. Magusin, C. Pagliarini et al. // *Curr Biol.* – 2013. – 23. – P. 1094 – 100.
34. Kong, L. Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress / L. Kong, M. Wang, D. Bi // *Plant Growth Regul.* – 2005. – 45. – P. 155 – 63.
35. Xu, Z. Protective effects of Se-containing protein hydrolysates from Se-enriched rice against Pb^{2+} -induced cytotoxicity in PC12 and RAW264.7 cells / Z. Xu, Y. Fang, Y. Chen, W. Yang, N. Ma, F. Pei et al. // *Food Chem.* – 2016. – 202. – P. 396 – 403.
36. Tang, H. Effects of selenium and silicon on enhancing antioxidative capacity in ramie (*Boehmeria nivea* (L.) gaud.) under cadmium stress / H. Tang, Y. Liu, X. Gong, G. Zeng, B. Zheng, D. Wang et al. // *Environ Sci Pollut Res.* – 2015. – 22. – P. 9999 – 10008.
37. Zhang, M. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.) / M. Zhang, S. Tang, X. Huang, F. Zhang, Y. Pang, Q. Huang et al. // *Environ Exp. Bot.* – 2014. – 107. – P. 39 – 45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.05.005>.
38. Luo, J. S. A defensin-like protein drives cadmium efflux and allocation in rice / J. S. Luo, J. Huang, D. L. Zeng, J. S. Peng, G. B. Zhang, H. L. Ma et al. // *Nat. Commun.* – 2018. – 9. – 645. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03088-0>.
39. White, P. J. Selenium accumulation by plants / White, P. J. // *Ann. Bot.* – 2016. – 117. – P. 217 – 35.
40. Supriatin, S. Selenium-rich dissolved organic matter determines selenium uptake in wheat grown on low-selenium arable land soils / S. Supriatin, L. Weng, R. N. J. Comans // *Plant Soil.* – 2016. – 408. – P. 73 – 94. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2900-7>.
41. Mostofa, M. G. Phenotypical, induced phytotoxicity in rice plants / M. G. Mostofa, M. A. Hossain, M. N. Siddiqui, M. Fujita, L. S. P. Tran // *Chemosphere.* – 2017. – 178. – P. 212 – 23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.046>.
42. Guerrero, B. Dual effects of different selenium species on wheat / B. Guerrero, M. Llugany, O. Palacios, M. Valiente // *Plant Physiol. Biochem.* – 2014. – 83. – P. 300 – 7. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.08.009>.
43. Ma, X. Interactive effects of melatonin and cytokinin on alleviating drought-induced leaf senescence in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) / X. Ma, J. Zhang, P. Burgess, S. Rossi, B. Huang // *Environ. Exp. Bot.* – 2017. – 145. – P. 1 – 11. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.10.010>.
44. Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* / D. I. Arnon // *Plant Physiol.* – 1949. – 24. – P. 1 – 15.
45. Li, Z. Metabolic pathways regulated by chitosan contributing to drought resistance in White clover / Z. Li, Y. Zhang, X. Zhang, E. Merewitz, Y. Peng, X. Ma et al. // *J. Proteome Res.* – 2017. – 16 – P. 3039 – 52.
46. Lee, Y. A Lignin Molecular Brace Controls Precision Processing of Cell Walls Critical for Surface Integrity in Arabidopsis / Y. Lee, T. H. Yoon, J. Lee, S. Y. Jeon, J. H. Lee, M. K. Lee, et al. // *Cell.* – 2018. – 173. – P. 1 – 13. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.03.060>.
47. Liang, Y. Breeding of Selenium Rich Red Glutinous Rice, Protein Extraction and Analysis of the Distribution of Selenium in Grain / Y. Liang, M. U. Farooq, R. Zeng, Z. Tang, Y. Zhang, T. Zheng et al. // *Int J Agric Biol.* – 2018. – 20. – P. 1005 – 11.
48. Farooq, M. U. Accumulation, mobilization, and transformation of selenium in rice grain provided with foliar sodium selenite / M. U. Farooq, Z. Tang, R. Zeng, Y. Liang, Y. Zhang, T. Zheng et al. // *J Sci Food Agric.* – 2019. – 99. – P. 2892 – 900.
49. Livak, K. J. Analysis of relative gene expression data using realtime quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method / K. J. Livak, T. D. Schmittgen // *Methods.* – 2001. – 25. – P. 402 – 8.
50. Schmittgen, T. D. Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method / T. D. Schmittgen, K. J. Livak // *Nat Protoc.* – 2008. – 3. – P. 1101 – 8.

**Юаньке Лян, Ян Су, Лин Ли, Синь Хуан,
Файз Хуссейн Панхвар, Тенгда Чжэн,
Чжичэн Танг, Хла Хла Эй, Руи Цзэн,
Мухаммед Умер Фарук, Юйцзе Чжан, Сяоин Е,
Сяомэй Цзя, Цзяньцин Чжу,**

Сотрудники лаборатории генетики и селекции
сельскохозяйственных культур Научно-исследо-
вательского института риса Сычуаньского
Университета¹

E-mail: zhenglanlan0622@163.com

Чэнду 611130, Сычуань, Китай

**Yuanke Liang, Yang Su, Ling L1, Xin Huang,
Faiz Hussain Panhwar, Tengda Zheng,
Zhichen Tang, Hla Hla Ei, Rui Zeng,
Muhammad Umer Farooq, Yujie Zhang,
Xiaoying Ye, Xiaomei Jia, Jianqing Zhu**

Crop Genetics and Breeding,
Rice Research Institute,
Sichuan Agricultural University
E-mail: zhenglanlan0622@163.com
Chengdu 611130, Sichuan, China

Ланлан Чжэн,

Сотрудник лаборатории лекарственных растений
института фундаментальных медицинских наук,
Школа фундаментальной медицины Биомеди-
цинского научно-исследовательского института,
Лаборатория исследований местной китайской
медицины Медицинского университета²
Шиян 442000, Хубэй, Китай

Lanlan Zheng,

Laboratory of Medicinal Plant,
Institute of Basic Medical Sciences,
School of Basic Medicine, Biomedical Research
Institute, Hubei Key Laboratory of Wudang Local
Chinese Medicine Research, Hubei University
of Medicine²
Shiyan, Hubei, China

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-65-73
УДК 633.18:631.87

Р. В. Штуц
г. Краснодар, Россия

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ РИСА И ВЫНОС БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УРОЖАЕМ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ БИОГУМАТА «ЭКОСС» В СИСТЕМУ УДОБРЕНИЯ

Включение в технологию выращивания риса биогумата «ЭКОСС» благоприятно влияет на содержание в растениях азота, фосфора, калия и усиливает их аттракцию в зерновку. Полевые эксперименты были проведены в 2016 – 2018 годы на РОС ОПО ФГБНУ «ФНЦ риса». Содержание азота, фосфора и калия в надземных вегетативных органах растений и в зерне риса определяли в одной навеске по методике Куркаева. Все способы применения препарата у сортов Фаворит и Рапан, кроме обработки почвы, увеличивают содержание азота в зерне на 0,04 – 0,05 %; фосфора на 0,03 – 0,07 %; калия на 0,03 – 0,04 %. Под воздействием применения биогумата «ЭКОСС» у обоих сортов увеличивается хозяйственный вынос азота на 1,2 – 13,7 кг/га; фосфора на 1,0 – 3,4 кг/га; калия на 0,4 – 13,3 кг/га. Затраты азота на образование 1 центнера зерна риса сокращались при обработке семян на 5,3 %, при опрыскивании растений существенных изменений не наблюдалось; затраты фосфора сокращались только при обработке растений на 5,7 %, и затраты калия сокращаются на 0,39 – 9,06 % в зависимости от срока и дозы применения. Наибольший эффект достигается при дозе биогумата «ЭКОСС» 50 мл/т для предпосевной обработки семян и 600 мл/га при обработке растений в фазе кущения.

Ключевые слова: биогумат «ЭКОСС», рис, минеральное питание, вынос элементов.

MINERAL NUTRITION OF RICE PLANTS AND REMOVAL OF NUTRIENTS WITH THE YIELD WHEN INCORPORATING ECOSS BIOHUMATE INTO THE FERTILIZER SYSTEM

The inclusion of ECOSS biohumate in the rice growing technology favorably affects the content of nitrogen, phosphorus and potassium in plants and enhances their attraction to the grain. Field experiments were carried out in 2016 – 2018 at the rice irrigation system on experimental plot of FSBSI «ARRRI». The content of nitrogen, phosphorus, and potassium in the aboveground vegetative organs of plants and rice grain was determined in a single sample by the method of Kurkayev. All methods of using the preparation in the varieties Favorit and Rapan, except for soil processing, increase the nitrogen content in the grain by 0.04 – 0.05 %; phosphorus by 0.03 – 0.07 %; potassium by 0.03 – 0.04 %. Under the influence of the application of ECOSS biohumate, the nitrogen production in both varieties increases by 1.2 – 13.7 kg/ha; phosphorus 1.0 – 3.4 kg/ha; potassium at 0.4 – 13.3 kg/ha. The nitrogen consumption for the formation of 1 centner of rice grain was reduced during seed treatment by 5.3 %, when spraying plants, there were no significant changes; phosphorus consumption was reduced only when processing plants by 5.7 %, and potassium – reduced by 0.39 – 9.06, depending on the duration and dose of treatment. The greatest effect was achieved with a dose of ECOSS biohumate of 50 ml/t for pre-sowing seed treatment and 600 ml/ha when treating plants in the tillering phase.

Key words: biohumate ECOSS, rice, mineral nutrition, elements removal.

Введение

Наблюдения за динамикой содержания в растениях азота, фосфора и калия, интенсивность их потребления в период вегетации, величины хозяйственного выноса урожаем позволяют оценить состояние минерального питания в рисовом агроценозе. Наличие экспериментальных данных по содержанию элементов питания за период вегетации позволяет определить наиболее эффективные нормы и способы их применения и обосновать оптимальное соотношение в удобрениях. А вынос биогенных элементов отражает потребность растений в элементах питания. При использовании гуминовых препаратов накопление питательных элементов и микроэлементов происходит в доступной для растений форме [13]. Научно-обоснованное применение гуминовых препаратов способствует более полному использованию растениями риса элементов питания из почвы и удобрения и к тому же является безопасным приемом

повышения продуктивности растений, позволяющим предотвратить чрезмерное использование минеральных удобрений в гонке за урожаем и соответственно снизить затраты и экологическую нагрузку [5, 7].

Биогумат «ЭКОСС» производится на первом био-заводе Кубанского агробиокомплекса из навоза молочных коров и телят, проходит две стадии ускоренной природной гумификации и экстракцию, третью стадию [4]. В составе содержатся гумусовые кислоты: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гиматомелановые кислоты, а так же гумины и прогуминовые вещества [12]. Термин «гумусовые кислоты» – это обобщенное название гуминовых, фульво- и гиматомелановых кислот, разделяющихся по растворимости в кислотах и щелочах [14]. В научной литературе отмечен тот факт, что биологическая активность гуминовых соединений, которые были выделены органическим растворителем, выше, чем у выделенных щелочным раствором пиродифосфата натрия [15].

Цель исследований

Изучить влияние дозы и способа применения биогумата «ЭКОСС» на уровень минерального питания и выноса биогенных элементов.

Материалы и методы

Полевые эксперименты были проведены в 2016 – 2018 гг. на РОС ОПО ФГБНУ «ФНЦ риса». Площадь делянок – 18 м², учетная – 15 м². Варианты размещались рендомизированно. Повторность опыта – четырехкратная. Предшественник – рис. Посев риса выполнен рядовым способом. Глубина заделки семян – 0,5 – 1,0 см. Норма высева – 7 млн. всхожих семян на гектар. Режим орошения – укороченное затопление [3]. Изучались два сорта Фаворит и Рапан, биогумат «ЭКОСС» применялся на фоне минерального питания N₁₁₀ P₆₀ K₆₀ путем предпосевного обогащения семян, обработки почвы и растений в фазе кущения. Обогащение семян проводилось путем их смачивания водным раствором препарата из расчета 10 л/т. Внесение в почву осуществлялось распылением раствора по поверхности за 1 – 2 дня до посева, растения обрабатывались в фазе кущения (5 – 6 листьев при смыкании стеблестоя) ранцевым опрыскивателем из расчета 300 л/га рабочего раствора. Схемы опытов приведены ниже.

Схемы опыта:

Предпосевная обработка семян

1. Контроль (фон).
2. БГ «ЭКОСС» – 30 мл/т
3. БГ «ЭКОСС» – 50 мл/т
4. БГ «ЭКОСС» – 80 мл/т

Предпосевная обработка почвы

5. Контроль (фон)
 6. БГ «ЭКОСС» – 1,0 л/га
 7. БГ «ЭКОСС» – 1,5 л/га
 8. БГ «ЭКОСС» – 2,0 л/га
- Некорневая подкормка в фазу кущения
9. Контроль (фон)
 10. БГ «ЭКОСС» – 300 мл/га
 11. БГ «ЭКОСС» – 600 мл/га
 12. БГ «ЭКОСС» – 900 мл/га

Уборку урожая осуществляли селекционным комбайном с последующим взвешиванием и пересчетом массы на стандартную влажность и чистоту в соответствии с ГОСТ 12037-81 и 12041-82 [1, 2]. Содержание азота, фосфора и калия в надземных вегетативных органах растений и зерне риса определяли в одной навеске по методике Куркаева [6]. Статистическая оценка результатов выполнена с привлечением метода дисперсионного анализа [9].

Результаты и обсуждение

Надземные вегетативные органы риса имели в своем составе различное содержание азота, которое зависело от фазы вегетации растения и колебалось от 2,21 до 0,57 % сухой массы. Наибольшее содержание азота было отмечено в фазе всходов, минимальное при – созревании (табл. 1). Степень воздействия биогумата «ЭКОСС» зависела от дозы и способа применения и в целом положительно отражалась на содержании азота весь вегетационный период.

Таблица 1. Содержание азота в надземной биомассе растений риса в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», %

Вариант		Всходы	Кущение	Выметывание	Молочно-восковая спелость зерна	Полная спелость	
						листья + стебли	зерно
Фаворит							
Обработка семян	контроль	2,23	1,77	1,36	0,83	0,65	1,15
	30 мл/т	2,36	1,93	1,39	0,79	0,59	1,18
	50 мл/т	2,70	1,98	1,42	0,79	0,61	1,20
	80 мл/т	2,47	1,95	1,40	0,78	0,58	1,17
Обработка почвы	контроль	2,22	1,77	1,37	0,83	0,64	1,15
	1,0 л/га	2,22	1,77	1,37	0,83	0,63	1,15
	1,5 л/га	2,22	1,76	1,37	0,84	0,63	1,15
	2,0 л/га	2,23	1,77	1,37	0,83	0,63	1,15
Некорневая обработка	контроль	2,22	1,77	1,36	0,83	0,64	1,15
	300 мл/га	2,22	1,90	1,38	0,85	0,68	1,17
	600 мл/га	2,22	1,95	1,42	0,87	0,70	1,19
	900 мл/га	2,22	1,92	1,39	0,86	0,67	1,17
Рапан							
Обработка семян	контроль	2,21	1,76	1,35	0,82	0,64	1,14
	30 мл/т	2,34	1,89	1,37	0,79	0,57	1,15
	50 мл/т	2,64	1,94	1,42	0,78	0,59	1,18
	80 мл/т	2,40	1,90	1,41	0,77	0,57	1,16

Окончание таблицы 1

Вариант		Всходы	Кущение	Выметывание	Молочно-восковая спелость зерна	Полная спелость	
						листья + стебли	зерно
Обработка почвы	контроль	2,21	1,76	1,34	0,83	0,64	1,13
	1,0 л/га	2,21	1,76	1,35	0,83	0,64	1,13
	1,5 л/га	2,21	1,76	1,35	0,83	0,63	1,13
	2,0 л/га	2,21	1,76	1,35	0,82	0,63	1,14
Некорневая обработка	контроль	2,21	1,75	1,35	0,83	0,64	1,13
	300 мл/га	2,21	1,89	1,38	0,84	0,68	1,14
	600 мл/га	2,21	1,92	1,40	0,86	0,71	1,17
	900 мл/га	2,21	1,93	1,44	0,86	0,71	1,17

Обработка семян биогуматом «ЭКОСС» в дозе 50 мл/т у сортов риса Фаворит и Рапан позволила пополнить содержание азота выше контрольного уже в фазе всходов на 0,47 и 0,43 % соответственно. В фазе молочно-восковой спелости зерна у сортов становится видно, что биогумат «ЭКОСС» усиливал аттракцию азота в зерновки: по сравнению с контролем было зафиксировано снижение его содержания в вегетативных органах на 0,04 %. Этот эффект продлился до полной спелости где снижение в сравнении с контролем осталось на том же уровне (0,04 %) у сорта Фаворит, а у Рапана отток увеличился до 0,05 %.

Содержание азота в почве практически не влияет на его накопление в зерне, это вызвано его способностью реутилизироваться в процессе всего индивидуального развития. Как видно из аналитических показателей, все способы, кроме обработки почвы, способствовали увеличению азота в зерне на 0,04 – 0,05 %. Обработка семян на сорте Фаворит более положительно влияла на накопление азота в растениях риса и его реутилизацию.

Положительное воздействие на динамику содержания азота сортов Фаворит и Рапан отмечено и при некорневой обработке растений в фазе кущения. Степень воздействия зависела от дозы препарата. Наиболее эффективной стала доза 600 мл/га. Динамика накопления азота при этом приеме применения биогумата «ЭКОСС», мало чем отличается от предпосевной обработки семян. Но в фазе молочно-восковой спелости зерна в листостебельной массе растений получивших биогумат «ЭКОСС» у обоих сортов азота содержалось больше, чем в контроле на 0,04 %. В фазе полной спелости содержание азота в надземных вегетативных органах растений превосходило контроль на 0,06 %, а в зерне – на 0,04 % при максимально эффективной концентрации препарата 600 мл/га.

При некорневой подкормке независимо от дозы листья начинают работать на себя, замедляется их отмирание и аттракция в зерно, которая происходит по большей части за счет поступления из внешней среды и оттока веществ из стеблей.

Больше всего фосфора содержат молодые, активно растущие растения риса. Его содержание

в процессе вегетации в вегетативных органах постепенно снижается. Содержание фосфора в фазе полной спелости в зерне почти в два раза выше, чем в листостебельной массе (табл. 2).

Увеличение содержания фосфора в надземных вегетативных органах опытных растений сортов по сравнению с контрольными в зависимости от затраченного количества биогумата «ЭКОСС» для обработки семян в фазе всходов, кущения, выметывания и молочно-восковой спелости зерна составляли соответственно 0,02 – 0,05 %; 0,02 – 0,06 %; 0,01 – 0,05 %; 0,01 – 0,02 %. В фазе полной спелости фосфора в вегетационных органах растений было на 0,01 – 0,05 % меньше, чем в контроле.

Фаза полной спелости зерна подтвердила более рациональное использование фосфора растениями и его отток в генеративные органы при включении в систему удобрений биогумата. У обоих сортов в зерне его содержание превышало контроль на 0,03 – 0,07 %. Максимальная прибавка 0,07 % получена при обработке семян раствором биогумата «ЭКОСС» в количестве 50 мл/т.

Некорневая обработка биогуматом «ЭКОСС» способствовала увеличению содержания фосфора в надземной вегетативной массе растений у сортов Фаворит и Рапан так же, как и при обработке семян. В фазе молочно-восковой спелости зерна у сорта Фаворит при обработках растворами содержащими 600 и 900 мл/га биогумата «ЭКОСС» содержание этого элемента снижалось по сравнению с контролем на 0,01 %, а у Рапана – наоборот, на 0,01 % больше. В фазе полной спелости в зерне фосфор накапливается в большем (+0,01 – 0,03 %) количестве, чем в контроле. Максимальное его количество отмечено в вариантах применения биогумата «ЭКОСС» в количестве 600 мл/га.

Обработка почвы препаратом биогумата «ЭКОСС» не вызывала никаких различий с контрольными растениями по накоплению фосфора в вегетативных и генеративных органах растений.

Калий накапливается в основном в листьях и стеблях растений риса. Его перемещение в репродуктивные органы из стеблей и листьев в отличие от азота и фосфора незначительны. В зерне его накапливается мало [9].

