

РИСОВОДСТВО

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»

Издается с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

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

Главный редактор

С. В. ГАРКУША (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 НЬЯНИ (Китай, Ляонинская Академия с.-х. наук), Ph.D

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. КИЗИНЕК (РПЗ «Красноармейский»

им. А. И. Майстренко), д-р с.-х. наук

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

П. И. КОСТЫЛЕВ (ФНЦ риса), 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 (Казахский 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

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

Венцзин ЧЖЭН (Ляонинский научно-исследовательский

институт риса, Китай), проф.

Массимо БИЛОНИ (Итальянская экспериментальная рисо-

вая станция), д-р с.-х. наук

Е. В. ДУБИНА (ФНЦ риса), д-р биол. наук

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

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

Адрес редакции:

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3.

arri_kub@mail.ru, «В редакцию журнала»

Научный редактор: тел.: (861) 229 – 42 – 66

Свидетельство о регистрации СМИ

№ 019255 от 29.09.1999, выдано Государственным комитетом РФ по печати.

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

RICE GROWING

SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION MAGAZINE

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

Published since 2002

Periodicity 4 issues a year

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

Editor-in-Chief

S. V. GARKUSHA (FSC of rice),

Dr. of agricultural sciences

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. of agricultural sciences

T. F. BOCHKO (KubSU), Ph.D. in biological sciences

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

V. A. DZYUBA (FSC of rice), Dr. of biological sciences, professor

L. V. ESAULOVA (FSC of rice), Ph.D. in biological sciences

G. L. ZELENSKY (FSC of rice), Dr. of agricultural sciences, professor

S. V. KIZINEK (Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant

named after A. I. Maystrenko), Dr. of agricultural sciences

S. V. KOROLYOVA (FSC of rice), Ph. D. in agricultural sciences

P. I. KOSTYLEV (SSE «ARC «Donskoy»), Dr. of agricultural sciences,

professor

V. A. LADATKO (FSC of rice), Ph.D. in agricultural sciences

Zh. M. MUKHINA (FSC of rice), Dr. of biological sciences

A. N. PODOLSKIKH (Kazakh Scientific Research Institute of Rice

Growing named after I. Zhakhaev), Dr. of agricultural sciences

M. A. SKAZHENNIK (FSC of rice), Dr. of biological sciences

A. I. SUPRUNOV (Krasnodar Research Institute of Agriculture

named after P. P. Lukianenko), Dr. of agricultural sciences

E. M. KHARITONOV (Academician of Russian Academy of

Sciences), professor

M. I. CHEBOTAREV (KubSAU), Dr. of engineering sciences, professor

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

Academy of Sciences, professor

Wenjing ZHENG (Liaoning Rice Research Institute of China), prof.

Massimo BILONI (Italian Rice Experiment Station), Dr. of

agriculture

E. V. DUBINA (FSC of rice), Dr. of biological sciences

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

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

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

- Лесняк С. А., Дубина Е. В., Гаркуша С. В., Корж С. О., Рубан М. Г.**
Создание генетических ресурсов риса, устойчивых к абиотическим стрессорам, на основе методов молекулярного маркирования 6
- Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Верещагина С.А.**
Биотехнологии в создании чернозерных и краснозерных сортов риса для функционального питания 12
- Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Гапишко Н.И.**
Выделение источников микро - и макроэлементов среди образцов риса в связи с созданием устойчивых к засухе форм 17
- Истомин Н.К., Нартымов Д.В., Дубина Е.В., Рубан М.Г.**
Изучение наиболее оптимальных методов кластеризации морфологических и культуральных признаков пирикулярриоза риса 22
- Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Якунина А.А., Брагина О.А.**
Кластеризация российских сортов риса по аминокислотному составу в связи с устойчивостью к засухе 27
- Конищева А.В., Гученко С.С., Ручко М.А.**
Биологические особенности новых сортов риса при различных режимах орошения в условиях Приморского края 32
- Нартымов Д.В., Дубина Е.В., Харитонов Е.М., Рубан М.Г., Истомин Н.К., Костылев П.И.**
Изучение культуральных свойств штаммов пирикулярриоза риса в Краснодарском крае 36
- Дубина Е.В., Макуха Ю.А.**
Изучение полиморфизма SSR-локусов устойчивости к *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* у капусты белокочанной 43

СОДЕРЖАНИЕ**Белоусов И.Е.**

Изменение показателей эффективного плодородия почвы в рисовом севообороте 47

Шеуджен А. Х., Ковалев С.С., Бондарева Т.Н.

Отзывчивость растений ячменя озимого на минеральные удобрения в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном 53

Зеленская О. В., Москвитин С. А., Швыдка Н. В.

Сорные растения семейства *Polygonaceae* juss. на рисовых системах Краснодарского края 61

Лазько В.Э., Якимова О.В.

Использование дикорастущих луков для озеленения в условиях Центральной зоны Кубани 67

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Дякунчак Сетлана Александровна

Уджуху Аскер Черимович

Ладатко Ольга Васильевна

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Lesnyak S. A., Dubina E. V., Garkusha S. V., Korzh S. O., Ruban M. G. Development of rice genetic resources resistant to abiotic stressors based on molecular labeling methods	6
Goncharova Y. K., Kharitonov E. M., Vereshchagina S. A. Biotechnology in the creation of black earth and red grain varieties of rice for functional nutrition	12
Goncharova J. K., Kharitonov E. M., Gapishko N. I. Isolation of sources of micro and macro elements among rice samples in connection with the creation of drought-resistant forms	17
Istomin N. K., Nartymov D. V., Dubina E. V., Ruban M. G. Study of the most optimal methods for clustering morphological and cultural signs of rice pyriculariosis	22
Goncharova Y. K., Kharitonov E. M., Yakunina A. A., Bragina O. A. Clusterization of russian rice varieties by amino acid composition in connection with resistance to drought	27
Konishcheva A. V., Guchenko S. S., Ruchko M. A. Biological features of new varieties of rice under different irrigation mode in the conditions of Primorsky krai	32
Nartymov D. V., Dubina E. V., Kharitonov E. M., Ruban M. G., Istomin N. K., Kostylev P. I. Study of cultural properties of rice blast strains in Krasnodar region	36
Dubina E. V., Makukha Y. A. Polymorphism studying of SSR-loci in white cabbage linked to resistance to <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	43

TABLE OF CONTENTS

Belousov I.E. Changing soil efficiency rates in rice crop rotation	47
Sheudzen A. K., Kovalev S. S., Bondareva T. N. Responsiveness of winter barley plants to mineral fertilizers in conditions of Western Ciscaucasia on leached chernozem	53
Zelenskaya O. V., Moskvitin S. A., Shvydkaya N. V. Weedy plants of <i>Polygonaceae</i> juss. family on rice irrigation systems of Krasnodar region	61
Lazko V. E., Yakimova O. V. Use of wild onion for landscaping in the conditions of the Central zone of Kuban	67

OUR ANNIVERSARIES:

Dyakunchak Svetlana Aleksandrovna

Udzhukhu Asker Cherimovich

Ladatko Olga Vasilievna

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-6-11
УДК: 633.18

Лесняк С. А.,
Дубина Е. В., д-р биол. наук,
Гаркуша С. В., д-р с.-х. наук, профессор,
Корж С. О.,
Рубан М. Г.
г. Краснодар, Россия

СОЗДАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РИСА, УСТОЙЧИВЫХ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ, НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ

Исследование направлено на создание предселекционных и селекционных ресурсов риса, толерантных к длительному затоплению водой, как фактору борьбы с сорными растениями в рисовых агрофитоценозах на основе ДНК – технологий с использованием микросателлитных молекулярных маркеров. В данной работе изучен полиморфизм SSR-локусов по признаку толерантности к длительному затоплению водой растений риса. Из 13 апробированных молекулярных SSR-маркеров, взятых из базы данных NCBI на сайте www.ncbi.nih.gov, для идентификации гена Sub1A, отвечающего за признак толерантности к длительному погружению растений риса под воду в рекуррентной и реципиентной формах отобрано два информативных SSR-праймера (RM7481, PrC3), которые использованы в данной селекционной программе для контроля наличия, а также аллельного состояния данного гена в полученных гибридных растениях. Использование такой стратегии в настоящее время в России неприменимо из-за ряда проблем, связанных, в первую очередь, с отсутствием сортов, несущих данный ген; во – вторых, высокой гибелью проростков риса, не имеющих данный ген, из-за недостатка кислорода, вызванного повышением уровня воды для борьбы с сорно-полевой растительностью. Поэтому эффективным способом защиты риса без гербицидов является создание и выращивание сортов, устойчивых к анаэробному прорастанию и длительному затоплению. Провели тестирование полученных селекционных ресурсов риса на устойчивость к длительному затоплению в условиях лабораторного опыта, что позволило отобрать толерантные формы риса, которые будут изучаться в селекционном процессе по комплексу агрономически-ценных признаков. Их использование позволит снизить применение химических средств защиты растений от болезней и сорных растений, повысив тем самым экологический статус отрасли рисоводства.