Таблица 2. Содержание фосфора в надземной биомассе растений риса в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», %

Вариант		Всходы	Кущение	Выметывание	Молочно-восковая спелость зерна	Полная спелость	
						листья + стебли	зерно
Фаворит							
Обработка семян	контроль	0,87	0,79	0,67	0,30	0,26	0,60
	30 мл/т	0,89	0,81	0,68	0,31	0,25	0,63
	50 мл/т	0,92	0,85	0,72	0,32	0,23	0,67
	80 мл/т	0,91	0,83	0,70	0,31	0,23	0,65
Обработка почвы	контроль	0,86	0,79	0,67	0,29	0,25	0,59
	1,0 л/га	0,86	0,79	0,67	0,29	0,25	0,59
	1,5 л/га	0,87	0,79	0,67	0,30	0,25	0,59
	2,0 л/га	0,86	0,79	0,67	0,30	0,25	0,59
Некорневая обработка	контроль	0,86	0,78	0,67	0,30	0,26	0,60
	300 мл/га	0,86	0,80	0,67	0,31	0,25	0,61
	600 мл/га	0,86	0,86	0,71	0,29	0,23	0,63
	900 мл/га	0,87	0,85	0,69	0,29	0,23	0,61
Рапан							
Обработка семян	контроль	0,85	0,77	0,65	0,28	0,25	0,60
	30 мл/т	0,89	0,79	0,65	0,27	0,23	0,63
	50 мл/т	0,90	0,83	0,68	0,29	0,20	0,67
	80 мл/т	0,88	0,80	0,68	0,27	0,21	0,65
Обработка почвы	контроль	0,85	0,77	0,64	0,28	0,23	0,59
	1,0 л/га	0,85	0,77	0,64	0,28	0,23	0,59
	1,5 л/га	0,85	0,77	0,64	0,28	0,23	0,59
	2,0 л/га	0,85	0,77	0,65	0,28	0,24	0,59
Некорневая обработка	контроль	0,85	0,77	0,65	0,27	0,24	0,60
	300 мл/га	0,85	0,82	0,66	0,28	0,22	0,61
	600 мл/га	0,86	0,83	0,68	0,28	0,21	0,63
	900 мл/га	0,86	0,82	0,67	0,27	0,21	0,61

В вегетативных органах растений в процессе их вегетации при посеве семенами обработанными био-гуматом «ЭКОСС» при наиболее эффективной дозой 50 мл/т в фазы всходы, кущение, выметывание, молочно-восковая, полная спелость в листостебельной

массе у сортов Фаворит и Рапан калия накапливалось больше, чем в контроле на 0,43 и 0,43 %; 0,06 и 0,04 %; 0,23 и 0,22 %; 0,12 и 0,07 % и 0,09 и 0,06 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Содержание калия в надземной биомассе растений риса в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», %

Вариант		Всходы	Кущение	Выметывание	Молочно-восковая спелость зерна	Полная спелость	
						листья + стебли	Зерно
Фаворит							
Обработка семян	Контроль	2,86	3,37	2,29	2,14	1,95	0,35
	30 мл/т	3,25	3,40	2,36	2,19	1,97	0,37
	50 мл/т	3,29	3,43	2,52	2,26	2,04	0,39
	80 мл/т	3,23	3,41	2,49	2,22	1,98	0,37
Обработка почвы	Контроль	2,82	3,35	2,28	2,14	1,95	0,35
	1,0 л/га	2,82	3,35	2,28	2,14	1,95	0,35
	1,5 л/га	2,82	3,35	2,29	2,14	1,95	0,35
	2,0 л/га	2,82	3,35	2,28	2,14	1,95	0,35

Окончание таблицы 3

Вариант		Всходы	Кущение	Выметывание	Молочно-восковая спелость зерна	Полная спелость	
						листья + стебли	Зерно
Некорневая обработка	Контроль	2,84	3,36	2,29	2,14	1,95	0,35
	300 мл/га	2,84	3,39	2,34	2,17	1,97	0,36
	600 мл/га	2,83	3,42	2,45	2,20	2,02	0,38
	900 мл/га	2,81	3,41	2,42	2,19	1,99	0,37
Рапан							
Обработка семян	Контроль	2,82	3,34	2,25	2,10	1,92	0,33
	30 мл/т	3,22	3,35	2,30	2,11	1,94	0,34
	50 мл/т	3,25	3,38	2,47	2,17	1,98	0,37
	80 мл/т	3,24	3,36	2,42	2,14	1,95	0,36
Обработка почвы	Контроль	2,79	3,34	2,25	2,10	1,92	0,32
	1,0 л/га	2,79	3,34	2,25	2,09	1,92	0,32
	1,5 л/га	2,79	3,34	2,25	2,10	1,92	0,32
	2,0 л/га	2,79	3,34	2,25	2,10	1,92	0,32
Некорневая обработка	Контроль	2,79	3,34	2,25	2,10	1,92	0,32
	300 мл/га	2,80	3,35	2,28	2,11	1,94	0,33
	600 мл/га	2,80	3,38	2,42	2,16	1,97	0,36
	900 мл/га	2,80	3,37	2,39	2,13	1,95	0,35

Наибольшее количество калия накапливалось путем проведения некорневой обработки растений при дозе биогумата «ЭКОСС» 600 мл/га. В растениях из этого варианта калия содержалось больше чем в контроле в фазе выметывания на 0,16 и 0,17 % соответственно у Фаворита и Рапана и молочно-восковой спелости на 0,06 % у обоих сортов.

К полной спелости зерна риса содержание калия в вегетативных органах растений снижается. У растений из вариантов с биогуматом «ЭКОСС» существенных различий по этому показателю не выявлено, но его содержание в зерне было на 0,03 – 0,04 % выше, чем в контроле.

Нами произведен расчет хозяйственного выноса рисом элементов питания при применении биогумата «ЭКОСС». В зависимости от величины уро-

жайности риса и содержания азота в надземной биомассе массы и зерне риса хозяйственный вынос азота колебался от 143,1 до 168,2 кг/га (табл. 4). При обработке семян из расчета 50 мл/т, он увеличился на 1,2 кг/га у сорта Рапан и на 9,9 кг/га у сорта Фаворит. При некорневой обработке растений в фазе кушения биогуматом «ЭКОСС» в количестве 600 мл/га, азота отчуждалось больше, чем в контроле сортом Фаворит на 13,7 кг/га и сортом Рапан на 12,1 кг/га. Вынос азота с побочной продукцией возрастал только при некорневой обработке растений в фазе кушения биогуматом «ЭКОСС» в количестве 600 мл/га и выше не более чем на 4,3 – 5,4 %. Во всех других вариантах применения биогумата «ЭКОСС» вынос азота с побочной продукцией сокращался.

Таблица 4. Вынос азота в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», кг/га

Вариант		Вынос азота, кг/га			Затраты на 1 ц, кг
		зерно	солома	хоз.	
Фаворит					
Обработка семян	контроль	94,9	60,5	155,3	1,88
	30 мл/т	100,7	54,0	154,6	1,81
	50 мл/т	109,0	56,2	165,2	1,82
	80 мл/т	103,2	53,2	156,4	1,77
Обработка почвы	контроль	93,7	59,8	153,5	1,88
	1,0 л/га	94,9	59,9	154,7	1,88
	1,5 л/га	95,5	58,4	153,9	1,85
	2,0 л/га	95,8	59,7	155,5	1,87
Некорневая обработка	контроль	94,8	59,8	154,5	1,88
	300 мл/га	100,5	62,3	162,8	1,90
	600 мл/га	105,8	62,4	168,2	1,89
	900 мл/га	100,7	58,7	159,4	1,85

Окончание таблицы 4

Вариант		Вынос азота, кг/га			Затраты на 1 ц, кг
		зерно	солома	хоз.	
Рапан					
Обработка семян	контроль	90,3	58,2	148,5	1,88
	30 мл/т	93,6	49,5	143,1	1,76
	50 мл/т	100,5	49,1	149,7	1,76
	80 мл/т	96,7	49,5	146,3	1,75
Обработка почвы	контроль	89,9	58,9	148,9	1,87
	1,0 л/га	89,7	58,2	148,0	1,86
	1,5 л/га	92,1	57,9	150,0	1,84
	2,0 л/га	92,8	59,1	151,9	1,87
Некорневая обработка	контроль	91,1	59,6	150,7	1,87
	300 мл/га	92,7	57,3	149,9	1,84
	600 мл/га	100,0	62,8	162,9	1,90
	900 мл/га	98,6	62,3	161,0	1,91

Затраты азота на образование 1 центнера зерна риса сокращались на 5,3 % при использовании био-гумата «ЭКОСС» для обработки семян. При опрыскивании растений не наблюдалось существенных изменений затрат азота.

Применение био-гумата «ЭКОСС» на семеноводческих посевах риса сопровождалось увеличением хозяйственного выноса фосфора (табл. 5). Наиболее заметным это увеличение было при обработке семян: приращение к контролю составило 4,0 – 11,3 % у со-

рта Фаворит и 1,4 – 4,9 % у сорта Рапан. Увеличение выноса фосфора происходит исключительно за счет его большего отчуждения зерном, поскольку вынос с побочной продукцией снижался на всех вариантах [7]. Некорневая обработка растений в фазе кушения также способствовала повышению выноса фосфора с урожаем зерна на 2,5 – 13,2 %. Вынос с побочной продукцией при этом сокращался на 5,8 – 17,9 %.

Таблица 5. Вынос фосфора в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», кг/га

Вариант		Вынос фосфора, кг/га			Затраты на 1 ц, кг
		зерно	солома	хоз.	
Фаворит					
Обработка семян	Контроль	49,5	24,2	73,7	0,89
	30 мл/т	53,7	22,9	76,6	0,90
	50 мл/т	60,8	21,2	82,0	0,90
	80 мл/т	57,3	21,1	78,4	0,89
Обработка почвы	Контроль	48,1	23,4	71,4	0,88
	1,0 л/га	48,7	23,8	72,4	0,88
	1,5 л/га	49,0	23,2	72,1	0,87
	2,0 л/га	49,1	23,7	72,8	0,87
Некорневая обработка	Контроль	49,4	24,3	73,7	0,89
	300 мл/га	52,4	22,9	75,3	0,88
	600 мл/га	56,0	20,5	76,5	0,86
	900 мл/га	52,5	20,1	72,7	0,84
Рапан					
Обработка семян	Контроль	47,5	22,7	70,3	0,89
	30 мл/т	51,3	20,0	71,3	0,88
	50 мл/т	57,1	16,7	73,7	0,87
	80 мл/т	54,2	18,2	72,5	0,87
Обработка почвы	Контроль	47,0	21,2	68,1	0,86
	1,0 л/га	46,8	20,9	67,7	0,85
	1,5 л/га	48,1	21,1	69,2	0,85
	2,0 л/га	48,0	22,5	70,5	0,87

Окончание таблицы 5

Вариант		Вынос фосфора, кг/га			Затраты на 1 ц, кг
		зерно	солома	хоз.	
Некорневая обработка	Контроль	48,4	22,4	70,7	0,88
	300 мл/га	49,6	18,5	68,1	0,84
	600 мл/га	53,9	18,6	72,5	0,85
	900 мл/га	51,4	18,4	69,9	0,83

Затраты фосфора на формирование 1 ц зерна при применении биогумата посредством обработки семян и внесения в почву существенно не изменялись: от +1,1 % до –2,3 %. При его применении в фазе кущения затраты элемента сокращались на 1,1 – 5,7 %. Это означает, что биогумат «ЭКОСС» стимулирует рациональное использование растениями риса фосфора.

Большая часть калия отчуждается с побочной продукцией [9]. Вынос калия с соломой варьируется от 163,4 до 188,1 кг/га в зависимости от дозы и способа применения биогумата «ЭКОСС», а с зерном всего лишь – 25,4 – 35,4 (табл. 6).

Таблица 6. Вынос калия в зависимости от дозы и способа применения БГ «ЭКОСС», кг/га

Вариант		Вынос калия, кг/га			Затраты на 1 ц, кг
		зерно	солома	хоз.	
Фаворит					
Обработка семян	Контроль	28,9	181,4	210,2	2,55
	30 мл/т	31,6	180,3	211,8	2,48
	50 мл/т	35,4	188,1	223,5	2,46
	80 мл/т	32,6	181,8	214,4	2,43
Обработка почвы	Контроль	28,5	182,1	210,7	2,58
	1,0 л/га	28,9	185,3	214,1	2,60
	1,5 л/га	29,1	180,8	209,8	2,53
	2,0 л/га	29,2	184,9	214,0	2,57
Некорневая обработка	Контроль	28,8	182,1	211,0	2,56
	300 мл/га	30,9	180,5	211,4	2,46
	600 мл/га	33,8	180,0	213,8	2,40
	900 мл/га	31,9	174,3	206,2	2,39
Рапан					
Обработка семян	Контроль	26,1	174,7	200,9	2,54
	30 мл/т	27,7	168,6	196,3	2,41
	50 мл/т	31,5	164,9	196,5	2,31
	80 мл/т	30,0	169,5	199,5	2,39
Обработка почвы	Контроль	25,5	176,8	202,3	2,54
	1,0 л/га	25,4	174,7	200,1	2,52
	1,5 л/га	26,1	176,5	202,5	2,49
	2,0 л/га	26,0	180,1	206,1	2,53
Некорневая обработка	Контроль	25,8	178,9	204,7	2,54
	300 мл/га	26,8	163,4	190,2	2,34
	600 мл/га	30,8	174,4	205,1	2,40
	900 мл/га	29,5	171,2	200,7	2,38

У сорта Фаворит при посеве семенами, обработанных биогуматом «ЭКОСС», вынос калия возрастает как вследствие увеличения отчуждения с зерна, так и соломой приблизительно в одинаковой степени. При обработке растений в фазе кущения существенного увеличения выноса калия не отмечено – отличие от контроля 0,2 – 2,3 %. Однако вынос калия с зерном повысился на 7,3 – 17,4 %, а с соломой сокращался на 1,6 – 7,8 %.

У сорта Рапан под воздействием биогумата «ЭКОСС» вынос калия несколько снижается. При этом наблюдается повышение выноса с зерном и сокращение с соломой в разном соотношении в зависимости от способа и дозы биогумата.

Затраты калия на формирование 1 ц зерна при включении в технологию выращивания биогумата «ЭКОСС» сокращаются на 0,39 – 9,06 % в зависимости от срока и дозы применения.

Выводы

1) В растениях на протяжении всей вегетации сохранилось больше азота, фосфора и калия, а в процессе налива зерновок азот и фосфор полнее извлекался из листьев и накапливался в зерне в большем на 0,02 – 0,04 % и 0,01 – 0,07 % количестве, чем в контроле соответственно.

2) Применение биогумата «ЭКОСС» путем обработки семян перед посевом и растений в фазе кущения на посевах риса сопровождается увеличением хозяйственного выноса азота, фосфора и калия от 0,4 – 13,7 кг/га, и затраты на формирование 1 ц зерна

при включении в технологию выращивания биогумата «ЭКОСС» сокращаются 0,39 – 9,06 % в зависимости от срока и дозы применения, а так же происходит более рациональное использование растениями элементов питания.

3) Самое высокое содержание азота, фосфора и калия в растениях риса обеспечивало применение препарата в дозе 50 мл/т семян при обработке семян перед посевом и 600 мл/га при некорневой обработке в фазе кущения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12037-81. – Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. – М.: Стандартформиздат, 2011 – 20 с.
2. ГОСТ 12041-82. – Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения влажности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
3. Барбер, С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С. А. Барбер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
4. Жолобова, И. С. Исследование аминокислотного состава биогумата «ЭКОСС» для расширения возможностей его применения в ветеринарии / И. С. Жолобова, М. П. Семененко, В. В. Борисенко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7(49), Ч. 3. – С. 33 – 37.
5. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – М.: «Академия», 2014. – 304 с.
6. 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: ВНИИ риса, 1972. – 156 с.
7. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 3. Экспериментальная агрохимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 755 с.
8. Шеуджен, А. Х. Фосфорное питание растений риса при включении Биоплант Флора в систему удобрения / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук, А. К. Шхапацев // Плодородие. – 2017. – №1(94). – С. 6 – 8.
9. Шеуджен, А. Х. Калийное питание растений риса при включении Биоплант Флора в систему удобрения / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук, Х. Д. Хурум // Плодородие. – 2016. – № 6(93). – С. 7 – 9.
10. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.
11. Штуц, Р. В. Влияние биогумата «ЭКОСС» на рост и развитие растений риса / Р. В. Штуц // Рисоводство. – 2018. – № 2(39). – С. 65 – 71.
12. De Melo, B. A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments / F. L. Motta, M. H. Santana // Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. – 2016. – № 62. – P. 967 – 974.
13. García-Mina, J. M. Metal-humic complexes and plant micronutrient uptake: a study based on different plant species cultivated in diverse soil types / J. M. García-Mina, M. C. Antolín, M. Sanchez-Diaz // Plant and Soil. – 2004. – V. 258. – Pp. 57 – 68.
14. Stevenson, F. J. Geochemistry of Soil Humic Substances. In: Humic substances in soil, sediment and water. (Ed. by G. R. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, P. MacCarthy). – N.Y.: John Wiley & Sons, 1985. – P. 13 – 52.
15. Popov, A. I. Humic substances: new approaches for their isolation from natural objects / A. I. Popov, J. V. Simonova, K. I. Tcivka, Song Ge, D. A. Birilko, G. D. Kholostov, E. V. Sazanova // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.

REFERENCES

1. GOST 12037-81. – Seeds of agricultural crops. Methods for determining the purity and waste of seeds. – M.: Standartformizdat, 2011 – 20 p.
2. GOST 12041-82. – Seeds of agricultural crops. Methods for determining moisture. – M.: IPK Publishing house of standards, 2004.
3. Barber, S. A. Bioavailability of nutrients in the soil / S. A. Barber. – M.: Agropromizdat, 1988. – 376 p.
4. Zholobova, I. S. The study of the amino acid composition of «ECOSS» biohumate to expand the possibilities of its use in veterinary science / I. S. Zholobova, M. P. Semenenko, V. V. Borisenko // International Research Journal. – 2016. – № 7(49), P. 3. – S. 33 – 37.
5. Muravin, E. A. Agrochemistry / E. A. Muravin, L. V. Romodina, V. A. Litvinsky. – M.: «Academy», 2014. – 304 p.
6. Smetanin, A. P. Methods of experimental work on breeding, seed production, seed science and quality control of rice seeds // A. P. Smetanin, V. A. Dzyuba, A. I. Aprod. – Krasnodar: ARRI. 1972. – 156 p.
7. Sheudzhen, A. Kh. Agrochemistry. P. 3. Experimental agrochemistry / A. Kh. Sheudzhen. – Krasnodar: KubSAU, 2016. – 755 p.

8. Sheudzhen, A. Kh. Phosphorus nutrition of rice plants when including Biopant Flora in the fertilizer system / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva, P. N. Khachmamuk, A. K. Shkhapatsev // Soil Fertility. – 2017. – № 1(94). – p. 6 – 8.
9. Sheudzhen, A. Kh. Potash nutrition of rice plants when including Biopant Flora in the fertilizer system / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva, P. N. Khachmamuk, Kh. D. Khurum // Soil Fertility. – 2016. – № 6(93). – p. 7 – 9.
10. Sheudzhen, A. Kh. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of the results: textbook. 2nd ed. Revised and enlarged / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva. – Maykop: OJSC Polygaf-South, 2015. – 664 p.
11. Shtuts, R. V. The influence of «ECOSS» biohumate on the growth and development of rice plants / R. V. Shtuts // Scientific-Production Journal «Rice Growing». – Krasnodar: ARRRRI, 2018. – № 2(39). – p. 65 – 71.
12. De Melo, B. A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments / F. L. Motta, M. H. Santana // Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. – 2016. – № 62. – P. 967 – 974.
13. García-Mina, J. M. Metal-humic complexes and plant micronutrient uptake: a study based on different plant species cultivated in diverse soil types / J. M. García-Mina, M. C. Antolín, M. Sanchez-Diaz // Plant and Soil. – 2004. – V. 258. – pp. 57 – 68.
14. Stevenson, F. J. Geochemistry of Soil Humic Substances. In: Humic substances in soil, sediment and water. (Ed. by G. R. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, P. MacCarthy). – N.Y.: John Wiley & Sons. – 1985. – P. 13 – 52.
15. Popov, A. I. Humic substances: new approaches for their isolation from natural objects / A. I. Popov, J. V. Simonova, K. I. Tcivka, Song Ge, D. A. Birilko, G. D. Kholostov, E. V. Sazanova // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.

Штуц Роман Вячеславович

Мл. науч. сотр. отдела прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»,
350091, Россия, Краснодар, Белозерный 3
E-mail: roman_shtuts@mail.ru

Shtuts Roman Vyacheslavovich

Junior scientist, department of precise technologies
FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»,
3, Belozerny, Krasnodar, 350091, Russia,
E-mail: roman_shtuts@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-74-79
УДК 633.18:631.87

Р. В. Штуц
г. Краснодар, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОГУМАТА «ЭКОСС» НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН РИСА ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Изучено влияние биогумата «ЭКОСС» на урожайность семян сортов риса Фаворит и Рапан и их посевные качества на фоне минерального питания $N_{110}P_{60}K_{60}$ путем предпосевного обогащения семян, обработки почвы и растений в фазе кущения. Семена смачивали водным раствором из расчета 10 л/т. Обработки почвы и растений проводили ранцевым опрыскивателем из расчета 300 л/га рабочего раствора. Полевые эксперименты были проведены в 2016 – 2018 годы на РОС ОПУ ФГБНУ «ФНЦ риса». Для повышения эффективности семеноводства необходимы средства, стимулирующие потребление и рациональное использование элементов питания из почвы и удобрения. Применение биогумата «ЭКОСС» путем обработки перед посевом семян из расчета 50 мл/т или растений в фазе кущения – 600 мл/га оказывает наибольшее воздействие на повышение урожайности и улучшение посевных качеств семян. Этот прием позволяет увеличить урожай и выход семян на 11 – 14 %, сократить в семенной массе долю мелких семян на 9 – 11 %, повысить энергию прорастания и лабораторную всхожесть при обработке семян соответственно на 2,0 – 2,8 % и 2,1 – 3,1 %, а при обработке растений – на 2,0 – 2,6 % и 1,6 – 3,1 %. Сорта Рапан и Фаворит одинаково реагируют на применение биогумата «ЭКОСС».

Ключевые слова: биогумат «ЭКОСС», рис, некорневая обработка, обработка почвы, обработка семян, посевные качества, урожайность.

The influence of the ECOSS biohumate on the seed yield of rice varieties Favorit and Rapan and their sowing qualities against the background of the mineral nutrition $N_{110}P_{60}K_{60}$ by pre-sowing seed enrichment, soil and plants treatment in the tillering phase, was studied. Seeds were wetted with an aqueous solution at the rate of 10 l/t. Treatment of the soil and plants was carried out with a backpack sprayer at the rate of 300 l/ha of working solution. Field experiments were carried out in 2016 – 2018 at rice irrigation system on experimental plot of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Rice Centre. To increase the efficiency of seed production, funds are needed that stimulate the consumption and rational use of nutrients from the soil and fertilizer. The use of ECOSS biohumate by treating seeds before sowing at the rate of 50 ml/t or plants in the tillering phase – 600 ml/ha has the greatest impact on increasing yields and improving sowing qualities of seeds. This technique allows you to increase seed yield by 11 – 14 %, reduce the proportion of small seeds in the seed weight by 9 – 11 %, increase germination energy and laboratory germination rate when processing seeds by 2.0 – 2.8 % and 2.1 – 3.1 % respectively, and when processing plants – by 2.0 – 2.6 % and 1.6 – 3.1 %. Varieties Rapan and Favorit react equally to the use of ECOSS biohumate.

Key words: ECOSS biohumate, rice, foliar application, soil processing, seed processing, sowing qualities, yield.

Введение

Высококачественный посевной материал – основа высокого урожая. В связи с этим ведется постоянный поиск новых приемов, обеспечивающих рост урожайности, повышение выхода и качества семян. Разрабатывая новые технологии выращивания риса на семеноводческих посевах, необходимо уделять пристальное внимание экологическим аспектам. Наиболее действенным способом улучшения посевных качеств семян является оптимизация минерального питания, а удобрения, как известно, при неправильном применении оказывают негативное воздействие на экосистему. Для повышения эффективности семеноводства и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду необходимы средства, стимулирующие потребление и рациональное использование элементов питания из почвы и удобрения.

Применение гуматов отличается высокой технологичностью. Их использование можно совместить с протравливанием семян ядохимикатами, опрыски-

ванием посевов пестицидами, внесением минеральных удобрений [12]. И. В. Грехова совместно с коллегами установила эффективность предпосевной обработки семян пшеницы раствором гуминовых препаратов введенным в пестициды. Это помогло снизить угнетающее влияние последних на физиологические процессы при прорастании семян ростков пшеницы [13]. При проведении опытов по изучению гуминовых биопрепаратов в Казахском национальном университете было установлено положительное влияние препарата на прорастание семян сои. Исследователи из Испании отмечали, что при контакте гуминовых веществ с растениями, активируются развитие как корней, так и побегов [11].