Ключевые слова: рис, сорт, сорные растения, гены толерантности к длительному затоплению, SSR-маркеры.

DEVELOPMENT OF RICE GENETIC RESOURCES RESISTANT TO ABIOTIC STRESSORS BASED ON MOLECULAR LABELING METHODS

The research is aimed at creating pre-selection and breeding rice resources that are tolerant to prolonged water flooding as a factor of weed control in rice agrophytocenoses based on DNA technologies using microsatellite molecular markers. In this paper, we studied the polymorphism of SSR loci on the basis of tolerance to prolonged water flooding of rice plants. From 13 approved molecular SSR-markers taken from the NCBI database on the [www website](http://www.ncbi.nih.gov), to identify the Sub1A gene responsible for the sign of tolerance to prolonged immersion of rice plants under water in recurrent and recipient forms. Two informative SSR primers were selected, which were used in this breeding program to control the presence, as well as the allelic state of this gene in the obtained hybrid plants. From 13 approved molecular SSR-markers taken from the NCBI database on the [website](http://www.ncbi.nih.gov), to identify the Sub1A gene responsible for the sign of tolerance to prolonged immersion of rice plants under water in recurrent and recipient forms, two informative SSR-primers (RM7481, PrC3) were selected, which were used in this breeding program to control the presence and allelic state of this gene in the obtained hybrid plants. The use of such a strategy is currently not applicable in Russia due to a number of problems associated, first of all, with the lack of varieties carrying this gene; secondly, the high death of rice seedlings that do not have this gene, due to lack of oxygen caused by an increase in the water level to combat weed and field vegetation. Therefore, an effective way to protect rice without herbicides is to create and grow varieties that are resistant to anaerobic germination and prolonged flooding. The obtained rice breeding resources were tested for resistance to prolonged flooding in laboratory conditions, which made it possible to select tolerant forms of rice that will be studied in the breeding process according to a complex of agronomically valuable traits. Their use will reduce the use of chemical plant protection products against diseases and weeds, thereby increasing the ecological status of the rice industry.

Keywords: rice, variety, weeds, genes of tolerance to prolonged flooding, SSR-markers.

Введение

Рис - стратегически важная продовольственная культура в мире и стоит на третьем месте по валовому производству. Краснодарский край является крупнейшим регионом рисосеяния в Российской Федерации, где сосредоточено более 80 % посевных площадей страны. Одним из основных лимитирующих абиотических стресс-факторов, препятствующих получению высоких урожаев риса и снижающих продуктивность, являются сорняковые растения, которые конкурируют с культурой за свет, пространство и элементы минерального питания. Неблагоприятные климатические условия (высокие температуры воздуха, недостаток воды (засуха) и т.д.) также сдерживают рост урожайности риса и угрожают продовольственной безопасности Краснодарского края и страны в целом.

Введение генов (функции) толерантности к длительному затоплению растений риса водой, сопровождающееся маркерным контролем, в высокопродуктивные сорта риса, адаптированные к местным агроклиматическим условиям, считается актуальным и перспективным направлением в мировой селекции.

Применение ДНК-маркеров позволяет ускорить селекционный процесс, и сегодня маркер-опосредованные технологии (marker-assisted selection, MAS) являются одним из приоритетных динамично развивающихся научных направлений для селекционных программ.

Важным этапом в истории селекции риса на устойчивость к водному стрессу (длительному затоплению) стала идентификация локуса Submergence 1A или Sub1A, который контролирует данный признак [1,2,10]. Он регулирует реакцию на этилен и гиббереллин, что приводит к ограничению в потреблении углеводов и покою побегов под водой, а также способствует толерантности к длительному и глубокому погружению.

Регион Sub1 ограничен маркерами CR25K и SSR1A и охватывает более 182 тысяч пар оснований. Этот интервал кодирует три гена факторов этиленового ответа, обозначенных Sub1A, Sub1B и Sub1C, но только ген Sub1A усиливает у растений толерантность к затоплению [6].

В России этот фактор можно использовать как фактор борьбы со злостными сорняками рисовых полей – видами *Echinochloa*. Использование такой стратегии в настоящее время в России неприменимо из-за ряда проблем, связанных, в первую очередь, с отсутствием сортов, несущих данный ген; во – вторых, высокой гибелью проростков риса, не имеющих данный ген, из-за недостатка кислорода, вызванного повышением уровня воды для борьбы с сорно-полевой растительностью. Поэтому эффективным способом защиты риса без гербицидов является создание и выращивание сортов, устойчивых к анаэробному прорастанию и длительному затоплению [2, 5, 8].

Цель исследований

Создать на основе методов молекулярного маркирования предселекционный и селекционный материал риса (*Oryza sativa L.*), устойчивый к длительному погружению под воду, как фактору борьбы с сорными растениями.

Материалы и методы

Работу проводили в лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса». Материалом исследования послужили контрастные формы риса: 7 толерантных (Khan Dan; TDK – 1; CR 1009; Swarna; IR – 64; BR – 11; Inbara – 3); 7 восприимчивых (КП – 23; Контакт; Боярин; КП – 25; КП – 163, Флагман; Ленарис) к длительному затоплению растений риса.

Для проведения молекулярно-генетических исследований использовались нейтральные микросателлитные (SSR) маркеры, специфичные праймеры, которых синтезированы фирмой ЗАО «Синтол» (г. Москва). Их сиквенс представлен в таблице 1.

Таблица 1. Нуклеотидная последовательность праймеров для идентификации гена Sub1

Название маркера	Нуклеотидная последовательность праймеров (5'-3')	
Sub1A203	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
Sub1A_6	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
Sub1A_7	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
RM7481	F	CGACCCAATATCTTTCTGCC
	R	CATTGGTCGTGCTCAACAAG
RM285	F	CTGTGGGCCCAATATGTCAC
	R	GGCGGTGACATGGAGAAAG
RM219	F	CGTCGGATGATGTAAGCCT
	R	CATATCGGCATTCGCCTG
RM 464A	F	AACGGGCACATTCTGTCTTC
	R	TGGAAGACCTGATCGTTTCC
RM 285	F	CTGTGGGCCCAATATGTCAC
	R	GGCGGTGACATGGAGAAAG
Sub1A	F	CAGGAATAAGTAGGCACATCA
	R	GGACCAAGAACAAAGTCAAA
AEX	F	AGGCGGAGCTACGAGTACCA
	R	GCAGAGCGGCTGCGA
PrC1	F	TTGC GAGCTAGCTGTCTGAA
	R	TAGTCCACGCGCTAATGTGA
PrC3	F	CAATAAGACTCGGGCTGTGC
	R	TAGTCCACGCGCTAATGTGA
GnS2	F	CTTCTTGCTCAACGACAACG
	R	TCGATGGGGTCTTGATCTCT

ДНК из листьев риса выделяли стандартным методом СТАВ по Мюррею и Томпсону [5]. Метод заключается в использовании цетилтриметиламмоний бромида (СТАВ) в качестве основного лизирующего буфера.

Аmplификацию проводили в ДНК-амплификаторе «Терцик», по следующему разработанному протоколу: на первом этапе денатурация в течение 5 минут при 94 °С, затем на втором этапе - 35 циклов: денатурация - 35 сек при 94 °С; отжиг праймеров - 45 сек при 60 °С; синтез - 30 сек при 72 °С. К заключительному этапу относится один цикл синтеза при 72 °С в течение 5 минут. Амплифицированные фрагменты ДНК разделяли с помощью 2 %-го агарозного геля с добавлением бромистого этидия при напряжении 120 В в течение 1 часа и фотографировали в ультрафиолетовом свете.

Результаты и обсуждение

При проведении молекулярно-генетического исследования апробировано 13 нейтральных микросателлитных маркеров, на контрастных по признаку толерантности к длительному затоплению водой растений риса, 2 из которых показали полиморфизм (аллельную разницу) между исследуемыми образцами. Результаты апробации этих маркеров представлены на рисунках 1-3.

Рисунок 1 демонстрирует аллельное разнообразие анализируемых контрастных по толерантности к длительному затоплению генотипов растений риса по локусу RM 7481, на электрофореграмме чётко видна аллельная разница между толерантными и восприимчивыми сортами, что позволяет использовать данный маркер для ранжирования генотипов по данному признаку.

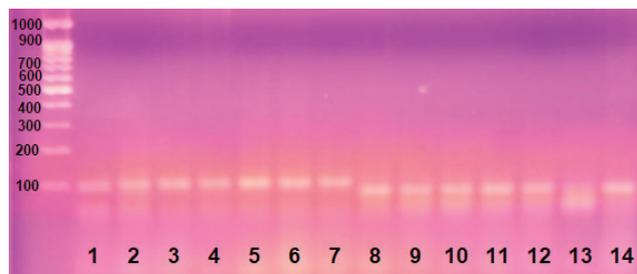


Рисунок 1. Визуализация продуктов амплификации по локусу RM 7481

Примечание: Mm - маркер молекулярной массы rBR322/BsuR I (поставщик - комп. Хеликон, Россия); 1 - Khan Dan; 2- TDK - 1; 3 - CR 1009; 4 - Swarna; 5 - IR - 64; 6 - BR - 11; 7 - Inbara - 3; 8 - КП - 23; 9 - Контакт; 10 - Боярин; 11 - КП - 25; 12 - КП - 163; 13 - Флагман; 14 - Ленарис

На рисунке 2 представлены результаты ПЦР анализа по локусу PrC3. Электрофореграмма показывает аллельную разницу между изучаемыми контрастными по толерантности к длительному затоплению сортами, что позволяет использовать данный маркер для ранжирования анализируемых гибридных образцов растений риса по признаку толерантности к длительному затоплению.

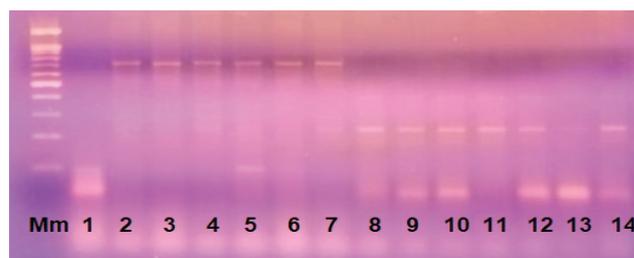


Рисунок 2. Визуализация продуктов амплификации по локусу PrC3

Примечание: Mm - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик - комп. Синтол, Россия); 1 - Khan Dan; 2- TDK - 1; 3 - CR 1009; 4 - Swarna; 5 - IR - 64; 6 - BR - 11; 7 - Inbara - 3; 8 - КП - 23; 9 - Контакт; 10 - Боярин; 11 - КП - 25; 12 - КП - 163; 13 - Флагман; 14 - Ленарис

Данные маркеры внедрены в селекционную программу.

При изучении оставшихся 11 маркеров аллельной разницы между контрастными формами обнаружено не было. Электрофореграмма одного из таких маркеров представлена на рисунке 3.

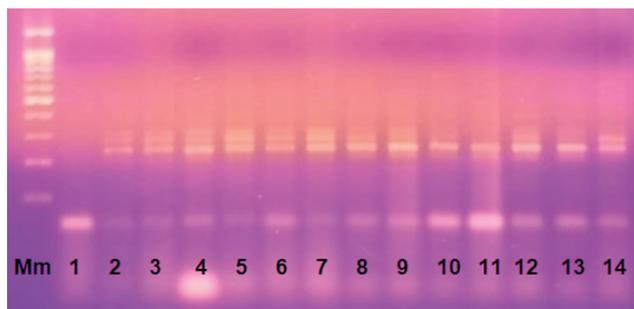


Рисунок 3. Визуализация продуктов амплификации по локусу RM 464A

Примечание: Mm - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик - комп. Синтол, Россия); 1 - Khan Dan; 2- TDK - 1; 3 - CR 1009; 4 - Swarna; 5 - IR - 64; 6 - BR - 11; 7 - Inbara - 3; 8 - КП - 23; 9 - Контакт; 10 - Боярин; 11 - КП - 25; 12 - КП - 163; 13 - Флагман; 14 - Ленарис

Для сопоставления молекулярно-генетических исследований был проведен фенотипический анализ родительских форм на толерантность к длительному затоплению водой (рис. 4).

В результате проведения эксперимента было отмечено, что растения апробированных отечественных сортов риса (материнская форма) удлинялись либо погибали. А у растений риса сорта-донора Khan Dan (отцовская форма) с геном Sub1A наблюдалась остановка в росте, т.е. они находились в состоянии покоя. После 14 дней в режиме полного затопления воду из пробирок сливали, и в течение 2-3- суток растения выходили из стрессового состояния. Затем они восстанавливали свои жизненные функции, производя больше новых листьев [2].

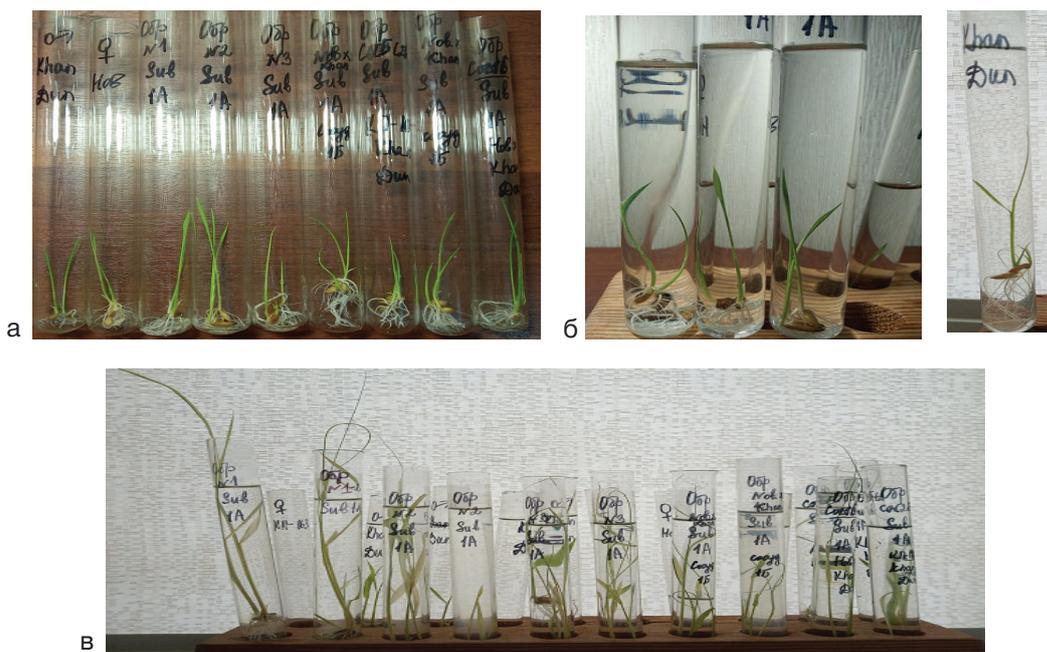


Рисунок 4. Лабораторный экспресс-метод на толерантность к длительному погружению растений риса под воду

Таким образом, интеграция результатов молекулярно-генетических исследований и фенотипического анализа контрастных форм по данному признаку растений риса позволила сопоставить потенциальную устойчивость, определяемую генотипом, с реальным проявлением защитного эффекта в данных (затопление) условиях среды.

Далее нами проведена гибридизация линий – доноров генов толерантности к длительному затоплению Sub1A с сортами и линиями риса селекции ФНЦ риса.

На рисунке 5 представлена предлагаемая нами ускоренная селекционная схема создания современного набора линий риса с генами устойчивости к абиотическим стрессорам.

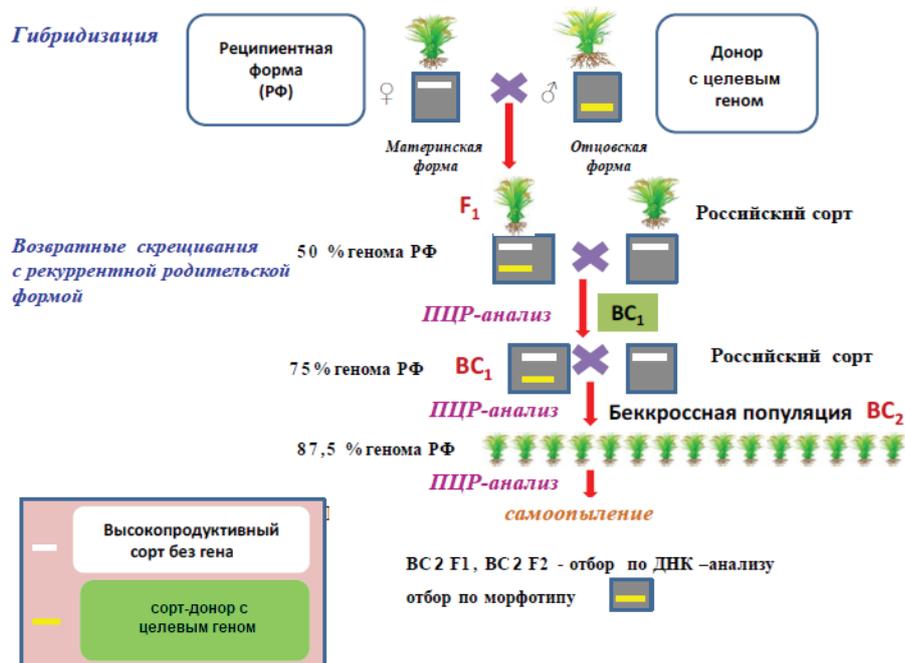


Рисунок 5. Схема введения целевых генов в отечественные сорта риса с помощью MAS

На первом этапе селекционной программы проведено скрещивание отечественных сортов риса, а также, полученных нами, линий риса с генами устойчивости к пирикулярриозу *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*,

Pi-ta, *Pi-b* с сортом-донором Khan Dan (отцовская форма), имеющем в генотипе ген толерантности к длительному затоплению *Sub1A*.

В настоящее время получена BC1F2-популяция,

которая проверена ПЦР-анализом на наличие в генотипе гена *Sub1A*.