Обобщая многочисленные литературные сведения, можно сказать, что для гуминовых веществ доказан ряд присущих им биологических эффектов, оказываемых как на растительные, так и на животные организмы.

Биогумат «ЭКОСС» – высокоэффективное многокомпонентное органическое удобрение – продукт

переработки навоза крупного рогатого скота популярной калифорнийского червя. Содержит гуминовые кислоты, аминокислоты, органические кислоты, витамины, агрополезные микроорганизмы, а также комплекс микроэлементов. Является физиологически и биохимически активным веществом. Показал высокую эффективность на семеноводческих посевах риса.

Цель исследований

Изучить влияние биогумата «ЭКОСС» на урожайность и посевные качества сортов риса Фаворит и Рапан.

Материалы и методы

Полевые эксперименты были проведены в 2016 – 2018 годы на РОС ОПУ ФГБНУ «ФНЦ риса». Площадь делянок – 18 м², учетная – 15 м². Варианты размещались рендомизированно. Повторность опыта – четырехкратная. Предшественник – рис. Посев риса выполнен рядовым способом. Глубина заделки семян – 0,5 – 1,0 см. Норма высева – 7 млн. всхожих семян на гектар. Режим орошения – укороченное затопление [4]. Проведена агроэкологическая оценка биогумата «ЭКОСС» на семеноводческих посевах риса с сортами Фаворит и Рапан на фоне минерального питания $N_{110}P_{60}K_{60}$ путем предпосевого обогащения семян, обработки почвы и растений в фазе кущения. Обогащение семян проводилось путем их смачивания водным раствором препарата из расчета 10 л/т. Внесение в почву осуществлялось распылением раствора по поверхности за 1 – 2 дня до посева, растения обрабатывались в фазе кущения (5–6 листьев при смыкании стеблестоя). Обработки проводились ранцевым опрыскивателем из расчета 300 л/га рабочего раствора.

Схемы опыта:

Предпосевная обработка семян

1. Контроль (фон).

2. БГ «ЭКОСС» – 30 мл/т

3. БГ «ЭКОСС» – 50 мл/т

4. БГ «ЭКОСС» – 80 мл/т

Предпосевная обработка почвы

5. Контроль (фон)

6. БГ «ЭКОСС» – 1,0 л/га

7. БГ «ЭКОСС» – 1,5 л/га

8. БГ «ЭКОСС» – 2,0 л/га

Некорневая подкормка в фазу кущения

9. Контроль (фон)

10. БГ «ЭКОСС» – 300 мл/га

11. БГ «ЭКОСС» – 600 мл/га

12. БГ «ЭКОСС» – 900 мл/га

Уборку урожая осуществляли селекционным комбайном с последующим взвешиванием и пересчетом массы на стандартную влажность и чистоту в соответствии с ГОСТ 12037-81 и 12041-82 [1, 2]. Выход и посевные качества семян определялись в соответствии с ГОСТ 12038-84 [3, 7]. Статистическую оценку результатов выполняли методом дисперсионного анализа [8].

Результаты и обсуждения

Важнейшим показателем в семеноводстве риса

является выход семян. Увеличение данного показателя повышает эффективность семеноводства в целом и может вести к сокращению площади семеноводческих посевов и снижению себестоимости семян риса. Этот показатель так же в огромной степени зависит от почвенно-климатических условий и уровня агротехнического оснащения [5].

Полученные данные показали, что биогумат «ЭКОСС» способствует росту урожайности риса, главным образом, вследствие уменьшения пустозерности метелки и формирования выполненнх зерновок риса. Это главные показатели, определяющие выход семян.

При обработке семян биогуматом выход семян у сорта Фаворит выше, чем в контроле на 0,6 – 2,6 %, а у сорта Рапан – на 1,4 – 2,7 %. При некорневой обработке это превышение составило 1,0 – 2,7 % у сорта Фаворит и 2,0 – 4,3 % у сорта Рапан (табл. 1).

Наибольшее увеличение выхода семян отмечено при применении биогумата «ЭКОСС» в фазе кущения растений из расчета 600 мл/га и предпосевной обработки семян раствором 50 мл препарата на 1 т семян.

Повышение выхода семян обеспечивало увеличение их урожайности при предпосевной обработке биогуматом «ЭКОСС» у сорта Фаворит 2,8 – 9,0 ц/га и сорта Рапан на 2,9 – 7,0 ц/га; при некорневой обработке растений на 3,6 – 7,6 ц/га и 2,1 – 7,5 соответственно. В наибольшей степени этому способствовала предпосевная обработка БГ «ЭКОСС» в количестве 50 мл/т и некорневая обработка – 600 мл/га.

Семенная масса состоит из зерновок с различными линейными размерами и выполненностью, которые определяются внешними и внутренними факторами. Для получения дружных всходов предпочтительнее преобладание средних и крупных по размеру семян. Из них получают более мощные проростки, из которых образуются растения с наибольшей продуктивностью. В мелких зерновках (мелкая фракция), как правило, запас питательных элементов существенно меньше, чем у крупных и средних, что определяет их более быстрый расход. Из них формируются слабые проростки, слабо противостоящие болезням и вредителям, а из них, в свою очередь, формируются растения с низкой продуктивностью. [9].

Семенной материал, полученный при различных способах и дозах применения биогумата «ЭКОСС» на семеноводческих посевах риса, был разделен на фракции. Семена контрольных вариантов содержали крупные, средние и мелкие зерновки приблизительно в равном количестве: у сорта Фаворит 33 %, 35 % и 32 %, у сорта Рапан 31 %, 35 % и 34 % соответственно. Включение биогумата «ЭКОСС» в технологию выращивания риса благоприятно отражалось на фракционном составе семенной массы: увеличивалось количество семян крупной и средней фракций и уменьшалось мелкой.

Таблица 1. Урожайность и фракционный состав семян в зависимости от дозы и способа применения биогумата «ЭКОСС», %

Вариант		Урожай семян, ц/га	Выход семян, %	Фракция семян, %		
				крупная	средняя	мелкая
Фаворит						
Обработка семян	Контроль	65,4	79,3	33	35	32
	30 мл/т	68,2	79,9	34	39	27
	50 мл/т	74,3	81,9	36	43	21
	80 мл/т	71,1	80,6	35	40	25
	НСР ₀₅	3,0	–	–	–	–
Обработка почвы	Контроль	64,5	79,2	33	35	32
	1,0 л/га	65,6	79,5	33	35	32
	1,5 л/га	66,1	79,6	33	35	32
	2,0 л/га	66,2	79,4	33	36	31
	НСР ₀₅	3,2	–	–	–	–
Некорневая обработка	Контроль	65,5	79,5	33	35	31
	300 мл/га	69,2	80,5	34	39	27
	600 мл/га	73,1	82,2	36	42	22
	900 мл/га	69,9	81,2	35	43	22
	НСР ₀₅	3,5	–	–	–	–
Рапан						
Обработка семян	Контроль	62,1	78,4	31	35	34
	30 мл/т	64,9	79,8	32	36	31
	50 мл/т	69,0	81,0	34	41	25
	80 мл/т	67,0	80,3	32	39	29
	НСР ₀₅	3,3	–	–	–	–
Обработка почвы	Контроль	62,2	78,1	31	35	34
	1,0 л/га	62,2	78,3	31	35	34
	1,5 л/га	64,0	78,5	32	35	33
	2,0 л/га	63,8	78,4	31	36	33
	НСР ₀₅	3,1	–	–	–	–
Некорневая обработка	Контроль	62,9	78,0	32	35	33
	300 мл/га	65,0	80,0	32	36	32
	600 мл/га	70,4	82,3	35	42	23
	900 мл/га	68,9	81,7	33	40	27
	НСР ₀₅	3,4	–	–	–	–

При применении БГ «ЭКОСС» путем обогащения посевного материала количество семян мелкой фракции сократилось на 5 – 11 % у сорта Фаворит и на 3 – 9 % у сорта Рапан. Доля крупной фракции семян увеличилась на 1 – 3 %. В наибольшей степени снижалось количество мелких семян и увеличивалось средних при обогащении посевного материала биогуматом «ЭКОСС» из расчета 50 мл/т.

Увеличение количества крупных и средних по размеру семян отмечено и при обработке растений биогуматом «ЭКОСС» в фазе кущения. Оба изучаемых сорта одинаково реагировали на биогумат. Оптимальная доза препарата – 600 мл/га. Под ее воздействием количество семян крупной фракции возрастает на 3 %, а средней – на 7 %. Увеличение

дозы биогумата не усиливало эффект от его применения.

Семена должны быть выровненными не только по размеру, но и посевным качествам: энергии прорастания и лабораторной всхожести. Как и следовало ожидать, независимо от дозы и способа применения биогумата «ЭКОСС» величина этих показателей у семян из крупной фракции превышала таковые из средней, а средней из мелкой (табл. 2).

В общем, биогумат «ЭКОСС» благоприятно воздействовал на энергию прорастания и всхожесть семян риса из всех фракций семян как при предпосевной обработке семян, так и растений. Сорта реагировали на дозу и способ применения идентично.

Таблица 2. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян риса, полученных при различных дозах и способах применения БГ «ЭКОСС», %

Вариант		Фракции семян					
		крупная		средняя		мелкая	
		энергия прорастания	всхожесть	энергия прорастания	всхожесть	энергия прорастания	всхожесть
Фаворит							
Обработка семян	Контроль	82,8	96,8	81,2	96,5	79,8	95,8
	30 мл/т	83,3	98,6	82,3	97,7	80,6	96,9
	50 мл/т	85,6	99,1	83,2	98,3	81,3	97,9
	80 мл/т	83,7	98,4	82,2	97,7	80,0	96,3
Обработка почвы	Контроль	82,6	96,7	80,7	96,2	79,0	95,5
	1,0 л/га	82,8	96,5	80,7	96,3	79,2	95,1
	1,5 л/га	82,8	97,0	81,2	96,4	79,3	95,5
	2,0 л/га	82,6	97,0	81,2	96,5	79,4	95,3
Некорневая обработка	Контроль	82,7	97,2	81,5	96,8	78,8	95,2
	300 мл/га	83,3	98,3	82,2	97,7	79,8	96,2
	600 мл/га	84,9	98,8	83,7	98,5	81,1	97,6
	900 мл/га	84,4	98,2	83,4	98,0	80,4	96,7
Рапан							
Обработка семян	Контроль	82,7	95,9	80,3	95,5	78,4	94,3
	30 мл/т	83,6	98,1	81,1	97,4	79,4	95,8
	50 мл/т	85,4	98,6	82,4	97,9	80,5	97,4
	80 мл/т	83,8	98,3	81,8	96,2	79,8	94,6
Обработка почвы	Контроль	82,7	96,0	80,1	95,6	78,2	94,4
	1,0 л/га	82,7	96,0	80,1	95,8	78,3	94,3
	1,5 л/га	82,8	95,8	80,5	96,0	78,4	94,4
	2,0 л/га	82,8	95,9	80,4	95,7	78,1	94,0
Некорневая обработка	Контроль	82,7	95,9	80,7	95,5	78,6	94,5
	300 мл/га	83,4	97,7	81,5	97,3	79,5	96,3
	600 мл/га	85,0	98,6	82,7	97,7	81,2	97,0
	900 мл/га	84,3	97,9	82,3	97,3	80,1	96,7

Выводы

1) Для повышения эффективности семеноводства целесообразно включить в технологию выращивания риса на семеноводческих посевах биоугмат «ЭКОСС». Наибольший положительный эффект достигается при его применении путем обработки перед посевом семян из расчета 50 мл/т или растений в фазе кущения – 600 мл/га.

2) Данный агроэкологический прием позволяет увеличить урожай и выход семян на 11 – 14 % и суще-

ственно улучшить их посевные качества. В семенной массе на 9 – 11 % сокращается доля мелких семян, энергия прорастания и лабораторная всхожесть повышаются при обогащении семян соответственно на 2,0 – 2,8 % и 2,1 – 3,1 %, а при обработке растений – на 2,0 – 2,6 % и 1,6 – 3,1 %.

3) Сорта Рапан и Фаворит одинаково реагируют на применение БГ «ЭКОСС».

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12037-81. – Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. – М.: Стандартформиздат, 2011 – 20 с.
- ГОСТ 12041-82. – Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения влажности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
- ГОСТ 12038-84. – Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
- Барбер, С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С. А. Барбер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
- Казарцева, А. Т. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна / А. Т. Казарцева, А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 160 с.

6. 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: ВНИИ риса, 1972. – 156 с.
7. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 3. Экспериментальная агрохимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 755 с.
8. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полигаф-ЮГ», 2015. – 664 с.
9. Шеуджен, А. Х. Приемы повышения полевой всхожести семян и урожайности риса / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, В. В. Аношенков. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2001. – 101 с.
10. Штутц, Р. В. Влияние БиоГумата «ЭКОСС» на рост и развитие растений риса / Р. В. Штутц // Научно-производственный журнал «Рисоводство». – Краснодар: ВНИИ риса, 2018. – № 2(39). – С. 65 – 71.
11. Baigorri, R. Humic substances: from structure to application through plant action mechanism / R. Baigorri, O. Urrutia, J. Erro, // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.
12. Petrus, A. C. Effect of K-Nhumates on dry matter production and nutrient use efficiency of maize in Sarawak, Malaysia / O. H. Ahmed, A. M. Muhamad, H. M. Nasir, M. Jiwan // Scientific World Journal. – 2010. – № 10. – P. 1282 – 1292.
13. Grekhova, I. V. Testing of drugs used for pre-sowing seed treatment / I. V. Grekhova, M. V. Gilmanova, L. A. Bazhutina // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.
14. Boguspayev, K. K. Study of the effect of liquid humic preparations from vermicompost on the germinations of soybean seeds of the «Zhansaya» variety / K. K. Boguspayev, I. N. Titov, D. G. Faleyev, E. D. Azimova, A. Akilbekova, A. A. Nusupov // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.

REFERENCES

1. GOST 12037-81. – Seeds of agricultural crops. Methods for determining the purity and waste of seeds. – М.: Standartformizdat, 2011 – 20 p.
2. GOST 12041-82. – Seeds of agricultural crops. Methods for determining moisture. – М.: IPK Publishing house of standards, 2004.
3. GOST 12038-84. – Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. – М.: IPK Standards Publishing House, 2004.
4. Barber, S. A. Bioavailability of nutrients in the soil / S. A. Barber. – М.: Agropromizdat, 1988. – 376 p.
5. Kazartseva, A. T. Ecological, genetic and agrochemical fundamentals of improving the grain quality / A. T. Kazartseva, A. Kh. Sheudzhen, N. N. Neschadim. – Майкоп: GURIPP «Адыгея», 2004. – 160 p.
6. Smetanin, A. P. Methods of experimental work on breeding, seed production, seed science and quality control of rice seeds // А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар: АРРРИ, 1972. – 156 p.
7. Sheudzhen, A. Kh. Agrochemistry. Part 3 Experimental agrochemistry / A. Kh. Sheudzhen. – Краснодар: KubSAU, 2016. – 755 p.
8. Sheudzhen, A. Kh. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of the results: textbook. 2nd ed. Revised and enlarged / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva. – Майкоп: OJSC Polygaf-South, 2015. – 664 p.
9. Sheudzhen, A. Kh. Techniques for increasing field germination of seeds and rice productivity / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva, V. V. Anoshenkov. – Майкоп: GURIPP «Адыгея», 2001. – 101 p.
10. Shtuts, R. V. The influence of «ECOSS» biohumate on the growth and development of rice plants / R. V. Shtuts // Scientific-Production Journal «Rice Growing». – Краснодар: АРРРИ, 2018. – № 2(39). – P. 65 – 71.
11. Baigorri, R. Humic substances: from structure to application through plant action mechanism / R. Baigorri, O. Urrutia, J. Erro, // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.
12. Petrus, A. C., Ahmed O. H., Muhamad A. M., Nasir H. M., Jiwan M. Effect of K-Nhumates on dry matter production and nutrient use efficiency of maize in Sarawak, Malaysia // Scientific World Journal. – 2010. – № 10. – P. 1282 – 1292.
13. Grekhova, I. V. Testing of drugs used for pre-sowing seed treatment I. V. Grekhova, M. V. Gilmanova, L. A. Bazhutina // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.
14. Boguspayev, K. K. Study of the effect of liquid humic preparations from vermicompost on the germinations of soybean seeds of the «Zhansaya» variety / K. K. Boguspayev, I. N. Titov, D. G. Faleyev, E. D. Azimova, A. Akilbekova, A. A. Nusupov // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019) October 19 – 23, 2019, Moscow. www.humus.ru/hit-2019.

Штуц Роман Вячеславович

Мл. науч. сотр. отдела прецизионных технологий
ФГБНУ «ФНЦ риса»,
Белозерный 3, Краснодар, 350091, Россия,
E-mail: roman_shtuts@mail.ru

Shtuts Roman Vyacheslavovich

Junior scientist, department of precise technologies
FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»,
Belozerny 3, Krasnodar, 350091, Russia,
E-mail: roman_shtuts@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-80-84
УДК 631.147:633.18:631.811

Н. В. Чернышева, канд. биол. наук,
А. Я. Барчукова, канд. с.-х. наук,
Я. К. Тосунов, канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЯ ФОРРИС В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА

Одним из важнейших факторов формирования высокого качественного урожая риса является питание растений в условиях вегетации. Однако обеспеченность растений риса только азотно-фосфорно-калийными удобрениями привело к разбалансированности минерального питания. Поэтому возникла необходимость включать в технологию возделывания риса микроэлементы и регуляторы роста, способствующие активизации ростовых процессов, большей реализации потенциальной продуктивности, повышению устойчивости растений к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам. В этом аспекте большое значение уделяется применению инновационных методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур – использованию регуляторов роста растений, микроудобрений и др. Эффективность применения микроудобрения Форрис, содержащего в своем составе калий (K_2O) – 17,0 % и кремний (SiO_2) – 12,0 %, доказана экспериментально. В результате эксперимента установлено, что сила воздействия агрохимиката на ростовые и продукционные процессы в большой степени зависела от его нормы расхода. Повышение дозы агрохимиката Форрис при осуществлении некорневой подкормки в кушение риса усилило режим питания растений риса, стимулировало ростовые процессы и способствовало повышению количества и качества получаемой продукции. Существенный прирост урожая (16,7 %, без проведения подкормки урожайность – 70,8 ц/га) наблюдался при применении микроудобрения Форрис (300 мг/га). Высокие значения показателя урожайности в этом варианте обусловлены образованием большего числа зерен (165,5 шт./растение, в контроле – 112,6 шт./растение), обладающий высокой массой и завершенностью всех процессов синтеза химических веществ (натура – 565,7 г/л, в контроле – 539,1 г/л, HCP_{05} – 19,3 г/л; масса 1000 зерен – 28,1, в контроле – 26,3 г, HCP_{05} – 1,0 г).

Ключевые слова: рис, микроудобрение Форрис, некорневая подкормка, стимуляция роста, фотосинтетическая деятельность растений, повышение урожайности, качество зерна.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS FORRIS IN RICE CULTIVATION TECHNOLOGY

One of the most important factors in the formation of a high-quality rice crop is nutrition. However, the provision of rice plants with only nitrogen-phosphorus-potash fertilizers led to an imbalance in the mineral nutrition. Therefore, it became necessary to include microelements and growth regulators in the rice cultivation technique, which contribute to the activation of growth processes, greater realization of potential productivity, and increased plant resistance to adverse biotic and abiotic factors. In this aspect, great importance is given to the use of innovative methods to increase crop productivity – the use of plant growth regulators, micro-fertilizers, etc. The effectiveness of the use of micro-fertilizer Forris, which contains potassium (K_2O) – 17.0 % and silicon (SiO_2) – 12.0 %, has been proved experimentally. As a result of the experiment, it was found that the strength of the effect of agrochemicals on growth and food processes largely depended on the rate of consumption. Increasing the dose of Forris agrochemicals during non-root feeding in rice tillering strengthened the nutrition regime of rice plants, stimulated growth processes and contributed to increasing the quantity and quality of the resulting products. A significant increase in the yield (16.7 %, without fertilizing the yield – 70.8 C / ha) was observed when using Forris micro-fertilizer (300 mg/ha). High values of the yield index in this variant are due to the formation of a larger number of grains (165.5 PCs./plant, in the control – 112.6 PCs./plant), which has a high mass and completion of all the processes of chemical synthesis (nature – 565.7 g/l, in the control – 539.1 g/l, LSD_{05} – 19.3 g/l; mass of 1000 grains – 28.1, in the control – 26.3 g, LSD_{05} – 1.0 g).

Key words: rice, Forris micro-fertilizer, foliar feeding, stimulation of growth and photosynthetic activity of plants, increase crop yield, grain quality.

Введение

Усиление ростовых и формообразовательных процессов растений риса под действием испытуемого препарата обусловлено механизмом действия входящих в его состав элементов.

При этом калий, как элемент минерального питания, необходим рису на протяжении всей вегетации (до восковой спелости), однако критическим являет-

ся период выхода растений в трубку – выметывание. Участие калия в активации перемещения углеводов из нижних листьев в верхние более молодые и в разрастающуюся зачаточную метелку способствует увеличению продуктивности растения. Что же касается роли кремния для риса, то ее трудно переоценить. Уникальное свойство риса – повышенная кремние-

фильность – не присуща никакому другому из культурных растений. Внесение кремниевых удобрений в рисоводческих странах Азии повышало урожайность риса на 20 – 30 %. В полевых исследованиях в условиях Кубани прибавка урожая составляла в среднем 0,9 т/га. Повышение продуктивности риса от использования кремниевых удобрений складывается из двух составляющих: во-первых, кремний детерминирует механизмы формирования метелки риса; во-вторых, кремний повышает устойчивость растений риса к полеганию, а следовательно, уменьшает потери зерна при уборке. Кроме того, кремний определяет механическую прочность тканей риса и, следовательно, пропитанная кремнеземом клеточная стенка риса становится более устойчивой к поражению болезнями и вредителями. Кремний способствует также росту растений и накоплению сухого вещества [1, 2].

Цель исследований

Определить эффективность проведения некорневой подкормки растений риса микроудобрением Форрис.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования осуществлялись в ФНЦ риса. Предмет исследования – сорт риса Диамант. Испытуемый агрохимикат – микроудобрение Форрис, содержащее в своем составе K_2O – 17,0 % и SiO_2 – 12,0 %.