Из 184 растений гибридной комбинации КП 163 x Khan Dup выделили 143 растения с целевым геном в гомо- гетерозиготном состоянии, которые были высеяны на лизиметрической площадке ФГБНУ «ФНЦ риса» для оценки по хозяйственно ценным признакам. Отобранные растения с геном *Sub1A* вовлекли в взратное скрещивание с рекуррентными родительскими формами. Работа по проведению насыщающих скрещиваний начата с целью получения линий риса с комплексом ценных признаков районированного сорта, имеющие эффективный ген толерантности к длительному затоплению *Sub1A*, а также с периодом вегетации не более 125 дней.

На рисунке 6 представлены результаты ПЦР-анализа гибридных растений BC1F2-популяции по локусу RM7481.

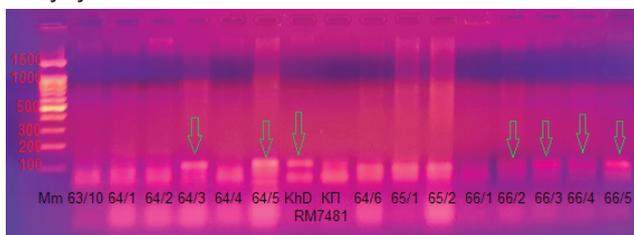


Рисунок 6. Результаты ПЦР-анализа по локусу RM7481

Примечание: M – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 63/10...66/5 – гибридные растения; *KhD* – сорт-донор Khan Dan; *KP* – линия КП-163 (материнская форма)

Из рисунка 6 видно, что гибридные растения под № 64/3, 65/5, 66/2, 66/3, 66/4, 66/5 имеют специфичную аллель гена *Sub1A*. Образец №64/3 является гомозиготой по данному локусу, а №66/2, 66/3, 66/4, 66/5 гетерозиготами. Растения, не имеющие по данным ПЦР-анализа в генотипе целевого гена, выбраковывались. Таким образом данные

Исследования выполнены при финансовой поддержке Унитарной некоммерческой организации «Кубанский научный фонд» МФИ-20.1/1 «Геномное моделирование на основе современных биотехнологических подходов для диверсификации генетических ресурсов риса, устойчивых к био- и абиотическим стрессорам, с целью повышения экологизации и экономики Краснодарского края»

ЛИТЕРАТУРА

1. Азарин, К. В. SSP маркеры устойчивости риса к полному затоплению / К. В. Азарин, А. В. Усатов, П. И. Костылев, М. С. Макаренко, А. А. Ковалевич // Зерновое хозяйство России. – 2016. – №. 4. – С. 21-25.
2. Дубина, Е.В. Ген *Sub1A* в селекции риса на толерантность к затоплению, как фактор борьбы с сорными растениями / Е.В. Дубина, В.Н. Шиловский, П.И. Костылев, С.В. Гаркуша, В.С. Ковалев, Л.В. Есаулова, И.В. Баяс-ный, М.Г. Страховысова, С.Ту. Динь, Х.Л. Ле // Рисоводство. – 2017. – № 2 (35). – С. 20-26.
3. Костылев, П. И. Перспективы использования устойчивого к длительному затоплению риса с геном *Sub1* в селекции российских сортов / П. И. Костылев, А. А. Редькин, Е. В. Краснова, А. В. Усатов М. С. Макаренко // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №. 4. – С. 37-41.
4. Скаженник, М.А. Методы физиологических исследований в рисоводстве / М.М. Скаженник, Н.В. Воробьев, О.А. Досеева // Методические рекомендации. – Краснодар: ВНИИ риса, 2009. – 23 с.
5. Dos Santos, R. S. Evolutionary analysis of the SUB1 locus across the Oryza genomes/ R. S. Dos Santos, D. da Rosa Farias, C. Pegoraro, C. V. Rombaldi, T. Fukao, R. A. Wing, A. C. Oliveira // Rice. – 2017. – V. 10. – №. 1. – P. 1-5.
6. Mackill, D.J. Molecular mapping and marker-assisted selection for major-gene traits in rice / D.J. Mackill and J.

Ni// Rice genetic. Proceeding of the fourth international rice genetic symposium.- Los Banos, 2001.- P. 137-151.

7. Perata, P. The rice SUB1A gene: Making adaptation to submergence and post-submergence possible/ P. Perata // Plant, cell & environment. – 2018. – V. 41. – №. 4. – P. 717-720.
8. Rao, G. J. Molecular breeding to improve plant resistance to abiotic stresses / G. J. Rao, J. N. Reddy, M. Variar, A. Mahender // Advances in plant breeding strategies: Agronomic, abiotic and biotic stress traits. – Springer, Cham, 2016. – P. 283-326.
9. Septiningsih, E.M. Anaerobic germination-tolerant plants and related materials and methods / E.M. Septiningsih, T. Kretzschmar. – 2015. – WO 2015087282 A1.
10. Xu, K. A high-resolution linkage map in the vicinity of the rice submergence tolerance locus Sub1 / K. Xu, X. Xu, P.C. Ronald and D.J. Mackill // Mol. Gen. Genet. – 2000. – № 263. – P. 681-689.

REFERENCES

1. Azarin, K. V. SSP markers of rice resistance to total flooding / K. V. Azarin, A. V. Usatov, P. I. Kostylev, M. S. Makarenko, A. A. Kovalevich // Grain economy of Russia. - 2016. - № 4. - P. 21-25.
2. Dubina, E.B. Gen *Sub1A* in rice breeding for tolerance to flooding, as a fact of fighting with weeds / E.B. Dubin, B.H. Shilovsky, P. I. Kostylev, S.B. Garkusha, B. S. Kovalev, L.B. Esaulova, I.B. Baliasny, M.G. Strakolysova, S.Tu. Ding, X. L. Le // Rice growing. - 2017. - № 2 (35). - P. 20-26.
3. Kostylev, P. I. Prospects for the use of rice resistant to long-term flooding with the Sub1 gene in breeding Russian varieties / P. I. Kostylev, A. A. Redkin, E. V. Krasnova, A. V. Usatov M. S. Makarenko // Grain economy of Russia. - 2015. - № 4. - P. 37-41.
4. Skazhennik, M.A. Methods of physiological research in rice / M.A. Skazhennik, H.B. Borobiev, O.A. Doseeva // Methodical recommendations. - Krasnodar: ARRI rice, 2009.- 23 p.
5. Dos Santos, R. S. Evolutionary analysis of the SUB1 locus across the Oryza genomes/ R. S. Dos Santos, D. da Rosa Farias, C. Pegoraro, C. V. Rombaldi, T. Fukao, R. A. Wing, A. C. Oliveira //Rice. – 2017. – V. 10. – №. 1. – P. 1-5.
6. Mackill, D.J. Molecular mapping and marker-assisted selection for major-gene traits in rice / D.J. Mackill and J. Ni// Rice genetic. Proceeding of the fourth international rice genetic symposium.- Los Banos, 2001.- P. 137-151.
7. Perata, P. The rice SUB1A gene: Making adaptation to submergence and post-submergence possible/ P. Perata // Plant, cell & environment. – 2018. – V. 41. – №. 4. – P. 717-720.
8. Rao, G. J. Molecular breeding to improve plant resistance to abiotic stresses / G. J. Rao, J. N. Reddy, M. Variar, A. Mahender // Advances in plant breeding strategies: Agronomic, abiotic and biotic stress traits. – Springer, Cham, 2016. – P. 283-326.
9. Septiningsih, E.M. Anaerobic germination-tolerant plants and related materials and methods / E.M. Septiningsih, T. Kretzschmar. – 2015. – WO 2015087282 A1.
10. Xu, K. A high-resolution linkage map in the vicinity of the rice submergence tolerance locus Sub1 / K. Xu, X. Xu, P.C. Ronald and D.J. Mackill // Mol. Gen. Genet. – 2000. – № 263. – P. 681-689.

Сергей Александрович Лесняк

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail:sergei_l.a@mail.ru

Sergey Alexandrovich Lesnyak

Junior researcher of the laboratory of information, digital and biotechnologies
E-mail:sergei_l.a@mail.ru

Елена Викторовна Дубина

Заведующая лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Elena Viktorovna Dubina

Head of the laboratory of information, digital and biotechnology
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Сергей Валентинович Гаркуша

Временно исполняющий обязанности директора

Garkusha Sergey Valentinovich

Acting Director

Светлана Олеговна Корж

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий

Svetlana Olegovna Korzh

Junior researcher of the laboratory of information, digital and biotechnologies

Маргарита Георгиевна Рубан

Научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий

Margarita Georgievna Ruban

Researcher of the laboratory of information, digital and biotechnologies

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

All: FSBSI “FSC of rice”,
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-12-16
УДК: 631.527:633.18

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

БИОТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ЧЕРНОЗЕРНЫХ И КРАСНОЗЕРНЫХ СОРТОВ РИСА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Если несколько десятилетий назад нужно было просто накормить население, то сейчас во всем мире люди предпочитают продукты, с целебными свойствами, производимые по органическим технологиям. Устойчивые сорта позволяют сократить потребление воды, внесение пестицидов и гербицидов при их производстве. Инновационные технологии позволили в сжатые сроки создать такие черnozерные и краснозерные сорта риса для функционального питания. Цель исследования: выявить локусы, определяющие продуктивность у отечественных сортов риса при воздействии засухи и высоких температур, разработать мультиплексные комплексы для сокращения трудоемкости изучения полиморфизма популяций. Выборку 20[™] растений сорта на вариант опыта выращивали по 10 растений на сосуд на оптимальном фоне минерального питания на вегетационной площадке до фазы цветения. Затем заносили сосуды в камеры искусственного климата с различными температурами и водным режимом. Сорта разделили на группы с различной устойчивостью к стрессу. Был изучен полиморфизм этих сортов, с использованием 100 маркеров, распределенным по хромосомам риса. В работе использовали маркеры, связанные с локусами, контролирующими адаптивность и продуктивность. ДНК риса выделяли из проростков и листьев риса. С использованием полиморфных маркеров, выделенных по достоверности влияния на формирование засухоустойчивости у отечественных сортов риса, разработаны мультиплексные комплексы, одновременно позволяющие контролировать, как адаптивность, так и питательную ценность образца. Четыре мультиплексных комплекса контролирует 11 локусов, определяющих содержание микро-, макроэлементов и 5 комплексов помогают отслеживать включение в генотип 13 локусов, определяющих формирование признаков, связанных с адаптивностью образцов риса.

Ключевые слова: рис, сорт, молекулярные маркеры, локусы определяющие адаптивность, питательная ценность, мультиплексные комплексы.

BIOTECHNOLOGY IN THE CREATION OF BLACK EARTH AND RED GRAIN VARIETIES OF RICE FOR FUNCTIONAL NUTRITION

If a few decades ago it was just necessary to feed the population, now all over the world people prefer products with healing properties produced using organic technologies. Resistant varieties allow to reduce water consumption, pesticide and herbicide application during their production. Innovative technologies made it possible in a short time to create such black-grain and red-grain rice varieties for functional nutrition. The aim of the study: to identify the loci that determine the productivity of domestic rice varieties when exposed to drought and high temperatures, to develop multiplex complexes to reduce the complexity of studying population polymorphism. A sample of 20 plants of the cultivar per variant of the experiment, 10 plants per vessel were grown on an optimal background of mineral nutrition, on a growing plot until the flowering phase. Then the vessels were brought into the chambers of the artificial climate with different temperatures and water regimes. The cultivars were divided into groups with different resistance to stress. The polymorphism of these varieties was studied using 100 markers distributed across all rice chromosomes. We used markers associated with loci that control adaptability and productivity. Rice DNA was isolated from rice seedlings and leaves. With the use of polymorphic markers, isolated according to the reliability of their influence on the formation of drought resistance in domestic rice varieties, multiplex complexes have been developed, which simultaneously make it possible to control both the adaptability and the nutritional value of the sample. Four multiplex complexes control 11 loci that determine the content of micro- and macroelements, and 5 complexes help to track the inclusion in the genotype of 13 loci that determine the formation of traits associated with the adaptability of rice samples.

Key words: rice, cultivar, molecular markers, loci determining adaptability, nutritional value, multiplex complexes.

Введение

До недавнего времени урожайность была единственным критерием для районирования сортов сельскохозяйственных культур, однако сейчас во всем мире люди предпочитают продукты с целебными свойствами, в том числе производимые по органическим технологиям [1, 3-5]. В ряде работ выявлены маркеры, определяющие повышенное до 8 раз содержание микро- и макроэлементов в краснозерных и чернозерных сортах риса [2, 6-8].

Сорта для органических технологий должны отличаться целым спектром признаков, позволяющих эффективно бороться с биотическими и абиотическими стрессами, что приводит к сокращению внесения удобрений, пестицидов и гербицидов при их производстве [9-11].

Еще одна проблема для российского органического производства риса заключается в нехватке воды на территориях, где планируется производство таких сортов. Установлен ряд хромосомных регионов определяющих адаптивность к засухе различного типа у образцов риса, однако в России таких исследований не проводили [12-16].

Цель исследований

Создать системы маркеров для контроля включения комплекса признаков определяющих питательную ценность, продуктивность и адаптивность в селекции сортов риса.

Материалы и методы

В качестве материала для исследований были использованы 25 районированных и перспективных сортов российской селекции из коллекции ФГБНУ «ФНЦ риса». Среди них были сорта, различные по качеству: короткозерные, среднезерные, крупнозерные, длиннозерные, с различными кулинарными и технологическими свойствами.

В задачи исследования входило выявление локусов, определяющих продуктивность у отечествен-

ных сортов риса при воздействии засухи и высоких температур, как правило, ее сопровождающих.

Выборку 20^{ти} растений сорта на вариант опыта проводили из растений, выращенных по 10 растений на сосуд на оптимальном фоне минерального питания на вегетационной площадке до фазы цветения. Затем заносили сосуды в камеры искусственного климата с различными температурами и водным режимом. Сорта разделили на группы с различной устойчивостью к стрессу.

Был изучен полиморфизм этих сортов, с использованием 100 маркеров, распределенным по всем хромосомам риса. В работе использовали маркеры, связанные с локусами, контролирующими адаптивность и продуктивность. ДНК риса выделяли из проростков и листьев риса. Параметры ПЦР, использованные в данном эксперименте: 5 минут при 94 °С - начальная денатурация, следующие 35 циклов: 1 минута - денатурация при 94 °С, 1 минута - отжиг праймеров при 55 °С, 2 минуты - синтез при 72 °С; последний его цикл - 7 минут при 72 °С.

ПЦР смесь включала 40 нг ДНК (2 мкл), 1 мкл (1 мМ) дезоксинуклеотидтрифосфатов (dNTPs); 3,7 мкл H₂O; 1 мкл – буферного раствора, по 0,5 мкл (5 мкМ) – каждого праймера, 1 мкл (1,5 ед.) - Taq-полимеразы, в общем объеме 10 мкл. Продукты амплификации разделяли электрофорезом в полиакриламидном геле при напряжении 100 V.

Результаты и обсуждение

По результатам эксперимента изучаемые сорта разделили на группы с различной устойчивостью к стрессу (табл. 1). Был изучен полиморфизм этих сортов, с использованием 100 маркеров, распределенным по всем хромосомам риса. В работе использовали маркеры, связанные с локусами, контролирующими адаптивность и продуктивность. Часть маркеров не выявила полиморфизм в селекционном материале, в дальнейшем их исключили из анализа.

Таблица 1. Влияние засухи и высокой температуры воздуха на признаки продуктивности сортов риса

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Размах изменчивости, %	Пустозерность, %		Размах изменчивости, %
	КИК, t 35°C	контроль		КИК, t 35°C	контроль	
ВНИИР 8242	12,3	22,5*	45,2	95,6	32,6*	63,0
Аметист	18,0	24,1*	25,4	40,1	19,0*	21,2
Атлант	20,8	21,7	4,5	59,9	18,1*	41,8
Боярин	21,4	23,6	9,5	64,6	23,3*	41,3
Гарант	15,8	22,9*	31	91,2	11,6*	79,6
Дружный	18,5	20,6	8,2	47,5	40,5	7,0
Жемчуг	14,8	21,9*	32,2	48,6	19,7*	29,0
Изумруд	19,3	22,9*	15,5	76,6	33,6*	43,0
Касун	19,0	23,2*	18,1	75,1	39,2*	35,9
Курчанка	22,7	23,1	1,9	79,1	53,7*	25,4
Лиман	16,7	22,7*	26,4	40,1	21,6*	18,5
Нарцисс	15,0	28,8*	47,9	98,3	65,0*	33,4
Новатор	15,2	21,6*	29,4	62,1	50,7	11,4
Павловский	25,6	26,7	4,2	42,5	31,1	11,4
Регул	18,9	23,3*	19,1	70,2	37,9*	32,3
Садко	20,0	23,0*	13	91,2	62,1*	29,1
Серпантин	18,4	21,3*	13,8	46,0	40,8	5,2

Продолжение таблицы 1

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Размах изменчивости, %	Пустозерность, %		Размах изменчивости, %
	КИК, t 35°C	контроль		КИК, t 35°C	контроль	
Снежинка	18,8	23,6*	20,6	91,1	31,0*	60,0
Спринт	17,9	22,9*	21,7	78,2	21,8*	56,3
Стрелец	15,1	22,2*	31,9	62,8	64,2	-1,4
Факел	21,7	24,5*	11,5	68,4	32,4*	36,1
Фонтан	21,1	23,9*	11,7	73,1	21,1*	52,0
Хазар	13,8	20,9*	30,7	91,3	32,2*	59,2
Ханкайский	18,9	25,1*	24,9	90,4	29,1*	61,3
Юпитер	16,7	20,1*	16,6	44,7	38,7*	6,0
Среднее значение	18,2	23,0*	20,6	69,2	34,8*	35,8
максимум	25,6	28,8*	47,9	98,3	65,0*	79,6
минимум	12,3	20,6*	1,9	40,1	11,6	-1,4

Примечание: * - статистически достоверно при $P < 0,05$

В результате работы выделен ряд маркеров достоверных с локусами, определяющими адаптивность к засухе у отечественных сортов риса (табл. 2).