Схема опыта включала:

- 1 – Контрольный вариант – без проведения некорневой подкормки;
- 2 – Форрис (150 мл/га);
- 3 – Форрис (300 мл/га);
- 4 – Форрис (450 мл/га).

Некорневая подкормка проводилась в начале фазы кущения растений риса, расход рабочего рас-

твора составлял во всех вариантах (кроме контрольного) – 100 л/га. Учетная площадь опытных делянок – 20 м², повторность – четырехкратная.

Отбор проб растений риса для проведения исследований и определения ростовых показателей, интенсивности фотосинтетических процессов, урожайности риса, анализа изменения структурных показателей урожая и качества зерна риса для выявления эффективности и целесообразности применения микроудобрения Форрис, проводили по общепринятым стандартным методикам [4, 5, 7].

Результаты и обсуждение

Обработка растений в начале кущения испытуемым микроудобрением оказала воздействие на них в онтогенезе, начиная с III этапа. Именно на этом этапе усиленно разрастается конус нарастания и закладывается зачаточная метелка и, в дальнейшем, активируется рост и нарастание вегетативной массы.

Применение в технологии выращивания риса препарата Форрис, содержащего в своем составе калий и кремний, благоприятно сказалось на ростовых процессах (высота – 74,3 – 78,4 см, в контроле – 71,4 см; биомасса – 10,20 – 10,69 и 7,72 г/растение, сухая масса надземных органов – 2,75 – 2,95 г и 1,81 г соответственно). При применении испытуемого микроудобрения существенно активизировался процесс накопления сухого вещества (26,2 – 27,6 %, в контроле – 23,4 %), что говорит о благоприятном воздействии агрохимиката Форрис на интенсивность прохождения ассимиляционных процессов в растениях. Из испытуемых доз микроудобрения, оптимальные условия для роста растений были созданы при его использовании в дозе 300 мл/га, при которой показатели роста, представленные в таблице 1, были самыми высокими.

Таблица 1. Активность ростовых процессов растений риса в зависимости от применения микроудобрения Форрис (Краснодар, 2016 – 2018 гг.)

Вариант	Высота растения риса, см	Биомасса надземных органов, г/растение	Сухая масса надземных органов, г/растение	Накопление сухого вещества, %
1	71,4	7,72	1,81	23,4
2	75,4	10,36	2,71	26,2
3	78,4	10,69	2,95	27,6
4	74,3	10,20	2,75	27,0
НСР ₀₅	2,6	0,32	0,06	0,2

Усиление роста в вариантах с применением испытуемого препарата способствовало нарастанию и рациональному перераспределению накопившихся ассимилятов в формирующиеся зерновки, что сказалось на их выполненности и снижении процента пустых колосков.

Из представленных в таблице 2 данных видно, что при применении микроудобрения Форрис в некорневую подкормку растений риса (фаза кущения)

активизировался процесс побегообразования (общая кустистость – 1,4 – 1,8, в контроле – 1,0 шт. стеблей), причем число продуктивных стеблей возрастало в 1,4 – 1,8 раза. Применение микроудобрения Форрис (опытные варианты) позволило растениям риса образовать метелки, существенно превосходящие таковые контрольный вариант по длине (15,4 – 16,5 см, в контрольном варианте – 14,6 см), общему числу колосков в метелке (139,9 – 165,5 шт. и 112,6 шт.)

и весу (3,50 – 4,19 и 2,60 г). В вариантах с применением микроудобрения Форрис, особенно в средней дозе (300 мл/га), количество пустозерных метелок было значительно меньше, чем в контрольном варианте (пустозерность – 11,1 %, в контроле – 16,3 %).

В указанном варианте абсолютные значения главных элементов структуры урожая (озерненность и масса зерна с растения) были самые высокие, что и предопределило повышение урожайности.

Таблица 2. Изменение структурных показателей растений риса в зависимости от применения микроудобрения Форрис (Краснодар, 2016 – 2018 гг.)

Вариант	Кустиность, шт. стеблей/растение		Длина метелки, см	Озерненность, шт.		Масса, г/растение		Уборочный индекс, т ₃ /тс
	общая	продуктивная		общая	в т.ч. стерильных колосков	зерна, т ₃	соломы т _с	
1	1,0	1,0	14,6	112,6	18,4	2,60	2,93	0,89
2	1,6	1,4	15,7	150,9	20,0	3,75	3,79	0,99
3	1,8	1,6	16,3	165,5	18,4	4,19	4,11	1,02
4	1,4	1,3	15,4	139,9	17,2	3,50	3,65	0,96
НСР ₀₅	0,05	0,05	0,5	4,9	0,7	0,12	0,12	

Наиболее высокие значения показателей урожая зерна риса (прибавка к контролю – 16,7 %, при урожайности в контроле 10,8 ц/га) были отмечены при проведении некорневой подкормки растений риса препаратом Форрис в дозе 300 мл/га в начале куще-

ния (табл. 3). При этом следует отметить, что повышение или понижение применяемых доз микроудобрения Форрис (150 и 450 мл/га) также положительно воздействовало на урожайность (78,2 и 76,8 ц/га, против 70,8 ц/га – без применения микроудобрения).

Таблица 3. Результаты воздействия микроудобрения Форрис на урожайность риса (Краснодар, 2016 – 2018 гг.)

Вариант	Урожайность риса, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
1	70,8	–	–
2	78,2	7,4	10,5
3	82,6	11,8	16,7
4	76,8	6,0	8,5
НСР ₀₅	3,6		

Отмечено также положительное влияние препарата Форрис и на качество риса-сырца.

Вследствие усиления синтетических процессов, при применении в качестве некорневой подкормки микроудобрения Форрис были сформированы крупные зерна с высокими значениями показателей качества риса-зерна (натура – 549,9 – 565,7 г/л, в контрольном варианте – 539,1 г/л, масса 1000 зерен – 27,6 – 28,1 г и 26,3 г). Кулинарные качества

зерна риса (стекловидная консистенция эндосперма зерна) также улучшились при применении микроудобрения Форрис (97,0 – 98,0 %, в контроле – 88,0 %), как и товарные (трещиноватость 5,8 – 4,2 % и 9,5 % соответственно). Анализ показателей, приведенных в таблице 4 показал, что наиболее качественное зерно риса было образовано при применении препарата Форрис в дозе 300 мл/га (табл. 4).

Таблица 4. Показатели качества риса-зерна в зависимости от микроудобрения Форрис (Краснодар, 2016 – 2018 гг.)

Вариант	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Трещиноватость, %
1	539,1	26,3	88,0	9,5
2	559,9	27,8	97,5	5,4
3	565,7	28,1	98,0	4,2
4	549,9	27,6	97,0	5,8
НСР ₀₅	19,3	1,0	0,9	1,2

Выводы

Использование микроудобрения Форрис при выращивании риса (некорневая подкормка в начале кущения) целесообразно и эффективно вследствие того, что испытуемый препарат усиливает рост растений риса, способствует увеличению площади листьев, накоплению сухого вещества надземными органами, повышению активности фотосинтетиче-

ских процессов, повышению урожайности (прибавка 8,5 – 16,7 %) и качества зерна риса.

Наиболее эффективной оказалась некорневая подкормка растений риса микроудобрением Форрис в дозе 300 мл/га (расход рабочего раствора – 100 л/га), проведенная в начале кущения. Этот прием позволил получить максимальный урожай (82,6 ц/га, в контроле – 70,8 ц/га) высококачественного зерна риса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин, Е. П. Минеральное питание / Е. П. Алешин, А. П. Сметанин. – Краснодар, 1965. – 208 с.
2. Алешин, Н. Е. Кремниевое питание риса / Н. Е. Алешин // Сельское хозяйство за рубежом. – 1982. – № 6. – С. 9 – 14.
3. Барчукова, А. Я. Эффективность применения на рисе регуляторов роста / А. Я. Барчукова, А. Алекберов, И. Юрченко, Т. Науменко, Ф. Коломиец // Регуляторы роста и развития растений. – Ч. 1. – М.: МСХА, 1999. – 152 с.
4. Годнев, Т. Н. Хлорофилл, его строение и образование в растениях / Т. Н. Годнев. – Минск, 1963. – 319 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985.
6. Косулина, Т. П. Создание и применение регуляторов роста растений на Кубани (обзор) / Т. П. Косулина, В. Г. Калашникова, С. В. Маслов, А. Я. Барчукова, Н. В. Чернышева, Т. В. Воскобойникова // Плодородие. – 2007. – № 1(34). – С. 26 – 28.
7. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович // XV Тимирязевские чтения. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
8. Томашевич, Н. С. Эффективность применения лигногуматов на рисе / Н. С. Томашевич, А. Я. Барчукова, Н. В. Чернышева, В. А. Ладатко // Труды Кубанского аграрного университета. – 2013. – № 43. – С. 63 – 66.
9. Шеуджен, А. Х. Проблемы применения микроэлементов в рисоводстве Российской Федерации / А. Х. Шеуджен // Рисоводство. – 2004. – № 4. – С. 73 – 80.
10. Шеуджен, А. Х. Агрохимия и физиология питания риса / А. Х. Шеуджен. – М.: РАЕН, 2008. – 66 с.

REFERENCES

1. Aleshin, E. P. Mineral nutrition / E. P. Aleshin, A. P. Smetanin. – Krasnodar, 1965. – 208 p.
2. Aleshin, N. E. Silicon nutrition of rice / N. E. Aleshin // Agriculture abroad. – 1982. – № 6. – P. 9 – 14.
3. Barchukova, A. Y. Efficiency of application of growth regulators on rice / A. Y. Barchukova, A. Alekberov, I. Yurchenko, T. Naumenko, F. Kolomiets // Plant growth and development regulators. – P. 1. – Moscow: MSHA, 1999. – 152 p.
4. Godnev, T. N. Chlorophyll, its structure and formation in plants / T. N. Godnev. – Minsk, 1963. – 319 p.
5. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience / B. A. Dospekhov. – Moscow: Kolos, 1985.
6. Kosulina, T. P. Creation and application of plant growth regulators in Kuban (review) / T. P. Kosulina, V. G. Kalashnikova, S. V. Maslov, A. Y. Barchukova, N. V. Chernysheva, T. V. Voskoboynikova // Fertility. – 2007. – № 1(34). – Pp. 26 – 28.
7. Nichiporovich, A. A. Photosynthesis and the theory of obtaining high yields / A. A. Nichiporovich // XV Timiryazev readings. – Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1956.
8. Tomashevich, N. S. Efficiency of Lignohumate application on rice / N. S. Tomashevich, A. Y. Barchukova, N. V. Chernysheva, V. A. Ladatko // Proceedings of the Kuban agrarian University. – 2013. – №. 43. – P. 63 – 66.
9. Sheudzhen, A. H. Problems of application of trace elements in rice farming in the Russian Federation / A. H. Sheudzhen // RICE GROWING, 2004, № 4. – Pp. 73 – 80.
10. Sheudzhen, A. H. Agrochemistry and physiology of rice nutrition / A. H. Sheudzhen. – Moscow: RAEN, 2008. – 66 p.

Наталья Викторовна Чернышева

Профессор кафедры прикладной экологии
факультета агрономии и экологии
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Natalya V. Chernisheva

Professor, Department of applied ecology
faculty of agronomy and ecology
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Алла Яковлевна Барчукова

Профессор кафедры физиологии
и биохимии растений факультета агрохимии
и защиты растений
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Янис Константинович Тосунов

Доцент кафедры физиологии
и биохимии растений факультета агрохимии
и защиты растений
E-mail: tosunyanis@yandex.ru

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

Alla Y. Barchukova

Professor, Department of physiology
and biochemistry of plants faculty
of agricultural chemistry and plant protection
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Janis K. Tosunov

Associate Professor, Department of physiology
and biochemistry of plants faculty
of agricultural chemistry and plant protection
E-mail: tosunyanis@yandex.ru

All: FSBEI of Higher Education «Kuban State
Agrarian University named after I. T. Trubilin»,
13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-85-89
УДК 631.8.633.853.52

А. Я. Барчукова, канд. с.-х. наук,
Н. В. Чернышева, канд. биол. наук,
Я. К. Тосунов, канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОХИМИКАТА ГРЕЙНСЕТ НА ПРОЦЕССЫ РОСТА, УРОЖАЙНОСТЬ И МАСЛИЧНОСТЬ СЕМЯН СОИ

Постановка эксперимента по выявлению биологической результативности препарата ГрейнСет на сое сорта Вилана осуществлялась в полевых условиях на производственном поле Кубанского государственного аграрного университета, в учхозе «Кубань» (отд. 1) на выщелоченном малогумусном черноземе. Сорт сои Вилана имеет высокую потенциальную семенную продуктивность, тем не менее, необходимо разрабатывать такие приемы возделывания сои, которые позволят получить значительную прибавку урожая высокого качества. Результаты исследований показали, что применение органо-минерального удобрения ГрейнСет в технологии возделывания сои приводит к увеличению ростовых процессов и процессов ветвления, листового аппарата, биомассы и сухой массы надземных органов. При применении препарата ГрейнСет возрастают работоспособность листьев и содержание в них пигментов, что обеспечило листьям работу на урожай продолжительнее и более продуктивно. Следует отметить, что сила действия испытуемого препарата на рост растений сои, формирование репродуктивных органов, урожайность и качество семян сои в значительной степени зависели от кратности проведения некорневых подкормок и нормы расхода препарата. Значительное увеличение урожая сои – 16,6 %, при таковой в контрольном варианте 15,7 ц/га, наблюдалось при некорневой обработке дважды (1-я – в период образования 2-3 листьев, 2-я – в бутонизацию) агрохимикатом ГрейнСет в дозе 0,6 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га. Это способствовало активизации процесса накопления масла в семенах сои, что повысило их масличность на 1,5 % (22,2 %, в контроле – 20,7 %). При повышении или понижении нормы расхода препарата ГрейнСет показатели урожайности и содержания масла в семенах ухудшались.

Ключевые слова: соя, препарат ГрейнСет, некорневая подкормка, активизация, рост, листообразование, фотосинтез, плодообразование, повышение урожайности, содержание в семенах масла.

THE IMPACT OF GREENSET OF AGROCHEMICAL ON THE GROWTH, YIELD AND OIL CONTENT OF SOYBEAN SEEDS

Setting up an experiment to identify the biological effectiveness of the GrainSet preparation on Vilana soy was carried out in the field at the experimental site of the Kuban state agrarian University, in the Kuban state agricultural farm (Dep. 1) on leached low-humus Chernozem. The Vilana soybean variety has a high potential seed productivity, however, it is necessary to develop such methods of soybean cultivation that will allow you to get a significant increase in the yield of high quality. The results of research have shown that the use of organo-mineral fertilizer GrainSet in the technology of soybean cultivation increases the growth processes and branching processes, increasing the leaf apparatus, biomass and dry mass of aboveground organs. When using the GrainSet preparation, the efficiency of the leaves and the content of pigments in them increase, which provided the leaves with longer and more productive work for the crop. It should be noted that the strength of the tested drug on the growth of soy plants, the formation of reproductive organs, the yield and quality of soy seeds largely depended on the frequency of non-root fertilizing and the rate of consumption of the drug. A significant increase in soybean crop is 16.6 %, while that in the control variant of 15.7 kg/ha was observed with foliar twice (1st at the time of the formation of 2 – 3 leaves, 2-l – budding) of the agrochemical Greenset in the dose of 0.6 l/ha solution consumption 300 l/ha. This contributed to the activation of the process of oil accumulation in soybean seeds, which increased their oil content by 1.5 % (22.2 %, in the control – 20.7 %). When the rate of consumption of the Grainset preparation increased or decreased, the indicators of yield and oil content in seeds deteriorated.

Key words: soybean, the preparation of GrainSet, foliar feeding, activation, growth, leaf formation, photosynthesis, fruit formation, increased yield, oil content in seeds.

Введение

Соя, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, для образования урожая требует в значительной мере больше элементов минерального питания, скачкообразно потребляя их по фазам развития. Азот в значительных количествах требуется сое в фазах цветения и формирования бобов, фосфор – во время образования бобов, калий – спустя три

месяца после всходов. Несмотря на высокую требовательность сои, азотные удобрения до ее посева не следует вносить, фосфорные удобрения эффективны при показателях фосфора (P_2O_5) в почве ниже 45 кг/га, калийные удобрения под сою практически не применяются. На образование 1 т семян соя тратит 75 – 100 кг азота, 20 – 30 кг фосфора, 30 – 50 кг калия.

Использование азота, фосфора и калия возрастает по мере нарастания надземной биомассы. Наибольшее их потребление отмечается в фазе формирования бобов и в начале налива семян. Эффективны некорневые подкормки комплексными удобрениями с включением молибдена, бора, кобальта, марганца в начале налива семян [1, 9].

Цель исследований

Определить степень воздействия некорневых подкормок сои органо-минеральным удобрением ГрейнСет на ростовые процессы, фотосинтез, формирование репродуктивных органов, урожайность семян сои и содержание в них масла.

Материалы и методы

Полевые опыты были поставлены на полях учхоза «Кубань» (отделение 1) на выщелоченном черноземе.

Погодные условия в течение вегетационного периода растений сои значительно отличались от средних многолетних. В мае – августе средняя температура превышала среднюю многолетнюю; дневные температуры в этот период поднимались до +35 – 40 °С и держались длительное время, что в некоторой степени ингибировало рост растений сои. Во время созревания прошли ливневые дожди, что отрицательно сказалось на емкости наполнения семян, урожайности и качестве семян.

Объект исследования – соя Вилана – среднеранний сорт (период вегетации составляет 115 – 118 дней), обладающий значительной возможностью формирования семян.

Агрохимикат, используемый в исследованиях – органо-минеральное удобрение ГрейнСет, в своем составе имеет: FeSO_4 – 8,0 %, ZnSO_4 – 9,0 %, CuSO_4 – 8,0 %, MnSO_4 – 2,6 %, экстракт Юкка Шидигера – 3,5 %, продукты ферментации питательных веществ – 68,9 %.

Схема опыта:

1 – Контроль – без проведения некорневой подкормки;

2 – ГрейнСет – некорневая подкормка растений в фазе 2 – 3 листьев (0,6 л/га);

3 – ГрейнСет – некорневая подкормка растений в фазе 2 – 3 листьев (1,0 л/га);

4 – ГрейнСет – некорневая подкормка растений дважды: в период образования 2 – 3 листьев и в бутонизацию (0,6 л/га).

Расход рабочего раствора – 300 л/га. Учетная площадь делянки – 25 м², повторность – четырехкратная.

Для измерения интенсивности ростовых процессов растений сои, формирования урожайности, изменения ее структурных элементов, а также анализа изменения масличности использовали общепринятые стандартные методики [2, 4].

Результаты и обсуждение

Имеющиеся в структуре агрохимиката ГрейнСет элементы выполняют присущие им функции. Железо и марганец усиливают синтез хлорофилла в листьях, а, следовательно, и фотосинтетическую деятельность растений. Магний, медь и цинк существенно влияют на поступление и содержание в растениях элементов минерального питания [7, 8]. При этом, все эти элементы в той или иной степени очевидно или опосредованно воздействуют на рост растений.

Известно также, что многие агрохимикаты и регуляторы роста одновременно стимулируют рост растений и повышают устойчивость их к различного рода стрессам [3, 5, 6]. Представленные в таблице 1 данные указывают на то, что проведенная некорневая подкормка растений сои препаратом ГрейнСет, воздействуя положительно на процесс притока элементов минерального питания в растения, стимулирует процесс роста растений сои.

Таблица 1. Ростовые процессы растений сои в зависимости от агрохимиката ГрейнСет (Краснодар, 2016 г.)

Вариант	Высота растений сои, см	Биомасса надземных органов, г/растение	Сухая масса надземных органов, г/растение
1	101,1	58,55	22,07
2	107,6	64,98	24,37
3	114,4	69,86	26,06
4	121,5	75,68	27,93
НСР ₀₅	3,9	2,35	0,88

Растения опытных вариантов, по сравнению с контрольными, были значительно выше (107,6 – 121,5 см, в контроле – 101,1 см) и обладали большей массой надземных органов (сырая: 64,98 – 75,68, в контроле – 58,55 г; сухая: 24,37 – 27,93 и 22,07 г/растение соответственно). При этом следует отметить, что сила действия препарата ГрейнСет на высоту и массу надземных органов сои имела прямую зависимость от дозы и кратности его применения. Максимальные абсолютные значения отмечены при осуществлении некорневой подкормки растений сои дважды – в фазе

2 – 3 листьев и в бутонизацию с нормой расхода препарата 0,6 л/га.

Накопление сухого вещества является функцией процесса ассимиляции. Абсолютный прирост сухой массы надземных органов возрастает пропорционально увеличению площади листовой поверхности. Из таблицы 2 видно, что применение в технологии возделывания сои испытуемого препарата усилило процесс листообразования, наибольшее количество листьев и ассимиляционная поверхность отмечены в варианте с проведением двухкратной некорневой

подкормки – в фазе 2 – 3 листьев и в фазу бутонизации (число листьев – 11,2 шт., площадь листьев –

841,1 см², в варианте без применения некорневой подкормки – 8,1 шт. и 674,6 см²).

Таблица 2. Нарастание листьев и продуктивность фотосинтеза растений сои в зависимости от агрохимиката ГрейнСет (Краснодар, 2016 г.)

Вариант	Количество листьев, шт.	S листьев, см ²	Продуктивность работы листьев, г/дм ²	Содержание пигментов в листьях, мг/г сыр. в-ва	
				хл. a+b	каротиноид
1	8,1	674,6	3,27	3,19	1,21
2	9,4	733,7	3,32	3,47	1,39
3	10,4	796,6	3,38	3,72	1,52
4	11,2	841,1	3,32	4,11	1,70
НСР ₀₅	0,4	26,5			

Значительно возросшая листовая поверхность в опытных вариантах обусловлена повышением жизнеспособности и эффективности жизнедеятельности листового аппарата (3,32 – 3,38, в контроле – 3,27 г/дм²).

Составляющие минерального питания растений, участвуя в обменных и ростовых процессах, воздействуют прямо или опосредованно на интенсивность фотосинтеза. Более активно фотосинтез протекает у тех растений, которые при обмене веществ обеспечиваются значительным количеством пластидных пигментов. При применении препарата ГрейнСет содержание пигментов в листьях растений сои значительно увеличивалось (хлорофилл a+b – 3,47 – 4,11, в контроле – 3,19 мг/г; каротиноиды – 1,39 – 1,70 и 1,21 мг/г сыр. в-ва соответственно).