Таблица 2. Маркеры, сцепленные с локусами, определяющими адаптивность к засухе у отечественных сортов риса

Признаки	Маркеры, достоверно сцепленные с признаком на уровне значимости 0,05	Маркеры, достоверно сцепленные с признаком на уровне значимости 0,09
Пустозерность	RM 25, RM 600, RM 6410, RM 289	
Масса главной метелки	RM 104, RM 509	RM 154, RM 141, RM 6024
Общее количество колосков	RM 574, RM 261, RM 600, RM 6410	RM 322, RM 5707, RM 289
Масса 1000 зерен	RM 509	RM 13
Масса стебля	RM 240, RM 542, RM 600, RM 5638	RM 542, RM 600, RM 3276, RM 5361, RM 6811
Масса мякоти	RM 245, RM 140, RM 242, RM 261	RM 6811, RM 289
Количество стеблей		RM 240, RM 82, RM 276, RM 5707

Поиск локусов, определяющих признак в выделенных хромосомных регионах в информационных базах данных (www.gramene.org), показал, что в большинстве выделенных локусах ранее было установлено наличие генов, так или иначе определяющих формирование признака.

С использованием полиморфных маркеров, выделенных по достоверности влияния на формирование засухоустойчивости у отечественных сортов риса, разработаны мультиплексные комплексы для сокращения трудоемкости изучения полиморфизма популяций (табл. 3).

Таблица 3. Мультиплексные комплексы для сокращения трудоемкости изучения полиморфизма популяций

Маркер	Повторяющийся мотив	Температура плавления	Размер продукта амплификации
Комплексы маркеров для изучения адаптивности к засухе			
Мультиплексный комплекс 1			
RM261	C9CT8	55	125
RM574	GA11	55	155
RM140	CT12	55	261
Мультиплексный комплекс 2			
RM25	GA18	55	146
RM6410	GAG8	55	177
RM5638	AAG13	55	203
Мультиплексный комплекс 3			
RM240	CT21	55	132
RM82	(TCT)11	55	186
Мультиплексный комплекс 4			
RM154	(GA)21	61	183
RM104	GA9	61	222
Мультиплексный комплекс 5			
RM5707	(AAT)21	50	139
RM3276	(CT)13	50	163
RM6024	(CCG)8	50	178

Для дополнительного маркерного контроля сохранения питательной ценности также разработаны комплексы SSR маркеров (табл. 4).

Таблица 4. Комплексы маркеров для изучения питательной ценности

Маркер (хромосома)	Температура плавления, °С	Размер продукта амплификации	Определяемый признак
Мультиплексный комплекс 1			
RM 227 (3)	55	106	Mn, Ca
RM 25 (8)	55	146	Zn
RM 126 (8)	55	172	питательная ценность
Мультиплексный комплекс 2			
RM 590 (10)	55	137	Mn
RM 259 (8)	55	162	Fe
RM 53 (6)	55	182	Fe
Мультиплексный комплекс 3			
RM 30 (6)	55	105	питательная ценность
RM 13 (5)	55	141	питательная ценность
RM 440 (8)	55	169	Zn, P, K
Мультиплексный комплекс 4			
RM 256 (8)	55	127	питательная ценность,
RM 574 (5)	55	155	Fe

Первый комплекс контролирует гены, определяющие содержание Mn, Ca на хромосоме 3 и Zn на восьмой хромосоме. Второй – контролирует два гена, определяющих содержание железа (на хромосомах 6 и 8) и марганца на десятой хромосоме. Третий – помогает выявить полиморфизм по локусам, определяющим содержание Zn, P, K и другим признакам, определяющим питательную ценность на 5, 6, 8 хромосомах.

Выводы

1. Производство чернозерных и краснозерных сортов риса, содержащих до 20 раз больше антиоксидантов, в России связано с включением в генотип создаваемых сортов локусов, определяющих устойчи-

вость к засухе из-за нехватки поливной воды в большинстве рисосеющих регионах.

2. Трудоемкость создания сортов функционального направления с заданными характеристиками должно снизить использование мультиплексных комплексов, представленных в работе. Они одновременно позволяют контролировать, как адаптивность, так и питательную ценность. Четыре мультиплексных комплекса контролируют 11 локусов, определяющих содержание микро-, макроэлементов и 5 комплексов помогают отслеживать включение в генотип 13 локусов, определяющих формирование признаков, связанных с адаптивностью в образцах риса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 19-16-00064.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю.К. Молекулярные маркеры генов, определяющих эффективность минерального питания у риса (*Oryza sativa* L.): Мини-обзор / Ю.К. Гончарова, Е.М. Харитонов, В.А. Шелег // Сельскохозяйственная биология. - 2017. - Т. 52. - № 3. - С. - 515-525.
2. Гончарова, Ю.К. Молекулярное маркирование признаков, определяющих качество зерна у российских сортов риса / Ю.К. Гончарова, Е.М. Харитонов, Е.А. Малюченко, Н.Ю. Бушман // Вавиловский журнал генетики и селекции - 2018.- Т. 22. - № 1. - С. - 79-87.
3. Федулова, Е.А. Моделирование деятельности агропредприятия на основе системы сбалансированных показателей / Е. А. Федулова, А. Медведев, П. Косинский, С.А. Кононова, Н. Победаш // Продовольствие и сырье. - 2016. - С. - 154-162.
4. Bhattarai, U. Genetic analysis of yield and agronomic traits under reproductive stage drought stress in rice using a high-resolution linkage map / U. Bhattarai, P.K. Subudhi // Map. Gene. – 2018. – P. 69–76.
5. Chavas, J. Modeling of the agribusiness enterprise activity on the basis of the balanced scorecard / J. Chavas, J. Posner, J. Hedtcke // Agronomy Journal. – 2009. – P. 288- 295.
6. Guerinot, M.L. Mapping and validation of quantitative trait loci associated with concentrations of 16 elements in unmilled rice grain / M.L. Guerinot, D.E. Salt // Journal Theor Appl. Genet. – 2014. – P. 137–165.
7. Lu, K. Quantitative trait loci controlling Cu, Ca, Zn, Mn and Fe content in rice grains / K. Lu, L. Li, X. Zheng, Z. Zhang, T. Mou, Z. Hu // Journal Genetics. – 2008. – P. 305–310.
8. Mahender, A. Rice grain nutritional traits and their enhancement using relevant genes and QTLs through advanced approaches / A. Mahender, A. Anandan, S. Kumar, P. Pandit, E. Pandit // Springer Plus. – 2016.
9. Sandhu, N. Bridging the rice yield gaps under drought: qtls, genes, and their use in breeding programs / N. Sandhu, A. Kumar //Agronomy. - 2017. – P. - 27.

10. Solis, J. Genetic mapping of quantitative trait loci for grain yield under drought in rice under controlled greenhouse conditions / J. Solis, A. Gutierrez, V. Mangu, E. Sanchez, R. Bedre // Solis, J. Genetic mapping of quantitative trait loci for grain yield under drought in rice under controlled greenhouse conditions / J. Solis, A. Gutierrez, V. Mangu, E. Sanchez, R. Bedre // *Frontiers in Chemistry*. – 2018.
11. Trijatmiko, K. R. Meta-analysis of quantitative trait loci for grain yield and component traits under reproductive-stage drought stress in an upland rice population / K. R. Trijatmiko, S.K. Prasetyono, M.J. Thomson, C.M. Vera Cruz, S. Moeljopawiro // *Mol. Breed.* – 2014. – P. 283–295.
12. Zhong, M. Identification of qtl affecting protein and amino acid contents in rice / M. Zhong, L. Wang, J. Yuan, L. Luo, C. Xu, Y.Q. He // *Rice Science*. – 2011. – P. – 187–195.

REFERENCES

1. Goncharova, Yu.K. Molecular markers of genes that determine the effectiveness of mineral nutrition in rice (*Oryza sativa* L.): Mini-review / Yu.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, V.A. Sheleg // *Agricultural biology*. – 2017. – V. 52. – №. 3. – P. – 515–525.
2. Goncharova, Yu.K. Molecular Marking of Traits Determining Grain Quality in Russian Rice Varieties / Yu.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, E.A. Malyuchenko, N.Yu. Bushman // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* - 2018.- V. 22. – №. 1. – P. – 79–87.
3. Fedulova, E.A. Modeling of the agribusiness enterprise activity on the basis of the balanced scorecard / E. A. Fedulova, A.V. Medvedev, P.D. Kosinskiy, S.A. Kononova, N. Pobedash // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – P. – 154–162.
4. Bhattarai, U. Genetic analysis of yield and agronomic traits under reproductive stage drought stress in rice using a high-resolution linkage map / U. Bhattarai, P.K. Subudhi // *Map. Gene*. – 2018. – P. 69–76.
5. Chavas, J. Modeling of the agribusiness enterprise activity on the basis of the balanced scorecard / J. Chavas, J. Posner, J. Hedtcke // *Agronomy Journal*. – 2009. – P. 288–295.
6. Guerinot, M.L. Mapping and validation of quantitative trait loci associated with concentrations of 16 elements in unmilled rice grain / M.L. Guerinot, D.E. Salt // *Journal Theor Appl. Genet.* – 2014. – P. 137–165.
7. Lu, K. Quantitative trait loci controlling Cu, Ca, Zn, Mn and Fe content in rice grains / K. Lu, L. Li, X. Zheng, Z. Zhang, T. Mou, Z. Hu // *Journal Genetics*. – 2008. – P. 305–310.
8. Mahender, A. Rice grain nutritional traits and their enhancement using relevant genes and QTLs through advanced approaches / A. Mahender, A. Anandan, S. Kumar, P. Pandit, E. Pandit // *Springer Plus*. – 2016.
9. Sandhu, N. Bridging the rice yield gaps under drought: qtls, genes, and their use in breeding programs / N. Sandhu, A. Kumar // *Agronomy*. – 2017. – P. – 27.
10. Solis, J. Genetic mapping of quantitative trait loci for grain yield under drought in rice under controlled greenhouse conditions / J. Solis, A. Gutierrez, V. Mangu, E. Sanchez, R. Bedre // Solis, J. Genetic mapping of quantitative trait loci for grain yield under drought in rice under controlled greenhouse conditions / J. Solis, A. Gutierrez, V. Mangu, E. Sanchez, R. Bedre // *Frontiers in Chemistry*. – 2018.
11. Trijatmiko, K. R. Meta-analysis of quantitative trait loci for grain yield and component traits under reproductive-stage drought stress in an upland rice population / K. R. Trijatmiko, S.K. Prasetyono, M.J. Thomson, C.M. Vera Cruz, S. Moeljopawiro // *Mol. Breed.* – 2014. – P. 283–295.
12. Zhong, M. Identification of qtl affecting protein and amino acid contents in rice / M. Zhong, L. Wang, J. Yuan, L. Luo, C. Xu, Y.Q. He // *Rice Science*. – 2011. – P. – 187–195.

Юлия Константиновна Гончарова

Заведующая лабораторией генетики
и гетерозисной селекции
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

Yulia Konstantinovna Goncharova

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

Евгений Михайлович Харитонов

Научный руководитель
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Evgeny Mikhailovich Kharitonov

Supervisor
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Светлана Андреевна Верещагина

Научный сотрудник лаборатории генетики и
гетерозисной селекции
E-mail: svetlana.vereshagina2013@yandex.ru
89183486406

Svetlana Andreevna Vereshchagina

Researcher laboratory of genetics and heterotic
breeding
E-mail: svetlana.vereshagina2013@yandex.ru
89183486406

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

All: FSBSI “FSC of rice”
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-17-21
УДК: 633.18:631.527

Гончарова Ю.К., д-р биол. наук,
Харитонов Е.М., академик РАН, профессор,
Гапишко Н.И.
г. Краснодар, Россия

ВЫДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ МИКРО - И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ СРЕДИ ОБРАЗЦОВ РИСА В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ УСТОЙЧИВЫХ К ЗАСУХЕ ФОРМ

Содержание ионов металлов в тканях растений влияет не только на питательную ценность растений, но и на их устойчивость к стрессам. Так выявлено, что катионный состав изменяет оводненность цитоплазмы. Коллоидные частицы белка, несущие отрицательный заряд, как и катионы, окружены гидратной оболочкой. Заряженные частицы с большей массой Mg^{2+} , Ca^{2+} сильнее притягиваются к отрицательно заряженным белковым молекулам, нейтрализуя их заряд, это вызывает уменьшение количества молекул воды, окружающих белок. Одновалентные заряженные частицы слабее влияют на гидратацию, повышая оводненность тканей. Гидратация цитоплазмы положительно коррелировала с содержанием щелочных металлов, представителем которых является калий, и отрицательно с количеством щелочноземельных (кальций, магний). Цель работы - изучение варибельности коллекционных образцов риса по содержанию катионов, выделение источников, которые рекомендуются использовать в селекционных программах по созданию засухоустойчивых форм. Содержание катионов определяли у 50 сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФНЦ риса. Для измерения использовали приборы Капель 105 -М, Инфралюм. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца в двух повторностях, в фазу начало кущения. Изучена варибельность коллекционных образцов риса по содержанию катионов калия, натрия, кальция, магния, аммония, выделены источники, для использования в селекционных программах. Содержание калия варьировало в образцах риса от 40 - 90 %. В 18 образцах его содержание не превышало 70 %, в 13 было выше 80 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку, это сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт. Изучение взаимосвязи между содержанием катионов показало их наличие между содержанием калия и натрия - 0,87, калия и аммония - 0,45, кальция и магния - 0,35.

Ключевые слова: сорт, анализ, рис, микро и макро элементы, адаптивность к засухе.

ISOLATION OF SOURCES OF MICRO AND MACRO ELEMENTS AMONG RICE SAMPLES IN CONNECTION WITH THE CREATION OF DROUGHT-RESISTANT FORMS

The content of metal ions affects not only the nutritional value of plants, but also their resistance to stress. So it was revealed that the cationic composition changes the hydration of the cytoplasm. Colloidal particles of protein, carrying a negative charge, like cations, are surrounded by a hydration shell. Charged particles with a larger mass Mg^{2+} , Ca^{2+} are more strongly attracted to negatively charged protein molecules, neutralizing their charge, this causes a decrease in the number of water molecules surrounding the protein. Monovalent charged particles have a weaker effect on hydration, increasing tissue hydration. The hydration of the cytoplasm positively correlated with the content of alkali metals, a representative of which is potassium, and negatively with the amount of alkaline earth metals (calcium, magnesium). The aim of the work is to study the variability of collection rice samples in terms of the content of cations, to identify sources that are recommended for use in breeding programs for the creation of drought-resistant forms. The content of cations was determined in 50 varieties of domestic breeding and collection samples of FNTS rice. For measurements, we used Kapel 105-M and Infralum devices. For the analysis, material was taken from 20 plants of each sample in duplicate, in the phase of the beginning of tillering. The variability of collection samples of rice in terms of the content of cations of potassium, sodium, calcium, magnesium, ammonium was studied. Sources for use in breeding programs were identified. The content of potassium varied in the samples of rice from 40 - 90%. In 18 samples, its content did not exceed 70%, in 13 it was above 80%, which makes it possible to recommend them as sources on the basis of these varieties: Olymp, Ivushka, Dozhdik, Berezka, Rapan, Aurora, Fisht. The study of the relationship between the content of cations showed their presence between the content of potassium and sodium - 0.87, potassium and ammonium - 0.45, calcium and magnesium - 0.35.

Key words: variety, analysis, rice, sample, taste.

Введение

По своей питательной ценности рис превосходит большинство зерновых культур [1-2]. Для жизнедеятельности как животных, так и растительных организмов нужны минералы. Для человека наиболее важны железо и цинк. На содержание минералов в растении влияют как генетические характеристики образца, так и внешние факторы, в первую очередь почвы на которых он произрастает [4-8]. Рис может быть источником кальция, магния, фосфора, селена, цинка, марганца, железа, калия. Отмечено широкое варьирование по признаку «содержание микро- и макроэлементов» как между подвидами, так и внутри вида [9-12].

Содержание ионов металлов в тканях растений риса влияет не только на питательную ценность растений, но и на их устойчивость к стрессам. Так, выявлено, что катионный состав изменяет оводненность цитоплазмы. Гидратация цитоплазмы положительно коррелировала с содержанием щелочных металлов, представителем которых является калий, и отрицательно – с количеством щелочноземельных (кальций, магний) [10]. Коллоидные частицы белка, несущие отрицательный заряд, как и катионы, окружены гидратной оболочкой. Заряженные частицы с большей массой Mg^{2+} , Ca^{2+} сильнее притягиваются к отрицательно заряженным белковым молекулам, нейтрализуя их заряд, это вызывает уменьшение количества молекул воды окружающих белок. Одновалентные заряженные частицы слабее влияют на гидратацию, повышая оводненность тканей.

При анализе селекционного материала надо учитывать, что концентрация микроэлементов до 10 раз выше в зародыше, отрубях шелушенного риса, чем в полированном белом рисе, который обычно употребляют в пищу. Так, магния в отрубях было 5,12 %, а в полированном рисе - 0,51 % [3-5].

На адаптивность к засухе также оказывает влия-

ние ряд других признаков: эффективность минерального питания, фотосинтеза, оводненность тканей. Образцы с улучшенными характеристиками засухоустойчивости могут быть получены при их комбинировании в одном образце.

Цель исследований

Определить содержание катионов у сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФНЦ риса.