Некорневая подкормка агрохимикатом ГрейнСет в фазе 2 – 3 листьев, особенно дважды – в фазе

2 – 3 листьев и в фазу бутонизации, усугубляя режим азотного питания, способствует более активному росту растений, улучшению фотосинтетических и репродуктивных процессов.

Некорневая подкормка растений препаратом ГрейнСет усиливает процесс ветвления (2,8 – 3,1 шт. ветвей, в контроле – 2,6 шт.), что, в свою очередь положительно влияет на процесс образования репродуктивных органов растений сои (число бобов на растении 37,2 – 42,8 и 34,4 шт. – в контроле; число семян на растении – 57,9 – 68,7 и 51,7 шт. в контроле), а также на накопление массы (масса 1000 семян – 146,4 – 153,1, в контроле – 139,8 г). Нарастание массы семян с растения при использовании агрохимиката ГрейнСет для некорневой подкормки (8,48 – 10,56, в контроле – 7,18 г) положительно сказалось на повышении урожайности сои (табл. 3).

Таблица 3. Формирование элементов структуры урожая сои в зависимости от агрохимиката ГрейнСет (Краснодар, 2016 г.)

Вариант	Число, шт./растение			Масса, г/растение		Масса 1000 семян, г
	ветвей	бобов	семян	бобов	семян	
1	2,6	34,4	51,7	11,19	7,18	139,8
2	2,8	37,2	57,9	12,61	8,48	146,4
3	3,0	40,6	64,1	14,18	9,65	150,7
4	3,1	42,8	68,7	14,75	10,56	153,1
НСР ₀₅	0,1	1,4	2,1	0,45	0,31	5,1

Анализ данных таблицы 4 показывает, что проведение некорневых подкормок испытуемым органом-минеральным удобрением обусловило получение значительной прибавки урожая сои при применении препарата ГрейнСет (урожайность – 16,8 – 18,3 ц/га, в контроле – 15,79 ц/га, прибавка урожая – 7,0 – 16,6 %).

Самая значительная прибавка урожая (16,6 %) была отмечена в варианте 4, в котором некорневая подкормка растений сои агрохимикатом ГрейнСет была проведена дважды (1-я в фазе 2 – 3 листьев, 2-я – в фазу бутонизации) в дозе 0,6 л/га (расход

рабочего раствора – 300 л/га). В этом же варианте сложились благоприятные условия для активизации накопления масла в семенах сои, что обусловило высокие значения этого показателя (22,2 %, в контроле – 20,7 ц/га) и высокий сбор масла (40,6 ц/га, в контроле – 3,25 ц/га).

Существенное повышение урожайности и масличности семян сои под действием испытуемого препарата обусловлено, очевидно, не только оптимизацией режима питания, но и повышением устойчивости растений к климатическим стрессам.

Таблица 4. Урожайность сои и выход масла в зависимости от агрохимиката ГрейнСет (Краснодар, 2016 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Масличность семян, %	Сбор масла с гектара, ц/га
		ц/га	%		
1	15,7	-	-	20,7	3,25
2	16,8	1,1	7,0	21,1	3,54
3	17,4	1,7	10,8	21,7	3,78
4	18,3	2,6	16,6	22,2	4,06
НСР ₀₅	0,8			0,4	0,25

Выводы

– Проведение некорневой подкормки растений сои органо-минеральным удобрением ГрейнСет стимулирует рост растений в высоту, нарастание листового аппарата, массы (сырой и сухой) надземных органов;

– усиливает процесс образования ветвей, образования большего количества бобов и семян на растении;

– повышает урожайность семян сои на 7,0 – 16,6 %

(урожайность без проведения некорневой подкормки – 15,7 ц/га) и качество семян (массу 1000 семян – 146,1 – 153,1 г, в контроле – 139,8 г; содержание масла в семенах – 21,1 – 22,2 г, в контроле – 20,7 %);

– наиболее эффективной оказалась двукратная подкормка растений сои (в фазе 2 – 3 листьев и бутонизации) препаратом ГрейнСет в дозе 0,6 л/га (расход рабочего раствора – 300 л/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов, В. Ф. Соя на Кубани / В. Ф. Баранов, А. В. Кочегура, В. М. Лукомец. – Краснодар, 2009. – 321 с.
2. Годнев, Т. Н. Хлорофилл, его строение и образование в растениях / Т. Н. Годнев. – Минск, 1963. – 319 с.
3. Ненько, Н. И. Средство для повышения устойчивости растений риса к засолению, плодовых косточковых культур и сахарной свеклы к засухе и озимой пшеницы к засухе и поражению грибковыми заболеваниями // Н. И. Ненько, Т. П. Косулина, В. Г. Кульневич, В. П. Смоляков, Г. Е. Гоник, Ю. С. Пospelova, Л. Я. Кныр, А. Я. Барчукова, Е. П. Алешин, П. А. Галенко-Ярошевский. – Патент на изобретение RUS 2042326.
4. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович // XV Тимирязевские чтения. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
5. Посконин, В. В. Средство, одновременно стимулирующее рост растений и повышающее их устойчивость к засухе / В. В. Посконин, Л. А. Бадовская, Н. И. Ненько, А. Я. Барчукова, В. М. Ковалев // Патент на изобретение RUS 2133092, 1992.
6. Федюлов, Ю. П. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: учеб. пособие / Ю. П. Федюлов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, Я. К. Тосунов, А. Я. Барчукова, Ю. В. Подушин, Л. А. Оберюхтина. – Краснодар, 2015.
7. Чернавская, Н. М. Роль марганца при выделении кислорода в фотосинтезе / Н. М. Чернавина, Л. Ю. Васильева // Физиология растительных организмов и роль металлов. – М.: МГУ, 1989. – С. 56 – 117.
8. Чернавина, И. А. Физиология и биохимия микроэлементов / И. А. Чернавина. – М.: Высшая школа, 1970. – 310 с.
9. Шеуджен, А. Х. Агрохимия / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.

REFERENCES

1. Baranov, V. F. Soy in Kuban / V. F. Baranov, A. V. Kochegura, V. M. Lukomets. – Krasnodar, 2009. – 321 p.
2. Godnev, T. N. Chlorophyll, its structure and formation in plants / T. N. Godnev. – Minsk, 1963. – 319 p.
3. Nenko, N. I. A means for increasing the resistance of rice plants to salinity, fruit stone crops and sugar beet to drought and winter wheat to drought and fungal diseases / N. I. Nenko, T. P. Kosulina, V. G. Kulnevich, V. P. Smolyakov, G. E. Gonik, Y. S. Pospelova, L. Y. Knyr, A. Y. Barchukova, E. P. Aleshin, P. A. Galenko-Yaroshevsky. – Patent for invention RUS 2042326.
4. Nichiporovich, A. A. Photosynthesis and the theory of obtaining high yields / A. A. Nichiporovich // XV Timiryazev readings. – Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1956.
5. Poskonin, V. V. A means of simultaneously stimulating the growth of plants and increases their resistance to drought / V. V. Poskonin, L. A. Badovskaya, N. I. Nenko, A. Y. Barchukova, V. M. Kovalev // Patent for invention RUS 213092, 1992.
6. Fedulov, Y. P. Plant resistance to adverse environmental factors: textbook / Y. P. Fedulov, V. V. Kotlyarov, K. A. Dotsenko, J. K. Tosunov, A. Y. Barchukova, Y. V. Podushin, L. A. Oberytina. – Krasnodar, 2015.
7. Chernavskaya, N. M. The role of manganese in the release of oxygen in photosynthesis / N. M. Chernavskaya, L. Y. Vasilieva // Physiology of plant organisms and the role of metals. – Moscow: MSU, 1989. – P. 56 – 117.

8. Chernavina, I. A. Physiology and biochemistry of trace elements / I. A. Chernavina. – Moscow: Higher school, 1970. – 310 p.

9. Sheudzhen, A. H. Agrochemistry / A. H. Sheudzhen, V. T. Kurkaev, N. S. Kotlyarov. – Maykop: Publishing House «Afisha», 2006. – 1075 p.

Алла Яковлевна Барчукова

Профессор кафедры физиологии
и биохимии растений факультета агрохимии
и защиты растений
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Наталья Викторовна Чернышева

Профессор кафедры прикладной экологии
факультета агрономии и экологии
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Янис Константинович Тосунов

Доцент кафедры физиологии
и биохимии растений факультета агрохимии
и защиты растений
E-mail: tosunyanis@yandex.ru

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

Alla Y. Barchukova

Professor Department of physiology
and biochemistry of plants faculty
of agricultural chemistry and plant protection
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Natalya V. Chernisheva

Professor Department of applied ecology faculty
of agronomy and ecology
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

Janis K. Tosunov

Associate Professor Department of physiology
and biochemistry of plants faculty
of agricultural chemistry and plant protection
E-mail: tosunyanis@yandex.ru

All: FSBEI of Higher Education «Kuban State
Agrarian University named after I. T. Trubilin»,
13, Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-90-98
УДК 633.18:681.518

С. В. Гаркуша, д-р с.-х. наук, профессор,
М. А. Скаженник, д-р биол. наук,
М. И. Чеботарев, д-р. техн. наук, профессор,
С. В. Кизинёк, д-р с.-х. наук,
В. С. Ковалёв, д-р с.-х. наук, профессор
Е. Н. Киселёв, канд. геогр. наук,
В. Н. Чижиков, канд. с.-х. наук,
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБАЙНА TUCANO 580 В УСЛОВИЯХ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

На базе ФГБНУ «ФНЦ риса» были проведены исследования по оценке эффективности использования комбайна TUCANO-580, оборудованного для уборки риса с подборщиком P420. Установлено, что комбайн успешно работал на обмолоте риса со сменной производительностью около 20 т. в час. Показатели качества работы комбайна соответствовали агротехническим требованиям (АТТ) и составили: общие потери зерна за комбайном 1,99 %, в том числе за молотилкой 1,55 % и за подборщиком 0,44 %. Дробление и обрушивание бункерного зерна составило 1,2 %, что соответствует нормативу АТТ – не более 4,0 %. Содержание сорной примеси составило 0,8 % (по АТТ не более 5,0 %). Наряду с этим, была отработана методика обработки данных с мультиспектральной камеры по результатам съемки беспилотным воздушным судном (БВС) и спутником Sentinel-2A. На основе спектральных снимков опытных полей созданы цифровые карты пространственного распределения нормализованного относительного индекса растительности (NDVI). По данным системы CLAAS TELEMATICS построены карты урожайности. Проведена корректировка цифровой топографической основы тестовых полигонов с добавлением необходимых векторных слоев по результатам обработки спектральной съемки. В результате проведенной работы дана положительная оценка эффективности работы комбайна, подготовлена основа для создания геоинформационной базы в информационной системе по применению прецизионных технологий в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: рис, комбайн, уборка зерна, структурный коэффициент опережения, индекс NDVI, картирование урожая.

EFFICIENCY OF USING THE TUCANO 580 COMBINE IN THE CONDITIONS OF THE RICE IRRIGATION SYSTEM

On the basis of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Rice", studies were conducted to evaluate the effectiveness of the use of the TUCANO 580 combine equipped for harvesting rice with the P420 pick-up. It was established that the combine successfully worked on threshing rice with a shift capacity of about 20 tons per hour. The performance indicators of the combine met the agro-technical requirements (ATT) and amounted to: the total grain loss for the combine 1.99 %, including for the thresher 1.55 % and for the pick-up 0.44 %. Crushing and breaking of bunker grain amounted to 1.2 %, which corresponds to the ATT standard – not more than 4.0 %. The content of weed impurities was 0.8 % (for ATT no more than 5.0 %). Along with this, a technique was developed for processing data from a multispectral camera based on the results of surveying by an unmanned aerial vehicle (BVS) and the Sentinel-2A satellite. Based on spectral images, experimental fields, digital maps of the spatial distribution of the normalized relative vegetation index (NDVI) have been created. According to the CLAAS TELEMATICS system, yield maps were constructed. The digital topographic basis of the test ranges was adjusted with the addition of the necessary vector layers based on the results of processing the spectral survey. As a result of the work, a positive assessment of the efficiency of the combine is given, the basis for the creation of a geoinformation base in the information system for the application of precision technologies in agriculture is prepared.

Key words: rice, combine harvester, grain harvesting, structural advancing coefficient, NDVI index, crop mapping.

Введение

Применение инновационных технологий в производстве сельскохозяйственной техники позволило создать комбайны нового поколения [1 – 4]. В современных зерноуборочных комбайнах используют усовершенствованные агрегаты, узлы и рабочие органы, что повышает производительность и надёжность работы техники. Преимущество современных ком-

байнов – это высокая производительность, сезонная наработка в среднем составляет 2000 га.

Существующий комбайновый парк в рисоводстве России представлен в основном отечественными и зарубежными машинами.

Исследования по определению производительности и затрат на уборку (основные и дополнительные) при эксплуатации комбайнов разных производителей

лей, таких как John Deere, New Holland и др. изучены в ряде работ, но они не определяют эффективность работы комбайнов в целом и рисоуборочных в частности [5 – 7].

Исходя из изложенного, необходимо провести исследования направленные на изучение эффективности работы комбайна TUCSNO 580 модернизированного под уборку риса.

Цель исследований

Провести оценку эффективности работы комбайна TUCSNO 580, модернизированного под уборку риса, и анализ пространственного распределения урожайности.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели была проведена оцифровка опытных полей с применением беспилотного воздушного судна (БВС), созданы карты с пространственным распределением индекса NDVI. В информационной системе CLAAS TELEMATICS были сформированы карты урожайности опытных полей.

Объектом исследования был комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса с системой CLAAS TELEMATICS PROFESSIONAL,

который предназначен для прямого и раздельного комбинирования зерновых колосовых, зернобобовых, масличных и других культур во всех зернопроизводящих районах Российской Федерации. С применением дополнительного оборудования комбайн имеет возможность уборки подсолнечника, кукурузы на зерно, а также риса (рис. 1).

Комбайн выполняет следующие операции:

- срез зерностебельной массы, обмолот, сепарацию и очистку зерна, сбор зерна и накопление его в бункере с последующей выгрузкой в транспортное средство;
- укладку обмолоченной стебельной массы в валок;
- измельчение обмолоченной стебельной массы с разбрасыванием ее по полю.

Комбайн, оборудованный для уборки риса, оснащен специальным дополнительным оборудованием, основными элементами которого являются: штифтовой молотильный барабан, основное подбарабанье со статично установленными штифтами, усиленная зерно транспортирующая система, два гусеничных движителя, мостовые консоли, мостовые распорки и лестница для гусеничного движителя с механизмами подъема вверх.



Рисунок 1. Комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса, с подборщиком P420

Технологический процесс обмолота. Зерно-стебельная масса из наклонной камеры поступает под ускорительный барабан и из-под него к обмолачивающему барабану, где происходит основной обмолот и первичная сепарация вымолоченного зерна. Обмолоченная стебельная масса, отраженная отбойным битером, поступает в сепарирующий ротор, за-

дача которого отделить зерно, которое не отсепарировалось в молотильном сепарирующем устройстве.

Процесс обмолота происходит во время прохода рабочих органов (штифтов) по метелке или в результате их перемещения друг относительно друга, т.е. в результате «прочесывания».

Молотильное устройство комбайна TUCANO 580 системы APS используемая для обмолота риса (рис. 2) состоит из барабан-ускорителя (1), предварительного подбарабана (2), основного молотиль-

ного барабана (3), основного подбарабана (4), отбойного бitera (5).

Диаметр основного молотильного барабана – 450 мм, ширина молотилки – 1580 мм (рис. 2).

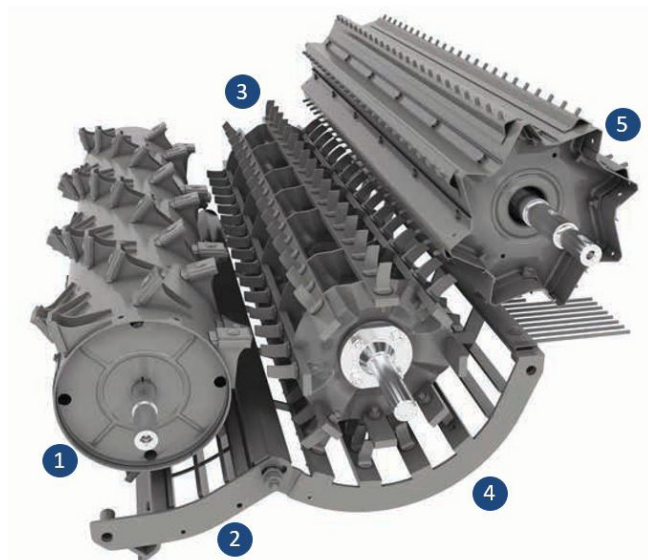


Рисунок 2. Молотильное устройство комбайна TUCANO 580 системы APS (рисовая система обмолота)

Испытания зерноуборочного комбайна TUCANO-580, оборудованного для уборки риса, проводились на подборе и обмолоте валков риса сорта «Фаворит» (опыт 1) на полях ФГБНУ «ФНЦ риса» и сорта «Патриот» (опыт 2) на полях ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А. И. Майстренко специалистами ФГБУ «Кубанская МИС» в соответствии с агротехническими требованиями (АТТ) [8].

Для комплексной оценки эффективности использования парка зерноуборочных комбайнов рассчитывали структурный коэффициент опережения. Его определяли отношением структурной удельной массы зерна, намолоченного каждым комбайном, либо группой комбайнов в составе валового намолота, к структурному удельному весу численности этих комбайнов в составе всего работающего комбайнового парка [9].

Для оцифровки опытных участков применяли БВС, автономный полет которого проводился на высоте около 300 м, что является оптимальным для решения поставленной задачи.

Мониторинг состояния посевов риса проводили с использованием данных спутника Sentinel-2A, которые охватывали весь анализируемый период (05.06.2019 – 29.08.2019).

Перед уборкой риса в информационную систему CLAAS TELEMATICS был загружен векторный слой контуров опытных участков для создания раstra с пространственным распределением урожайности.

Полученные карты урожайности использовали для обработки геостатистическими методами.

Система CLAAS TELEMATICS PROFESSIONAL с функцией «Автоматическая Документация» позволяет непрерывно запрашивать и документировать рабочие данные, траекторию движения и данные об урожайности соответствующим образом оборудованных зерно- и кормоуборочных комбайнов и тракторов. Все данные передаются по мобильной связи от машин на сервер, на котором они обрабатываются и сохраняются. Данные с сервера можно вызывать и анализировать на портале TELEMATICS или в приложении, используя ПК или смартфон с доступом к интернету, а также экспортировать в любые распространенные программы управления сельскохозяйственными предприятиями для дальнейшей обработки (рис. 3).

Основными функциями системы TELEMATICS являются информирование, анализ, оптимизация и документирование. К функциям информирования относятся: информация о местоположении техники, статусе работы, уровне топлива и т.д. Функции анализа рабочего времени, производительности и расхода дизельного топлива позволяют провести точное сравнение различных рабочих характеристик. С помощью проанализированных данных можно определить пути оптимизации и повышения эффективности или найти причину неполного использования производительности машины. Одновременно это поможет улучшить работу механизатора. Следующей функцией системы TELEMATICS является документирование, которое позволяет экономить время, сокращая бумажную работу, а также составление отчетов за указанный период (рис. 4).

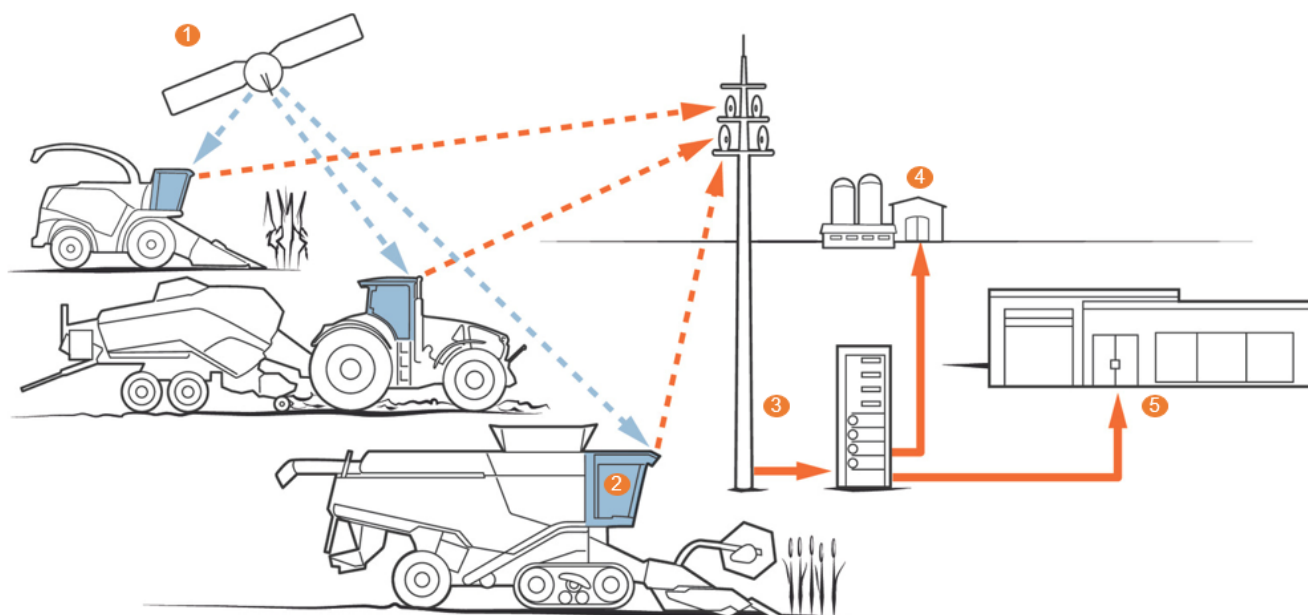


Рисунок 3. Принцип работы системы TELEMATICS: 1 – геопозиция на основе спутниковых данных; 2 – сбор данных с/х машины; 3 – передача данных на сервер по мобильной связи; 4 – получение данных клиентом; 5 – получение данных сервисом.

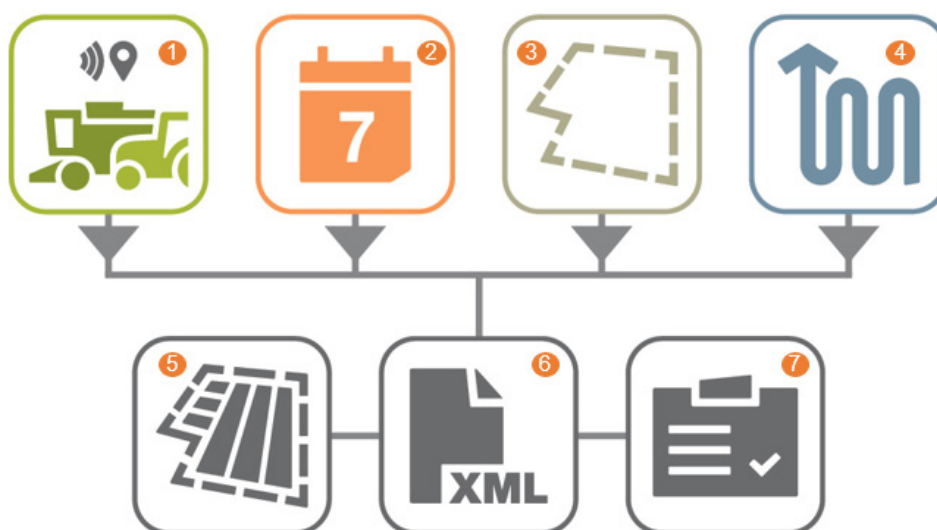


Рисунок 4. Схема функционирования TELEMATICS PROFESSIONAL и «Автоматическая Документация»: 1 – геопозиция и данные машины; 2 – временной период; 3 – границы поля; 4 – траектория движений машины; 5 – карта урожайности; 6 – экспорт файлов ISO-XML; 7 – учёт данных

Функция «Автоматическая Документация» системы TELEMATICS существенно облегчает работу, одновременно повышая безопасность данных. Система автоматически распознает на каком поле находится машина и на основе границ и записанных траекторий движения создает документацию по участку для каждого задания. Параллельно осуществляется автоматическая передача рабочих данных на сервер TELEMATICS. Экспорт файлов выполняется в формате ISO-XML, которые можно использовать

в программах управления сельскохозяйственным предприятием. Исключаются ошибки при вводе или передаче данных. Благодаря автоматическому и одновременно быстрому сбору данных значительно уменьшается объем офисной работы. Фермер получает точную документацию для заполнения полевого журнала (рис. 4).

Комбинация TELEMATICS PROFESSIONAL и «Автоматическая Документация» позволяет выполнять автоматическое картирование урожайности,

а также задокументированные результаты с каждого поля (рис. 5).

Установленные на комбайне датчики определяют влажность и количество зерна, измеряют пройденный путь и с учётом заданной рабочей ширины захвата жатки и других параметров определяется урожайность. Полученные данные фиксируются

бортовым компьютером и дополняются географическими координатами (геолокация), затем они через беспроводное соединение поступают в систему TELEMATICS из которой они могут экспортироваться в различные информационные системы по управлению производством.

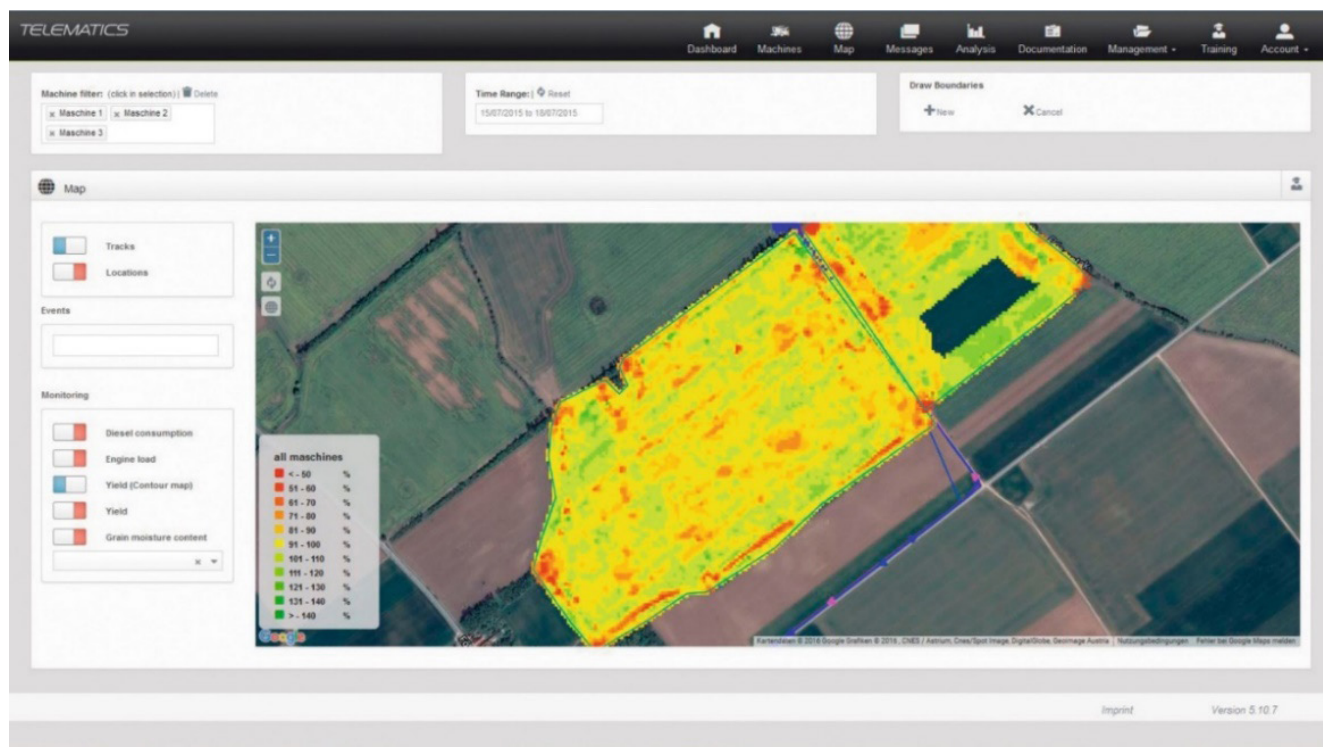


Рисунок 5. Web страница TELEMATICS с отображением карты урожайности

Результаты и обсуждение

Анализ эксплуатационно-технологических показателей. Условия испытаний при определении эксплуатационно-технологических показателей комбайна TUCANO 580, оборудованного для уборки риса проводились на рисовой оросительной системе (РОС) «ФНЦ риса» (опыт 1), которые были в основном типичными и отличались от нормативных низкой влажностью зерна 11,8 % (по АТТ 15,0 – 18,0 %) и низкой влажностью соломы 20,0 % (по АТТ 30,0 – 40,0 %), что было обусловлено погодными условиями в период уборки (высокая температура воздуха). При средней рабочей скорости движения комбайна с подборщиком 6,31 км/ч и ширине валка (1,2 м), сформированного жаткой ЖРК 5, производительность на подборе и обмолоте валков за час основного времени, составила 2,97 га (19,92 т), технологического времени – 2,34 га (15,68 т). Производительность за час сменного времени составила 1,95 га (13,067 т). Удельный расход топлива за время сменной работы составил 10,93 кг/га (1,63 кг/т). В условиях эксплуатации комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса с подборщиком Р420, выполнял технологический процесс с коэф-

фициентом надежности – 1,0. Показатели качества работы комбайна соответствовали требованиям АТТ и составили: общие потери зерна за комбайном 1,99 % (по АТТ не более 3,0 %), в том числе за молотилкой 1,55 % (по АТТ не более 2,0 %) и за подборщиком 0,44 % (по АТТ не более 1,0 %). Дробление и обрушивание бункерного зерна составило 1,2 %, что соответствует нормативу АТТ – не более 4,0 %. Содержание сорной примеси составило 0,8 % (по АТТ не более 5,0 %).

При определении эксплуатационно-технологических показателей в РОС РПЗ «Красноармейский» на подборе и обмолоте валков риса (опыт 2) условия испытаний также были в основном типичными, но отличались от нормативных низкой влажностью зерна 9,9 % и низкой влажностью соломы 7,4 %, что было обусловлено агротехническими и погодными условиями в период уборки (подбор валков риса проводился на 7 – 8-ой день после скашивания, в течение которых отмечена высокая температура воздуха). При средней рабочей скорости движения комбайна с подборщиком 5,84 км/ч и ширине валка, сформированного жаткой ЖРК 5 (1,2 м), производительность на подборе и обмолоте валков за

час основного времени, составила 2,63 га (19,92 т). Производительность за час сменного времени – 1,70 га (12,91 т). Удельный расход топлива за время сменной работы составил 11,4 кг/га (1,5 кг/т). В условиях эксплуатации комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса, с подборщиком Р420 надежно выполнял технологический процесс, коэффициент надежности выполнения технологического процесса был равен 1,0. Показатели качества работы комбайна соответствовали требованиям АТТ и составили: общие потери зерна за комбайном 1,64 %, в том числе за молотилкой 1,33 % и за подборщиком 0,31 %. Дробление и обрушивание бункерного зерна составило 1,5 %, что соответствует нормативу АТТ. Содержание сорной примеси

составило 0,6 %. В целом по результатам анализа полученных показателей можно сделать заключение, что комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса, с подборщиком Р420 на подборе и обмолоте валков риса надежно выполняет технологический процесс с эксплуатационно-технологическими и агротехническими показателями качества работы, соответствующими АТТ.

На основании полученных данных о результатах уборки риса в 2019 году рассчитаны структурные коэффициенты опережения по всем группам зерноуборочных комбайнов в соответствии с достигнутым сезонным намолотом, величина которого должна составлять не менее 1000 т (см табл.).

Таблица. Структурные коэффициенты опережения для характеристики уборочных комбайнов

Группа комбайнов по сезонному намолоту, т	Структура, %		
	комбайнового парка	валового намолота	коэффициент опережения
До 600 – 700	14,3	4,56	0,319
800 – 900	14,3	6,07	0,424
2000 – 2500	28,6	29,13	1,018
2500 – 3000	28,5	37,50	1,316
3000 – 4000	14,3	22,74	1,590
Итого:	100	100	

Данные таблицы показывают, что структурные коэффициенты опережения по группам комбайнов варьируют в пределах от 0,319 до 1,590. Дифференцированную оценку работы зерноуборочных комбайнов проводили следующим образом: если структурные коэффициенты опережения были ниже единицы, использование машин считалось неэффективным, при коэффициентах близких к единице, комбайны функционировали на минимально полезном уровне. В тех случаях, когда структурные коэффициенты опережения были значительно выше, то работу машин оценивали, как высокоэффективную. В эту группу входило 5 комбайнов, включая TUCANO 580.

Специалисты по эксплуатации зерноуборочной техники считают, что в современных условиях работы оптимальным рубежом, обеспечивающим достаточно высокую эффективность функционирования зерноуборочных комбайнов, является сезонный намолот, который составляет не менее 1000 т. риса на 1 машину [9 – 11]. Как показывают полученные данные, указанный, сезонный намолот реально выполним: в структуре парка зерноуборочных комбайнов ФГБНУ «ФНЦ риса» имелось 71,43 % машин, включая TUCANO 580, намолотивших в 2019 году свыше 1000 т риса. Этот стратегический ориентир должен служить перспективой не только в решении эксплуатационных вопросов использования зерноуборочной техники непосредственно в сельскохозяйственных организациях, но и в выполнении задач по совершенствованию технических, технологических и производственных возможностей перспективных моделей зерноуборочных комбайнов, используемых

в Российской Федерации.

При выполнении технико-эксплуатационной оценки работы зерноуборочного комбайна, модернизированного под рис, проведена верификация оптико-биологических свойств растений на тестовых полигонах (карта чеки № 7, 9, ОПУ «ФНЦ риса») для оценки состояния посевов риса (с помощью данных спутника Sentinel-2A) на основе которых созданы растровые данные значений вегетационного индекса NDVI в 3 срока. Полученный растр имеет пространственные зоны неоднородности, представленные на рисунке 6.

Полученные данные спектральной съёмки со спутника Sentinel-2A были подвергнуты обработке геостатистическими методами в результате которых были построены гистограммы частотного распределения переменных, отражающие распределение индекса растительности NDVI на начало июня, которые имели многомодальность, что говорит о пространственной неоднородности исследуемых участков.

При уборке тестовых полигонов получены карты пространственного распределения урожайности (рис. 6 г). При визуальном анализе карт распределения урожайности совместно с показателями вегетационного индекса отчетливо видна закономерность во внутренней пространственной структуре полей. Значения NDVI пространственно подобны показателям урожайности и полностью повторяют их структуру. Это позволяет говорить о возможности планирования проведения агротехнических мероприятий с учетом особенностей каждого поля в отдельности и прогноза урожайности в целом.

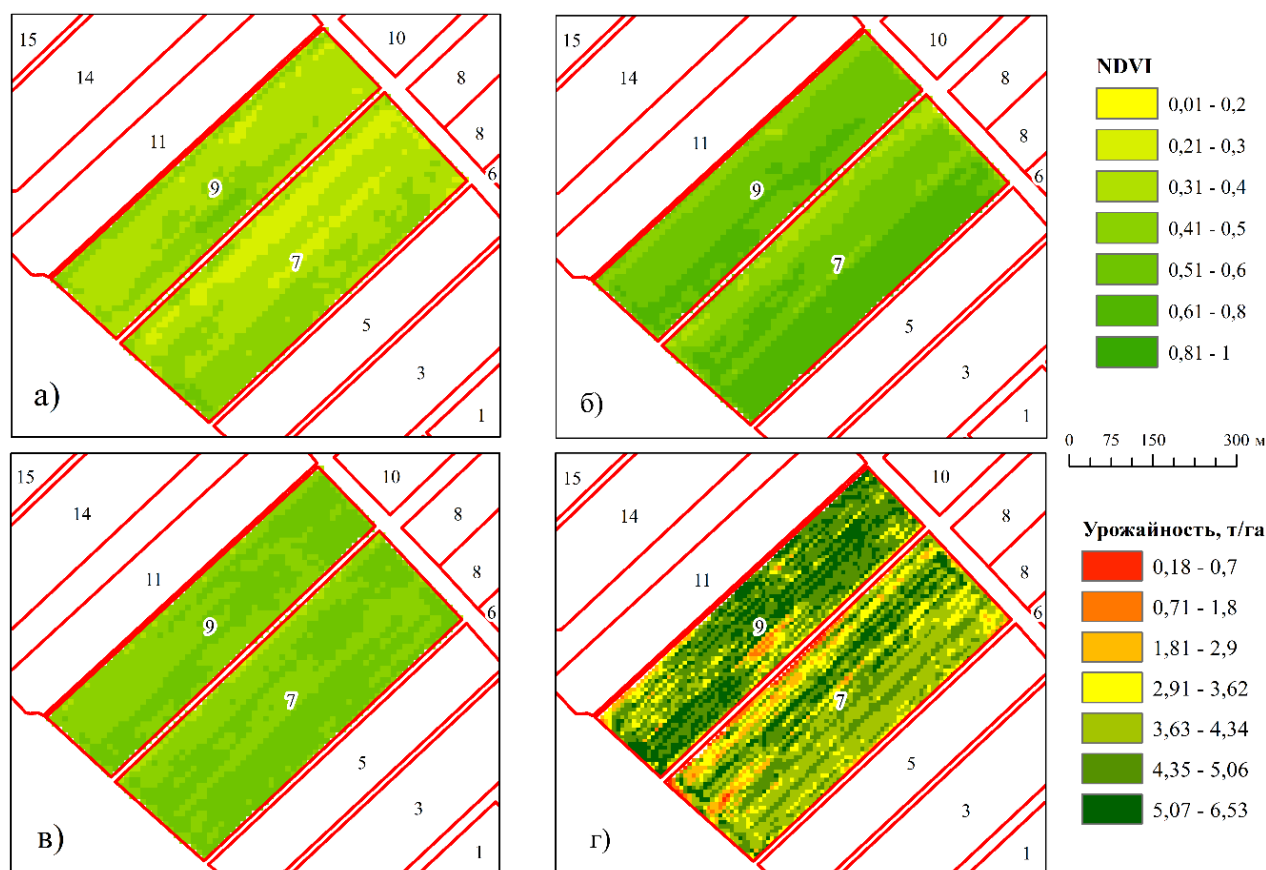


Рисунок 6. Распределение нормализованного относительного индекса растительности NDVI и урожайности на полях 7 и 9: а) NDVI по данным спутника Sentinel-2A 05.06.2019; б) NDVI по данным спутника Sentinel-2A 20.07.2019; в) NDVI по данным спутника Sentinel-2A 29.08.2019; г) распределение показателей урожайности (CLAAS TELEMATICS) сентябрь 2019 г.

Полученные цифровые карты распределения вегетационного индекса растительности и урожайности имеют топографическую привязку, что даёт возможность, используя информационные технологии, планировать агротехнические мероприятия с учётом особенностей каждого поля.

Выводы

1. Комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса, соответствует своему назначению, надёжно выполняет технологический процесс на подборе и обмолоте валков риса с эксплуатационно технологическими и агротехническими показателями качества работы, соответствующими требованиям ТУ и НД. Комбайн имеет достаточную техническую надёжность, за период испытаний отказов не отмечено. По результатам испытаний можно констатировать, что комбайн зерноуборочный TUCANO 580, оборудованный для уборки риса, соответствует требованиям ТУ и НД по показателям назначения и надёжности технологического процесса.

2. Наблюдается большой разброс структурных коэффициентов опережения по группам комбай-

нов: от минимального (600 – 700 т) до максимального (до 4000 т) сезонного намолота. Это обусловлено разнообразными причинами, главной из которых является недостаточное пополнение парка зерноуборочных комбайнов, который требует обновления современными моделями.

3. Результаты оцифровки полей и создание на их основе карт урожайности являются основой геоинформационной базы данных для формирования информационной системы по применению прецизионных технологий в сельском хозяйстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-416-230021.

Авторы выражают благодарность Генеральному директору, доктору Ральфу Бендишу и представителям завода ООО «КЛААС», принявшим участие в проведении эксперимента. Также благодарны коллегам из лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий за подготовку материалов для системы CLAAS TELEMATICS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kutzbach, H. D. Trends in power and machinery / H.D. Kutzbach // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2000. – V. 76. – P. 237 – 247.
2. Bulgakov, V. Mathematical Modelling of the Process of Renewal of the Fleet of Combine Harvesters / V. Bulgakov, B. Adamchuk, M. Arak [et al.] // Agriculture and Agricultural Science Procedia. – 2015. – V. 7. – P. 35 – 39.
3. Miu, P. Combine Harvesters: Theory, Modeling and Design. Boca Raton, CRC Press, 2015.
4. Nozdrovický, L. Current trends in the development of agricultural machinery and their impact on the knowledge and skills of the human factor. / L. Nozdrovický, M. Macák, T. Šima / Proceedings of the 5 th International Conference on Trends in Agricultural Engineering, Prague, 2013: P. 467 – 474.
5. Prístavka, M. Reliability monitoring of grain harvester / M. Prístavka, K. Krištof, P. Findura // Agronomy Research, № 15. – P. 817 – 829.
6. Bochtis, D. Advances in agricultural machinery management: A review. / D. Bochtis, G. Sørensen Claus, P. Busato // Biosystems Engineering, N 126, 69 – 81.
7. Prístavka, M. Reliability monitoring of grain harvester in operating conditions / M. Prístavka, M. Bujna, M. Korenko // Journal of Central European Agriculture, № 14. – P. 1436 – 1443.
8. Протокол № 07-68-2019 Периодических испытаний комбайна зерноуборочного TUCANO 580, оборудованного для уборки риса.
9. Шундалов, Б. М. Универсальный показатель работы зерноуборочных комбайнов: структурный коэффициент опережения / Б. М. Шундалов, А. В. Клочков // Вестник БГСХА. – 2014. – № 3. – С. 23 – 27.
10. Гольяпин, В. Я. Анализ пропускной способности зерноуборочных комбайнов / В. Я. Гольяпин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 12. – С. 17 – 22.
11. Жалнин, Э. А. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов / Э. В. Жилин. – М.: ВИМ, 2001. – 146 с.

REFERENCES

1. Kutzbach, H. D. Trends in power and machinery / H. D. Kutzbach // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2000. – V. 76. – P. 237 – 247.
2. Bulgakov, V. Mathematical Modelling of the Process of Renewal of the Fleet of Combine Harvesters / V. Bulgakov, V. Adamchuk, M. Arak [et al.] // Agriculture and Agricultural Science Procedia. – 2015. – V. 7. – P. 35 – 39.
3. Miu, P. Combine Harvesters: Theory, Modeling and Design. Boca Raton, CRC Press, 2015.
4. Nozdrovický, L. Current trends in the development of agricultural machinery and their impact on the knowledge and skills of the human factor. / L. Nozdrovický, M. Macák, T. Šima Proceedings of the 5 th International Conference on Trends in Agricultural Engineering, Prague, 2013: P. 467 – 474.
5. Prístavka, M. Reliability monitoring of grain harvester / M. Prístavka, K. Krištof, P. Findura // Agronomy Research, № 15. – P. 817 – 829.
6. Bochtis, D. Advances in agricultural machinery management: A review. / D. Bochtis, G. Sørensen Claus, P. Busato // Biosystems Engineering, N 126, 69 – 81.
7. Prístavka, M. Reliability monitoring of grain harvester in operating conditions / M. Prístavka, M. Bujna, M Korenko. // Journal of Central European Agriculture, № 14. – P. 1436 – 1443.
8. Protocol No. 07-68-2019 of Periodic Testing of a TUCANO 580 Combine Harvester Equipped for Rice Harvesting.
9. Shundalov, B. M. Universal indicator of the work of combine harvesters: structural advancing coefficient / B. M. Shundalov, A. V. Klochkov // Bulletin of BSAA. – 2014. – No. 3. – P. 23 – 27.
10. Golyapin, V. Ya. Analysis of the throughput of combine harvesters / V. Ya. Golyapin // Tractors and agricultural machines. – 2002. – No. 12. – S. 17 – 22.
11. Zhalnin, E. A. Calculation of the main parameters of combine harvesters / E. V. Zhilin. – M.: VIM, 2001. – 146 p.

Сергей Валентинович Гаркуша

Директор

E-mail: arri_kub@mail.ru

Sergey Valentinovich Garkusha

Director

E-mail: arri_kub@mail.ru

Виктор Савельевич Ковалев

Зам. директора

E-mail: arri_kub@mail.ru

Victor Savelevich Kovalyov

Deputy director

E-mail: arri_kub@mail.ru

Михаил Александрович Скаженник

Зав. лабораторией физиологии
E-mail: sma_49@mail.ru

Mikhail Alexandrovich Skazhennik

Head laboratory of physiology
E-mail: sma_49@mail.ru

Виталий Николаевич Чижиков

Зав. лабораторией агрохимии
и почвоведения
E-mail: agrohim-vt@yandex.ru

Vitaly Nikolaevich Chizhikov

Head of the Laboratory of Agrochemistry
and Soil Science,
E-mail: agrohim-vt@yandex.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, пос. Белозерный, 3, Краснодар,

All: FSBSI "FNC of rice"

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

Сергей Владимирович Кизинёв

Директор
ФГУП РПЗ «Красноармейский»
им. А.И. Майстренко
353814, Краснодарский край, Красноармейский
район, посёлок Октябрьский, Красная улица, 33

Sergey Vladimirovich Kizenyok,

Director of State rice farm Krasnoarmeysky named
after A.I. Maistrenko Branch of FSBSI «Federal
Scientific Rice Centre».
E-mail: rgpzkr@mail.kuban.ru
33, Krasnaya str., Oktyabrskiy, Krasnoarmeyskiy
district, Krasnodar region, 353814, Russia

Михаил Иванович Чеботарёв

Зав. кафедрой ремонта машин
и материаловедения
ФГБОУ ВО «КубГАУ», ул. Калинина, 13,
г. Краснодар, 350044, Россия

Mikhail Ivanovich Chebotarev

Head department repair of machinery
and materials science,
FSBE of "Kuban State University",
13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia.

Евгений Николаевич Киселёв

Доцент
350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149,
E-mail: enkiselev@gmail.com

Evgeny Nikolaevich Kiselev

Associate Professor
149, st. Stavropol, Krasnodar, 350044, Russia.
E-mail: enkiselev@gmail.com

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-99-104
УДК: 635.652

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

НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ ФАСОЛИ ЗЕРНОВОЙ ЮЖАНКА ДЛЯ ЮГА РОССИИ

В статье приведены результаты научной работы коллектива по созданию нового сорта фасоли зерновой Южанка, который с 2020 г. рекомендован к внесению в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Селекционно-семеноводческая работа по фасоли зерновой проводилась согласно общепринятой методики с 1993 – 2019 гг. на полях опытного участка ФГБНУ «ФНЦ риса». Для закрепления ценных признаков использовали многократный индивидуальный отбор (гибридный питомник 1994 – 1996 гг., селекционный 1997 – 2007 гг., контрольный – 2008 – 2013 гг., конкурсное испытание 2014 – 2019 гг.). Агрометеорологические условия в период проведения исследований были достаточно контрастными, что позволило выделить и объединить селекционный материал, имеющий высокую адаптивность к условиям среды. Сорт Южанка создан путем скрещивания сортов 4F-672 (ВИР 12683) и Jaylor Horticultural (США). По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы 79 – 82 дня. В 2019 году на базе отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» проводилась экспертная оценка нового сорта зерновой фасоли Южанка. Сравнительная оценка показала, что новый сорт по урожайности зерна превосходит сорт Мечта хозяйки (стандарт) на 0,5 т/га, что соответствует прибавке урожая 19,2 %. Семена данного сорта характеризуется прекрасным вкусом – 4,6 балла, непродолжительным временем варки – 77 мин, а также привлекательным товарным видом (окраска, форма, размер). Сорт относительно устойчив к бактериальным пятнистостям, пригоден для механизированной уборки, предназначен для использования в кулинарии и для промышленной переработки. В настоящее время активно ведутся работы по разработке сортовой технологии выращивания нового сорта зерновой фасоли Южанка.

Ключевые слова: селекция, сорт, фасоль зерновая, белок, сахар, гибридизация, адаптивность, коллекция.

A NEW PROMISING VARIETY OF GRAIN BEANS YUZHANKA FOR THE SOUTH OF RUSSIA

The article presents the results of the team's scientific work on the creation of a new variety of grain beans Yuzhanka, which from 2020 is recommended for inclusion in the State register of breeding achievements allowed for use. Selection and seed-growing work on grain beans was carried out according to the generally accepted methodology from 1993 – 2019 in the fields of the experimental section of the FGBNU «Rice research center». Multiple individual selection (hybrid nursery 1994 – 1996, selection 1997 – 2007, control – 2008 – 2013, competitive test 2014 – 2019) was used to secure valuable traits. Agrometeorological conditions during the research period were quite contrasting, which allowed us to select and combine breeding material that has a high adaptability to environmental conditions. The southerner variety was created by crossing varieties 4F-672 (VIR 12683) and Jaylor Horticultural (USA). According to the growing season, it belongs to the varieties of the medium-ripened group of 79 – 82 days. In 2019, an expert evaluation of a new variety of grain beans Yuzhanka was conducted on the basis of the Department of vegetable growing OF the FGBNU «Rice research center». Comparative evaluation showed that the new variety on grain yield superior grade Dream mistress (standard) 0.5 t/ha, which corresponds to a yield increase of 19.2 %. Seeds of this variety has a lovely taste – 4.6 points, short cooking time – 77 min, as well as an attractive marketable appearance (color, shape, size). The variety is relatively resistant to bacterial spots, suitable for mechanized cleaning, intended for use in cooking and industrial processing. Currently, we are actively working on the development of varietal technology for growing a new variety of grain beans Yuzhanka.

Key words: selection, variety, grain beans, protein, sugar, hybridization, adaptability, collection.

Введение

В мире площадь фасоли составляет около 30 миллионов гектаров. Она наиболее распространена в Индии, Бразилии, Мексике, Китае и Соединенных Штатах. В Европе ее выращивают в большинстве балканских и средиземноморских странах: Венгрии, Румынии, Болгарии, Италии, Испании и других. В СНГ посевы фасоли занимают около 50 тысяч гектаров. Основными областями возделывания этой культуры являются Средняя Азия, Закавказье, Северный Кавказ, Украина и Молдавия [7, 11].

В Россию фасоль была завезена из Франции в середине XVIII в. в царствование Елизаветы Петровны,

и называлась она в то время «турецкие бобы». Сначала ее использовали как декоративное и овощное растение и лишь позднее в юго-западных районах ее стали возделывать как зерновую культуру [5]. В современном мире это одна из самых ценных продовольственных культур [14]. Фасоль – культура с высоким содержанием белка (в среднем 22,2 – 24,3 %), что в 1,5 – 2 раза больше, чем в зерне пшеницы, ржи, кукурузы [2, 10]. Благодаря высокому содержанию необходимых организму человека незаменимых аминокислот, в частности лизина, триптофана, метионина, бобовый белок в своем составе уподобляется белкам животного происхождения – мясу,

молоку или куриным яйцам. Кроме того, в зернах фасоли содержится значительное количество других питательных веществ: крахмала – около 50 %, сахаров – до 4 %, жира – 3,6 %. В зерне красной фасоли в большом количестве присутствует фолиевая кислота (B9) и тиамин (B1). Она является лидером по содержанию антиоксидантов. В белой фасоли, кроме витаминов группы В, содержатся витамины группы А, К, РР. Фасоль не ограничивается использованием только в пищевых целях. Ее семена, мука, кожура, сухие бобовые створки и листья применяются при болезни желудка, заболеваниях печени, почек, глаз, ожогах и свежих ранах, для лечения сахарного диабета и используют в качестве антибиотика.

В последние годы сортимент фасоли в России значительно расширился. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2020 год насчитывается 166 сортов, из них 141 овощной и 25 обыкновенной. Однако за последние 5 лет для товарного производства зерна фасоли сортимент расширился очень незначительно – 7 сортов фасоли обыкновенной. Поэтому, актуальность создания сортов, как овощной, так и лущильной фасоли для товарного производства сохраняется.

Следует отметить, что фасоль теплолюбива, но не жаростойка. При повышении температуры до 35 °С, что ежегодно наблюдается в период вегетации фасоли на Кубани, происходит массовое осыпание цветков и, как результат, резкое снижение продуктивности растений.

Основным направлением селекции фасоли для юга России является создание высокоурожайных сортов, пригодных для механизированного возделывания и уборки урожая, адаптивных к почвенно-климатическим условиям, устойчивых к наиболее вредоносным грибным и бактериальным заболеваниям. Наряду с этим, необходимо учитывать, что создаваемые сорта фасоли должны быть со стабильной реализацией своих потенциальных возможностей, с высоким уровнем пластичности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Важными признаками для селекции являются также способность к механизированной уборке, технологичность и устойчивость к болезням, а также качество, как стручковой, так и зерновой фасоли, ее химический состав (высокое содержание белков, микро- и макроэлементов и т.д.)

В настоящее время активно ведутся работы не только по созданию жаростойких, адаптивных к засушливым погодным условиям юга России новых сортов фасоли, но и разработка сортовой технологии выращивания, как овощной, так и зерновой фасоли селекции ФГБНУ «ФНЦ риса».

Цель исследований

Создать высокопродуктивный сорт фасоли лущильной, пригодный к современным технологиям производства и переработки, сочетающий высокую

урожайность с хорошим качеством зерна, устойчивый к комплексу болезней, обладающий высокой жаростойкостью, для расширения сортимента этой культуры на Кубани. Оценить зарубежные и отечественные образцы фасоли овощной и лущильной, как доноров хозяйственно ценных признаков.

Материалы и методы

Научные исследования выполнялись согласно государственному заданию и календарному плану НИР. Опыты закладывались в полевых условиях на базе отдела овощеводства с использованием селекционного материала ГНУ КОСС и ФГБНУ «ФНЦ риса».

Селекционная работа проводилась в соответствии с «Методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству бобовых культур» [9], учеты и наблюдения – по «Методике опытного дела в овощеводстве» [6], статистическая обработка результатов опытов – по Доспехову Б. А. [4] и Дзюбе В. А. [3], анализ метеорологических показателей, их сопоставление со средними многолетними значениями – по данным метеостанции Краснодар – Круглик г. Краснодара [1]. Агротехнические работы на опытных полях проводились в соответствии с рекомендациями по выращиванию фасоли [8]. Высоту растений и прикрепление нижнего боба у сортообразцов сопоставляли с требованиями Международного классификатора (1985) по пригодности к механизированной уборке на зерно [13]. Орошение посевов осуществлялось капельным способом.

Материалом для изучения послужили образцы фасоли зерновой коллекции ВИР, а также переданный нам селекционный материал ГНУ Крымской опытно-селекционной станции, прекратившей селекционную и семеноводческую деятельность с этой культурой, с которой был заключен договор о совместной селекционной деятельности. В качестве стандарта использовали районированный сорт зерновой фасоли Мечта хозяйки. Для закрепления ценных признаков использовали многократный индивидуальный отбор (гибридный питомник 1994 – 1996 гг., селекционный – 1997 – 2007 гг., контрольный – 2008 – 2013 гг., конкурсное испытание 2014 – 2019 гг.). Для посева ежегодно использовали лучшие семьи элитных растений. Семьи выделяли из урожая разных лет, отличающихся погодными условиями периода вегетации. Таким образом, объединяли селекционный материал, имеющий высокую адаптивность к условиям среды. Морфологически выровненный материал высевали отдельно по семьям с соблюдением пространственной изоляции, обеспечивающей чистосортность оригинального материала.

Результаты и обсуждение

Путем скрещивания сортов 4F-672 (ВИР 12683) и Jaylor Horticultural (США) и дальнейшей поэтапной многолетней селекционной работы, проведенных конкурсных испытаний был создан новый сорт фасоли обыкновенной (зерновой) Южанка (рис. 1).



Рисунок 1. Куст фасоли зерновой сорта Южанка

Сорт среднего срока созревания, от всходов до уборки 79 – 82 дня. Растение кустовой формы, высотой 38 – 55 см, неполегающее; ветвистость и облиственность средняя; высота прикрепления нижних бобов 19 – 23 см от поверхности почвы. Лист темно зеленый, тройчатый треугольной формы. Цветочная кисть средняя; цветки розовые. Бобы лущильные, не растрескивающиеся; пергаментный слой сильный. Боб слабо изогнутый, плоский, с заостренной вер-

хушкой, средним клювиком. Окраска бобов в период налива семян зеленая, в биологической спелости семян кремовая. Длина бобов с клювиком 10 – 12 см, ширина 10,9 – 14,4 мм, толщина 9,1 – 10,3 мм, число бобов на растении 13 – 22, семян в бобе 3 – 6 шт. Семена средние (12 x 5 мм), форма продольного и поперечного сечения эллиптическая. Масса 1000 семян 460 – 600 г. Окраска семян красная с коричневой штриховкой, поверхность гладкая, блестящая (рис. 2).



Рисунок 2. Бобы и семена фасоли зерновой сорта Южанка

Химический состав семян (в среднем за 2017 – 2018 гг.): сухое вещество – 88,95 %, общий сахар – 2,26 %, крахмал – 28,13 %, белок – 15,19 %, аскорбиновая кислота – 7,67 мг и клетчатка – 9,19 %. Урожайность семян при выращивании на поливе

2,9 – 3,5 т/га. Сорт слабо поражается бактериальными пятнистостями, относительно устойчив к вирусной мозаике. Пригоден для механизированной уборки. Предназначен для использования в кулинарии и для промышленной переработки.

В 2019 году на базе отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» проводилась экспертная оценка нового сорта зерновой фасоли Южанка. Сравнительная оценка показала, что новый сорт по урожайности зерна превосходил сорт Мечта хозяйки (стандарт) на 0,5 т/га, что соответствует прибавке урожая 19,2 % (табл. 1). Анализ экспериментальных данных показывает, что сорт фасоли зерновой Южанка превосходит сорт-стандарт Мечта по ряду показателей: масса 1000 семян на 58 г больше и составляет 550 г; прикрепление нижнего боба у сорта Южанка – 18 см, у сорта Мечта хозяйки – 17 см; поражение антракнозом бобов у сорта Южанка отсутствует, а у сорта-стандарта слабая 0,3 %; поражение бактериозом

у сорта Мечта хозяйки также на 0,1 % выше, чем у сорта Южанка. В пригодности к механизированной уборки и устойчивости к осыпанию существенных различий не наблюдается.

Для характеристики пищевых достоинств сортов фасоли определяли содержание белка, коэффициент развариваемости, время варки семян, их вкус после приготовления (табл. 2). Новый сорт Южанка имеет отличные пищевые качества. В среднем семена данного сорта характеризуются прекрасным вкусом – 4,6 баллов, непродолжительным временем варки – 77 мин, а также привлекательным товарным видом (окраска, форма, размер).

Таблица 1. Результаты сравнительной оценки стандартного сорта Мечта хозяйки и нового сорта фасоли зерновой по основным хозяйственно ценным показателям (средне за 2016 – 2018 гг.)

Признак	Южанка	Стандарт Мечта хозяйки	Отклонение от стандарта
Вегетационный период, сут.	79,0	82,0	–3
Высота растения, см	38,0	39,5	–1,5
Число бобов с растения, шт.	13,0	12,0	+1,0
Количество семян в бобе, шт.	3,0	3,5	–0,5
Длина боба, см	10,0	10,0	0
Ширина боба, см	1,0	1,0	0
Прикрепление нижнего боба, см	18,0	17,0	+1,0
Масса 1000 семян, г	550,0	492,0	+58,0
Устойчивость к осыпанию, балл	5,0	4,4	+ 0,6
Пригодность к механизированной уборке, балл	5,0	5,0	0
Урожайность, т/га	3,1	2,6	+ 0,5
Поражение антракнозом (бобы), %	0,0	0,3	–0,3
Поражение бактериозом (бобы), %	0,2	0,3	–0,1

В настоящее время активно ведутся работы по разработке сортовой технологии выращивания сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса». По данным ученых, в том числе зарубежных [14], применение азотных удобрений в объеме около 1/3 от общего выноса азота с урожаем оказывает положительное влияние

на урожайность фасоли. Эффективность симбиотического аппарата азотфиксирующих бактерий при этом не угнетается. По данным M. Walker [15] клубеньковые бактерии, взятые с делянок, получавших азот 100 лет, обладали высокой азотфиксирующей способностью.

Таблица 2. Показатели качества семян зерновой фасоли (среднее за 2016 – 2018 гг.)

Сорт	Содержание белка, %		Время варки, мин		Вкус, балл		Масса 1000 семян, г	
	среднее	минимум максимум	среднее	минимум максимум	среднее	минимум максимум	среднее	минимум максимум
ст. Мечта хозяйки	14,47	13,44 16,25	87	85 90	4,0	4,0 4,0	492	375 573
Южанка	15,21	15,19 15,63	77	75 80	4,6	4,0 5,0	550	463 600

По данным исследований 2019 года установлена оптимальная норма локального внесения минеральных удобрений – $N_{30}P_{30}K_{30}$, которая обеспечила прибавку урожайности зерна фасоли по сравнению с контролем на 51,4 – 55,6 % у сортов Снежана

и Южанка соответственно (табл. 3). Применение капельного полива дополнительно увеличивает семенную продуктивность: от 17,4 % (при $N_{60}P_{60}K_{60}$) до 52,9 % (без удобрений).

Таблица 3. Влияние норм локального внесения удобрений на густоту стояния растений и урожайность фасоли луцильной

Норма внесения удобрений	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Урожайность, ц/га			
		Снежана		Южанка	
		Без полива	Полив	Без полива	Полив
Без удобрений	134,7	11,29	17,26	12,44	16,10
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	98,7	17,09	20,66	19,36	22,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	60,4	15,81	18,56	14,39	17,95
НСП ₀₅		2,33	1,254	1,47	1,55

Выводы

Итогом работы научного коллектива стала передача сорта фасоли зерновой Южанка на Государственное сортоиспытание. Конкурентоспособность сорта обеспечивается большой потенциальной урожайностью, высокими вкусовыми и технологическими качествами, пригодностью

к механизированной уборки урожая. Как и любой новый сорт, Южанка требует детальной разработки элементов агротехники для более эффективного использования биологического потенциала. Чтобы расширить географию использования сорта, необходимо проведение экологических испытаний в других регионах страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков, В. Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учеб пособие для вузов / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, В. И. Тюльпанов. – Краснодар: «Советская Кубань», 2002. – 728 с.
2. Выращивание фасоли // Агроконсультантинформационный сайт о сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – 2011 – 2017. Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/vyraschivanie-fasoli>. – Дата доступа: 24.01.2018.
3. Дзюба, В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В. А. Дзюба // Методическое пособие. – Краснодар, 2007. – 76 с.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
5. Жуковский, П. М. Культурные растения и их дикие сородичи / П. М. Жуковский. – Ленинград, 1971. – 751 с.
6. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов – М.: 2011. – 648 с.
7. Русских, И. А. Мобилизация, изучение и перспективы использования генетических ресурсов рода PhaseolusL. / И. А. Русских. – Минск: Красико-Принт, 2014. – 264 с.
8. 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.
9. Тимофеев, Н. Н. Селекция и семеноводство овощных культур. 2-е изд., перераб. и доп. / Н. Н. Тимофеев, А. А. Волкова, С. Т. Чижов. – М.: «Колос», 1972. – 400 с.
10. Туаева, И. В. Влияние туфогенного песка на биохимический состав и белковую продуктивность семян фасоли / И. В. Туева, М. А. Юлдашева, С. Н. Гогия // Актуальные и новые проблемы с.-х. науки: материалы VI Междунар. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, Владикавказ, 2010 г.; редкол.: Т. К. Лазаров [и др.]. – Владикавказ, 2010. – С. 97 – 100.
11. Фасоль: раздел: Растениеводство – зерновые и зернобобовые культуры // Администратор хиты [Электронный ресурс]. – 2013. Режим доступа: <https://ogorodstvo.com/rasteniyevodstvo/zernovyye-i-zernovyye-bobovyye-kultury/fasol.html>. – дата доступа: 23.01.2018.
12. Частная селекция полевых культур / В. В. Пыльнев [и др.]; под ред. В. В. Пыльнева. – М., 2005. – 552 с.
13. Blair, M. W. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (Phaseolus vulgaris L.) cross / M. W. Blair, G. Iriarte, S. Beebe // Theor. Appl. Genet. – 2006. – 112. – P. 1149 – 1163.
14. Renius, W. Dungung von Zwischenfruchten // Feld und Wald. – 1980. – 9. – № 2 – S. 12 – 14.
15. Walker, M. Soil mikrobiologi / Butterworths. – London and Boston, 1975. – 312 p.

REFERENCES

1. Val'kov, V. F. soil science (soils of the North Caucasus): textbook the textbook for high schools / V. F. Val'kov, Yu. a. Shtompel, V. I. Tulips. – Krasnodar: Sovetskaya Kuban, 2002, 728 p.
2. Growing beans // Agroconsultantinformatinal site about agriculture [Electronic resource]. – 2011 – 2017. Access mode: <http://www.agrocounsel.ru/vyraschivanie-fasoli>. – access date: 24.01.2018.
3. Dzyuba, V. A. multi-Factor experiments and methods of biometric analysis of experimental data / V. A. Dzyuba // Methodical manual. Krasnodar, 2007, 76 p.

4. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience / B. A. Dospekhov. – M: Kolos, 1979. – 416 p.
5. Zhukovsky, P. M. Cultural plants and their dikiesorodichi / P. M. Zhukovsky. – Leningrad, 1971. – 751 p.
6. Litvinov, S. S. Methodology of field experience in vegetable growing / S. S. Litvinov. – M.: 2011. – 648 p.
7. Russian Russians, I. A. Mobilization, study and prospects for the use of genetic resources of the genus *Phaseolus* L. – Minsk: Krasiko-Print, 2014. – 264 p.
8. Samodurov, V. N. Technology of growing beans in the conditions of the Krasnodar territory: recommendations / V. N. Samodurov, A. I. Grushanin, A. S. Dmitrieva [et al.]. – Krasnodar, 2009. – 15 p.
9. Timofeev, N. N. Selection and seed production of vegetable crops. 2nd ed., reprint. and additional / N. N. Timofeev, A. A. Volkova, S. T. Chizhov. – M: «Kolos», 1972. – 400 s.
10. Tuaeve, I. V. Influence of tufogenic sand on the biochemical composition and protein productivity of bean seeds / I. V. Tuaeve, M. A. Yuldasheva, S. N. Gogia // Actual and new problems of agricultural science: materials of the Vjdunar Conf. of young scientists, postgraduates and students, Vladikavkaz, 2010; editorial Board: T. K. Lazarov [et al.]. – Vladikavkaz, 2010. – Pp. 97 – 100.
11. Beans: section: Crop production – cereals and legumes // Administrator hits [Electronic resource]. – 2013. Mode of access: <https://ogorodstvo.com/rasteniyevodstvo/zernovyye-i-zernovyye-bobovyye-kultury/fasol.html>. – access date: 23.01.2018.
12. Private selection of field crops / V. V. Pylnev [et al.]; edited By V. V. Pylnev. – M., 2005. – 552 p.
13. Blair, M. W. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross / M. W. Blair, G. Iriarte, S. Beebe // Theor. Appl. Genet. – 2006. – 112. – P. 1149 – 1163.
14. Renius W. Dungung von Zwischenfruchten // Feld und Wald. – 1980. – 9. – № 2. – P. 12 – 14.
15. Walker M. Soil mikrobiologi / Butterworts. – London and Boston, 1975. – 312 p.

Григорий Вячеславович Пищулин

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

Gregory V. Pishchulin

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

Ирина Викторовна Козлова

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

Irina Viktorovna Kozlova

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

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

All: FSBSI “FSC of rice”
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2020-47-2-106-111
УДК: 635.64:631.563

И. В. Козлова
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК СЛОЖНЫМ ХЕЛАТНЫМ УДОБРЕНИЕМ «ЭКОТЕМП-УНИВЕРСАЛ» НА ПОСАДКАХ ТОМАТА КОНСЕРВНЫХ СОРТОВ

В современных условиях возделывания сельскохозяйственных культур для получения стабильно высоких и качественных урожаев необходимо дополнительно с классическими макроудобрениями (N; P; K) использовать современные препараты на базе микроэлементов. Листовые подкормки является наиболее экономичным и эффективным методом внесения недостающих элементов питания растениям. Поэтому изучение эффективности применения листовых подкормок, в состав которых входят микроудобрения, на культуре томата актуально. Была поставлена цель – изучить эффективность применения некорневых подкормок, влияние их на рост, развитие и плодоношение консервных сортов томата в условиях капельного орошения препаратом Экотемп-универсал, в состав которого входит помимо макроудобрений, сбалансированный для овощных культур набор микроэлементов в форме хелатов. Исследования проводили на опытном участке ФГБНУ «ФНЦ риса». Материалом исследования послужило шесть сортообразцов томата консервного направления. Установлено, что препарат «Экотемп-универсал» способствует улучшению развития растений, увеличению количества побегов, кистей и плодов. Обработка растений в фазу массового цветения – начала формирования плодов обеспечила прибавку урожайности 2,41 – 4,74 т/га или 13,4 – 19,3 % к контролю (вариант без удобрений). Наибольший эффект от применения удобрения наблюдался у сортообразца ЛГ – 1181. Под влиянием удобрения возматернала товарность урожая на 0,7 – 4,7 %. Изменения произошли за счет увеличения доли крупных и уменьшения доли нетоварных (гнилых, треснувших, зеленых, больных) плодов.

Ключевые слова: томат, препарат «Экотемп-универсал», некорневая подкормка, продуктивность, структура урожая, товарность.

EFFICIENCY OF USING FOLIAR DRESSING WITH COMPLEX CHELATE FERTILIZER «ECOTEMP-UNIVERSAL» ON CROPS OF CANNERY TOMATO VARIETIES

In modern conditions of crop cultivation, in order to obtain stably high and high-quality yields, it is necessary to use modern micronutrient preparations in addition to classic macro-fertilizers (N; P; K). Leaf dressing is the most economical and effective method of introducing the missing nutrients to plants. Therefore, the study of efficiency of application of foliar dressings, which include micronutrient fertilizers, on tomato crops is relevant. The goal was to study the efficiency of the application of foliar dressing, their effect on the growth, development and fruiting of cannery tomato varieties under drip irrigation with Ecotemp-universal, which includes, in addition to macronutrient fertilizers, a balanced set of microelements for vegetables in the form of chelates for vegetables. The studies were carried out at the experimental plot of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Rice Centre". The objects of the study were six cannery tomato varieties. It has been established that Ecotemp-universal improves plant development, increases the number of shoots, brushes and fruits. The treatment of plants during the phase of mass flowering, the beginning of the formation of fruits, ensured a yield increase of 2.41 – 4.74 t/ha or 13.4 – 19.3 % to the control (option without fertilizers). The greatest effect from the use of fertilizer was observed in the variety sample LG – 1181. Under the influence of fertilizer, the marketability of yield increased by 0.7 – 4.7 %. The changes occurred due to an increase in the share of large and a decrease in the share of non-marketable (rotten, cracked, green, sick) fruits.

Key words: tomato, Ecotemp-universal, foliar dressing, productivity, yield structure, marketability.

Введение

Томаты являются одним из самых потребляемых овощей в мире. Площадь насаждений этого овоща по всему миру составляет свыше 5 млн. га. По выращиванию томата Россия занимает 8 место в мире. Посевные площади под эту культуру в открытом грунте во всех видах хозяйств по последним данным составляют 119 тыс. гектаров [5]. Краснодарский край – один из крупнейших центров производства овощей в Российской Федерации, причём в последние годы производство овощей в крае

постоянно растёт. В 2019 году в крае было собрано 803 тыс. тонн овощей, что на 43 тыс. тонн выше 2018 года. Лидирующее место по посевным площадям и валовому сбору среди всех овощных культур в крае занимает томат – 7,6 тыс. га и 124 тыс. тонн соответственно [8]. В значительной степени такому росту способствует политика на эффективное импортозамещение ввозимых из-за рубежа овощей.

Томат является культурой требовательной к содержанию питательных веществ в почве. Он хорошо отзывается на внесение удобрения и некорневые

подкормки. На каждые 10 т товарной продукции томат выносит из почвы 32 кг азота, 11 – фосфора и 40 кг калия. Эти величины несколько изменяются в зависимости от сорта, уровня агротехники и урожайности [6].

Потребность томатов в элементах почвенного питания на разных фазах развития различна. В фазу рассады растения усиленно потребляют фосфор. При недостатке азота и бора в фазу начала цветения происходит опадение цветков, уменьшается число завязей на растении. Недостаток потребления калия и кальция с началом налива плодов, ведет к неинфекционному заболеванию вершинной гнилью [3]. Микроэлементы влияют на углеводный и азотистый обмен в растениях томата, транспорт сахаров, активизируют процессы фотосинтеза, синтез ферментов, которые играют роль катализаторов биохимических процессов, повышая их активность [2].

В почвах рисового стародельцового агроландшафтного района (центральная зона Краснодарского края) основные элементы минерального питания находятся в достаточном количестве, однако их подвижность и доступность очень ограничена, особенно при снижении увлажнения почвы в летний период [9]. На фоне слабой подвижности элементов минерального питания в почве и дефицита потребления их растениями, стрессового воздействия высоких температур в летний период – листовая подкормка может оказаться самым эффективным агроприемом для восполнения потребности в макро- и микроэлементах и поможет реализовать биологический потенциал продуктивности растений. Листовые подкормки являются наиболее прогрессивным методом внесения недостающих элементов питания и микроэлементов в период депрессивного состояния растений. Поэтому изучение эффективности применения некорневых подкормок, в состав которых входят микроудобрения, на культуре томата актуально.

Цель исследований

Изучить эффективность применения некорневых подкормок препаратом «Экотемп-универсал», влияние его на рост, развитие и плодоношение консервных сортов томата в условиях капельного орошения.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужило шесть среднеспелых сортообразцов томата консервного селекции ФГБНУ «ФНЦ риса», отвечающие современным технологиям выращивания и уборки плодов: Мираж, ЛК-2840, ЛГ-1181, ЛК-2704/09, Рокер и ЛК-2926. Исследования проводили на полях опытного участка отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» в соответствии с «Методикой полевого опыта в овощеводстве» [7]. Метод исследований – лабораторно-полевой. Площадь делянки – 20 м², повторность опытов трехкратная, размещение делянок систематическое. Томаты размещали по предшественнику озимая пшеница. Полив – капельным способом.

Образцы высевали в начале апреля в кассеты № 64 и № 96. Рассадку выращивали в теплице с пленочным покрытием и аварийным обогревом. Массовые всходы были получены через 7 – 10 дней. Растения в поле высаживали во второй декаде мая по ленточной схеме (90+50) x 35 см, густота стояния растений 40,8 тыс. шт./га. Работы по уходу за растениями на опытном участке (окучивание, культивация, борьба с вредителями и болезнями и т.д.) выполняли в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с рекомендациями по выращиванию томата [4].

Почвы на опытном участке относятся к стародельцовому агроландшафтному району – землям I категории, наиболее благоприятному для роста и развития всех овощных культур, в том числе и томатов. Механический состав их преимущественно глинистый. Обеспеченность почв доступными растениям формами элементов питания средняя (по наличию легкогидролизуемых форм азота (4,10 мг/100 г) и подвижных соединений калия (25 мг/100 г) и низкая (по фосфору – 2,2 мг/100 г) [9]. Тяжелый механический состав почв является причиной легкого заплывания их после дождей и образования на поверхности плотной корки. Это неблагоприятный показатель для культуры томата с его повышенной потребностью в аэрации почв, что требует обязательных рыхлений после поливов и дождей.

Обработку посадок сложным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» проводили в фазу цветения – начала плодообразования. Это сложное специальное удобрение для листовых подкормок растений, представляет собой внутрикомплексное металлоорганическое соединение в жидкой форме в состав которого входит (грамм/литр): фосфор – 45; калий – 75; магний – 2 и сбалансированный для овощных культур набор микроэлементов в форме хелатов. Микроэлементы, входящие в состав препарата, находятся в биологически активной (хелатной) форме, поэтому легко и быстро усваиваются растениями. В качестве хелатирующего агента используется 1-гидроксиэтилидэндифосфоновая кислота (ОЭДФ), по своей структуре наиболее близкая к природным соединениям на основе полифосфатов (при ее разложении образуются химические соединения, полностью усваиваемые растениями). ОЭДФ является регулятором роста и проявляет антивирусные свойства, обладает устойчивостью к разложению микроорганизмами. Обработку растений препаратом, проводили нормой 1 л/га. Норма расхода рабочего раствора составляла 300 л/га.

В опыте проводили фенологические и биометрические наблюдения. Площадь листовой поверхности определяли методом высечек [1]. Урожай убирали при созревании 70 – 75 % плодов на растении, учет проводили весовым методом с одновременным структурным анализом. Результаты исследований обработаны методами биометрической статистики [10].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что обработка растений комплексным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» не оказывает влияния на скорость прохождения фенологических фаз у консервных сортов томата, но при этом существенно влияет на их рост и плодоношение. Биометрические исследования показывают, что в результате внесения удобрения в виде листовой подкормки в фазу цветения – начала налива плодов, растения, по сравнению с контролем, лучше растут и развиваются, формируют большую ассимиляционную поверхность, количество боковых побегов и кистей. Из данных таблицы 1 видно, что прирост длины стебля растений опытных вариантов к контролю составил

9,7 – 12,4 %. Подкормка способствовала образованию новых боковых побегов, вследствие чего увеличивалось количество листьев на растении. Если в фазу начала формирования плодов в контроле (без листовой подкормки удобрением) ассимиляционная поверхность листьев составляла 10082 – 15048 см² в зависимости от сорта, то при некорневой подкормке раствором комплексного хелатного удобрения «Экотемп-универсал» – листовая поверхность увеличилась и составила 11547 – 17929 см². Ассимиляты, вырабатываемые дополнительно сформированным листовым аппаратом, дали возможность существенно увеличить количество кистей и плодов на растении (на 10,4 – 15,95 %).

Таблица 1. Влияние комплексного хелатного удобрения «Экотемп-универсал» на рост и развитие растений специальных консервных сортов томата (среднее на 1 растение в фазу начала созревания плодов)

Сорт, гибрид	Длина стебля, см	Количество боковых побегов, шт.	Количество листьев, шт.	Площадь листьев, см ²	Количество кистей, шт.	Количество плодов, шт.
Мираж	71,67	3,7	13,2	10082	5,80	11,8
Мираж + «Экотемп-универсал»	72,45	4,2	15,3	11547	6,60	13,3
ЛК-2840	59,67	3,7	15,5	13235	6,76	16,1
ЛК-2840 + «Экотемп-универсал»	65,66	4,2	17,6	14998	7,63	18,0
ЛГ-1181	70,74	4,9	21,7	15048	6,86	16,3
ЛГ-1181 + «Экотемп-универсал»	79,33	5,8	26,1	17929	8,19	18,9
ЛК-2704/09	63,15	4,3	18,6	13658	7,41	15,2
ЛК-2704/09 + «Экотемп-универсал»	69,33	4,8	21,9	15893	8,37	16,9
Рокер	45,67	3,4	12,7	11174	5,7	13,5
Рокер + «Экотемп-универсал»	50,11	3,9	14,5	12863	6,64	14,9
ЛК-2926	63,87	4,8	21,4	11919	6,82	13,3
ЛК-2926 + «Экотемп-универсал»	70,67	5,4	25,3	13906	7,61	15,1
НСР ₀₅	3,21	0,08	0,76	763	0,12	0,26

Величина урожая отражает и интегрирует действие на растение всех условий возделывания. Именно поэтому становится возможным количественно установить влияние некорневой обработки комплексным хелатным удобрением «Экотемп-универсал».

Результаты исследований показали, что продуктивность растения томата изменялась под воздей-

ствием удобрений (табл. 2). Наибольшие значения этого показателя отмечены в следующих вариантах: ЛГ-1181 + «Экотемп-универсал» – 0,722 кг (прибавка 0,116 кг) и ЛК-2704/09 + «Экотемп-универсал» – 0,640 кг (прибавка 0,090 кг). На делянках остальных вариантов прибавка продуктивности растения была несколько ниже и составила 0,059 – 0,080 кг. Следует отметить, что повышение продуктивности

на обработанных удобрениями делянках происходило, в основном, за счет увеличения количества плодов на растении, что указывает на положительное влияние некорневых подкормок удобрением

«Экотемп-универсал» на завязываемость плодов. Средняя масса одного плода во всех вариантах была примерно одинаковой (разница 1 – 2 г).

Таблица 2. Влияние обработки растений комплексным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» на продуктивность и урожайность специальных консервных сортов томата

№ п/п	Образец	Средняя масса плода, г	Продуктивность 1 растения		Урожайность		
			кг	прибавка +/- к контролю, кг	т/га	прибавка урожая +/- к контролю	
						т/га	%
1	Мираж	34,4	0,406	–	16,56	–	–
2	Мираж + «Экотемп-универсал»	35,0	0,465	0,059	18,97	2,41	14,5
3	ЛК-2840	33,1	0,533	–	21,75	–	–
4	ЛК-2840 + «Экотемп-универсал»	33,5	0,604	0,071	24,66	2,91	13,4
5	ЛГ-1181	37,1	0,606	–	24,72	–	–
6	ЛГ-1181 + «Экотемп-универсал»	38,3	0,722	0,116	29,46	4,74	19,3
7	ЛК-2704/09	36,1	0,550	–	22,44	–	–
8	ЛК-2704/09 + «Экотемп-универсал»	37,9	0,640	0,090	26,12	3,68	16,4
9	Рокер	33,4	0,450	–	18,36	–	–
10	Рокер + «Экотемп-универсал»	34,7	0,518	0,068	21,15	2,79	15,2
11	ЛК-2926	36,2	0,480	–	19,58	–	–
12	ЛК-2926 + «Экотемп-универсал»	37,1	0,560	0,080	22,83	3,25	16,6
	НСР ₀₅	0,9	0,021		1,79		

Урожайность томата в связи с экстремальными погодными условиями, повреждением посадок градом и эпифитотиями вирусных заболеваний была невысокой и составила 16,56 – 24,72 т/га в вариантах без обработки. Обработка растений томата в фазу массового цветения-начала формирования плодов сложным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» в норме 1 л/га, обеспечила прибавку урожайности 2,41 – 4,74 т/га или 13,4 – 19,3 % к контролю (вариант без удобрений). Исследованиями установлено, что наибольший эффект от применения удобрения на-

блюдался у сорта ЛГ-1181. Прибавка урожая у этого образца составила 4,74 т/га (19,3 %) по сравнению с контролем. Слабо среагировал на листовую подкормку сортообразец ЛК-2840. После применения некорневой подкормки урожай этого образца увеличился на 13,4 %.

Некорневая подкормка растений комплексным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» оказывает влияние не только на урожайность томата, но и на структуру урожая (табл. 3).

Таблица 3. Влияние обработки растений комплексным хелатным удобрением «Экотемп-универсал» на товарность урожая специальных консервных сортов томата (% от общего урожая)

№ п/п	Варианты опыта	Товарные, %	в том числе, %		Больные, %
			крупные	мелкие	
1	Мираж	94,8	83,4	11,4	5,2
2	Мираж + «Экотемп-универсал»	96,0	84,9	11,1	4,0
3	ЛК-2840	94,7	84,1	11,6	5,3
4	ЛК-2840 + «Экотемп-универсал»	97,7	87,5	10,2	2,3
5	ЛГ-1181	93,7	84,9	8,8	6,3
6	ЛГ-1181 + «Экотемп-универсал»	95,9	87,9	8,0	4,1
7	ЛК-2704/09	89,3	65,2	24,1	10,7
8	ЛК-2704/09 + «Экотемп-универсал»	94,0	80,3	13,7	6,0
9	Рокер	93,5	76,3	17,2	6,5
10	Рокер + «Экотемп-универсал»	95,9	83,5	12,4	4,1
11	ЛК-2926	93,3	71,2	22,1	6,7
12	ЛК-2926 + «Экотемп-универсал»	94,0	80,2	13,8	6,0

Под влиянием удобрения возрастала товарность урожая на 0,7 – 4,7 %, которая составила 94,0 – 97,7 % при товарности в контроле 89,3 – 94,8 % (табл. 3). Изменения произошли за счет увеличения доли крупных плодов, которая составила 80,2 – 87,9 % при 65,2 – 84,9 % в контроле, а так же уменьшения доли не товарных (гнилых, треснувших, зеленых, больных) плодов, составивших 6,0 – 2,3 % при 10,7 – 5,2 % в контроле.

По влиянию обработки на массу плодов, из изучаемых специальных консервных сортов томата, выделилась сортообразцы ЛК-2840 и ЛГ – 1181. Крупные плоды в полученном урожае у этих образцов составляли 87,5 и 87,9 % соответственно. У сорта ЛК-2704/09 уменьшилось количество растрескавшихся и загнивших плодов в доле не товарных на 3,3 %.

Выводы

Проведенные научные исследования позволили изучить влияние комплексного хелатного удобрения

«Экотемп-универсал» на продуктивность, структуру урожая и товарность плодов шести сортов томата консервного направления.

Установлено, что препарат «Экотемп-универсал» способствует улучшению развития растений, увеличению количества побегов, кистей и плодов. Обработка растений томата в фазу массового цветения – начала формирования плодов обеспечила прибавку урожайности 2,41 – 4,74 т/га или 13,4 – 19,3 % к контролю (вариант без удобрений). Наибольший эффект от применения удобрения наблюдался у сорта ЛГ-1181.

Под влиянием удобрения возрастала товарность урожая на 0,7 – 4,7 %, которая составила 94,0 – 97,7 %. Изменения произошли за счет увеличения доли крупных плодов, а так же уменьшения доли нетоварных (гнилых, треснувших, зеленых, больных) плодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедова, П. М. Площадь листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза у скороспелых сортов томата / П. М. Ахмедова // Овощи России. – 2013. – № 4(21). – С. 54 – 57.
2. Аутко, А. А. В мире овощей / А. А. Аутко. – Минск, УП «Технопринт», 2004. – 568 с.
3. Гиш, Р. А. Овощеводство юга России: учебник / Р. А. Гиш, Г. С. Гикало. – Краснодар: ЭДВИ, 2012. – 632 с.
4. Грушанин, А. И. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани / А. И. Грушанин, Л. В. Есаулова, Н. Н. Бут. – Краснодар, 2016. – 35 с.
5. Коробка, А. Н. Система земледелия Краснодарского края на аэроландшафтной основе: учебное пособие / А. Н. Коробка, С. Ю. Орленко, Е. В. Алексеенко и др. – Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2015. – 352 с. [Электронный ресурс].
6. Котов, В. П. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур: учебное пособие / Н. А. Андрицкая, Т. И. Завьялова. – СПб.: Лань, 2010. – 122 с.
7. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М.: 2011. – 648 с.
8. Обзор рынка томатов в России [Электронный ресурс. сайт © 2005 – 2020 «openbusiness.ru»].
9. Тюрин, В. Н. Аэроландшафтные системы Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: территориальная организация, продуктивность, устойчивость: монография / В. Н. Тюрин, А. А. Мищенко, Л. А. Морева. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2016. – 236 с.
10. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 664 с.

REFERENCES

1. Akhmedova, P. M. Leaf surface area and photosynthesis productivity in early ripening tomato varieties / P. M. Akhmedova // Vegetables of Russia. – 2013. – № 4(21). – p. 54 – 57.
2. Autko, A. A. In the world of vegetables / A. A. Autko. – Minsk, UP Technoprint, 2004. – 568 p.
3. Gish, R. A. Vegetable growing in the south of Russia: textbook / R. A. Gish, G. S. Gikalo. – Krasnodar: EDVI, 2012. – 632 p.
4. Grushanin, A. I. The technology of growing tomatoes in open ground in the Kuban / A. I. Grushanin, L. V. Esaulova, N. N. But – Krasnodar, 2016. – 35 p.
5. Korobka, A. N. Agriculture system of Krasnodar region on an aerial landscape base: study guide / A. N. Korobka, S. Yu. Orlenko, E. V. Alekseenko et al. – Krasnodar: Prosveschenie-Yug LLC, 2015. – 352 p. [Electronic resource].
6. Kotov, V. P. Biological basis for obtaining high yields of vegetable crops: study guide / N. A. Andritskaya, T. I. Zavyalova. – St. Petersburg: Lan, 2010. – 122 p.
7. Litvinov, S. S. Methods of field experiment in vegetable growing / S. S. Litvinov – M.: 2011. – 648 p.
8. Overview of the tomato market in Russia [Electronic resource. site © 2005 – 2020 «openbusiness.ru»].
9. Tyurin, V. N. Aerial landscape systems of the Northwest Caucasus and Ciscaucasia: territorial organization, productivity, sustainability: monograph / V. N. Tyurin, A. A. Mishchenko, L. A. Moreva. – Krasnodar: Kuban State University, 2016. – 236 p.
10. Sheudzhen, A. Kh. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of their results / A. Kh. Sheudzhen, T. N. Bondareva. – Maykop: OJSC «Polygraph-Yug», 2015. – 664 p.

Ирина Викторовна Козлова

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

Irina Viktorovna Kozlova

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

ФГБНУ «ФНЦ риса»,
350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

FSBSI "FSC of rice"
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

РИСОВОДСТВО / RICE GROWING

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION MAGAZINE

ISSN 1684-2464

2 (47) 2020

Подписано в печать
00.00.2020
Формат 64 x 90/8
Бумага офсетная
Усл. печатных листов 8,27
Заказ № 41/00000. Тираж 500 экз.