Материалы и методы

Содержание катионов определяли у 50 сортов отечественной селекции и коллекционных образцов ФНЦ риса. Для измерения использовали приборы Капель 105-М, Инфралюм. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца в двух повторностях. Подготовка проб для получения данных по содержанию катионов и анионов включала: отбор растительного материала (1 грамм образца), его гомогенизацию, фиксацию 10 % спиртом, выдержку в холодильнике 1 сутки, центрифугирование при 10-15 тыс. оборотах в минуту, отбор супернатанта в чистую 2 мл пробирку для проведения анализа. Анализ на приборе Капель 105 -М, проводили в соответствии с методиками по определению микроэлементов. Для статистической обработки полученных данных использовали программу Statistica 10.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена хроматограмма полученная в программе МультиХром для Windows © 1993-2002 Ampersand Ltd для сорта Флагман. Фореграммы одновременно показывают вариабельность образцов по содержанию 5 катионов: аммония, калия, кальция, натрия, магния. Количество катионов выражали в процентном соотношении на объем образца. Дисперсионный анализ показал достоверность различия образцов по составу всех изучаемых катионов (табл. 1).

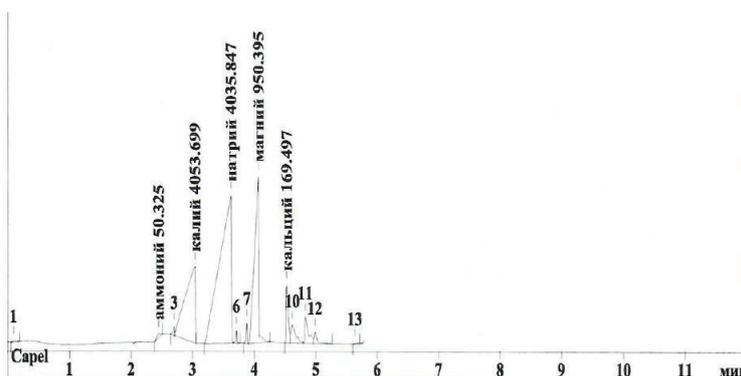


Рисунок 1. Хроматограмма, полученная в программе МультиХром для Windows © 1993-2002 Ampersand Ltd. Количество катионов в образце риса сорта Флагман

Таблица 1. Дисперсионный анализ достоверности различия образцов по составу катионов

Признаки	Сумма квадратов	Степеней свободы	Средний квадрат	F	p
Аммоний, %	2771,49	47	58,9679	707,615	0,000
Калий, %	14951,32	47	318,1132	3817,359	0,000
Натрий, %	11780,90	47	250,6574	3007,889	0,000
Магний, %	985,44	47	20,9669	251,602	0,000
Кальций, %	49,32	47	1,0494	12,593	0,000

Наличие калия активирует многие ферменты, регулирующие синтез белков. Установлено влияние калия на дыхание и фотосинтез и передвижение его продуктов у растений. Повышенное содержание калия активизирует работу устьиц, повышает тургор. В наших исследованиях содержание калия варьировало в образцах риса от 40 - 90 %. В 18 образцах его содержание не превышало 70 %, в 13 – было выше 80, но меньше 90 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку, это сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт (рис. 2).

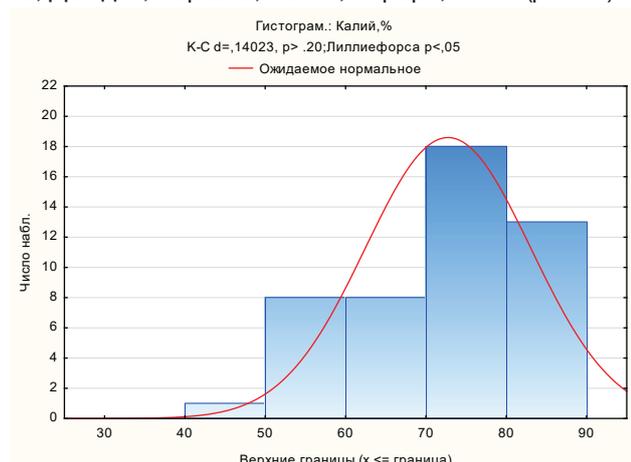


Рисунок 2. Распределение образцов по группам по содержанию катионов калия

Ионы натрия могут быть токсичны, но растения некоторых солеустойчивых видов (галофиты) содержат высокие концентрации натрия. Примеры таких видов: солерос, сода морская, сарсазан, некоторые виды тамарикса. Растения солянки содержат до 6 % солей в клеточном соке, что снижает водный потенциал, и обеспечивает поступление воды даже при засолении и засухе. Избежать токсичности солей удастся за счет компартментализации их в вакуолях, что снижает их вред наносимый ферментативному комплексу цитоплазмы. Содержание натрия варьировало в образцах риса от 5-44 %. В 38 образцах его содержание не превышало 25 %, в 7 образцах было выше 25, но меньше 45 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку. Это сорта: Флагман, Кураж, Смуглянка, Дон Нонг, Марс (рис. 3). Соотношение Ca^{2+}/Mg^{2+} имеет большое значение для жизнедеятельности растений и регулирует многие процессы обмена веществ. Содержание магния варьировало в образцах риса от 2–14 % (рис. 4).

В 40 образцах его содержание не превышало 10 %,

Таблица 2. Размах варьирования по содержанию катионов в образцах риса

Содержание катионов	Количество наблюдений	Среднее значение	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Ошибка средней
Аммоний, %	48	4,16	0,050	18,75	4,43	0,63
Калий, %	48	72,76	43,78	86,19	10,29	1,48
Натрий, %	48	15,38	5,30	43,58	9,14	1,32
Магний, %	48	6,93	3,35	13,86	2,64	0,38
Кальций, %	48	0,76	0,07	2,33	0,59	0,085

в 10 образцах было выше 10 %, но меньше 14 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку. Это сорта: Наташа, Орион, Партнер, Гамма.

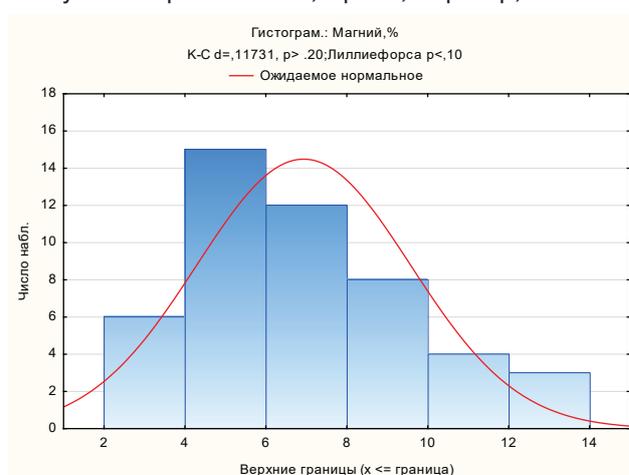


Рисунок 3. Распределение образцов по группам по содержанию катионов натрия

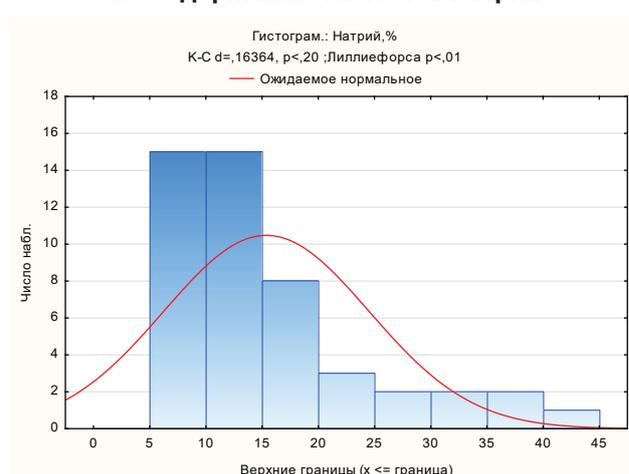


Рисунок 4. Распределение образцов по группам по содержанию катионов магния

Кальций также очень важен для организма, так как он стабилизирует клеточные мембраны, при его недостатке особенно страдает корневая система. Содержание кальция варьировало в образцах риса от 0,07 - 2,33 %. В 36 образцах его содержание не превышало 1 %, в 7 образцах было выше 1,5 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку. Это сорта: Полевик, Крепыш, Ивушка, Флагман, Кураж. Размах варьирования по изучаемым признакам представлен в таблице 2.

Провели изучение корреляционных взаимосвязей между содержанием катионов. Исследование показало наличие сильных и средних отрицательных корреляций между содержанием калия и натрия -0,87, калия и аммония - 0,45, и слабых положительных связей между содержанием кальция и магния 0,35 (табл. 3).

Содержание магния варьировало в образцах риса от 2–14 %. В 40 образцах не превышало 10 %. Источники по признаку сорта: Наташа, Орион, Партнер, Гамма.

Таблица 3. Корреляционные связи между содержанием катионов у образцов риса

Содержание катионов	Магний, %	Аммоний, %	Калий, %	Натрий, %	Кальций, %
Аммоний, %	-0,08	1,00	-0,45	0,06	-0,11
Калий, %	-0,06	-0,45	1,00	-0,87	-0,22
Натрий, %	-0,20	0,06	-0,87	1,00	0,18
Магний, %	1,00	-0,08	-0,06	-0,20	0,35
Кальций, %	0,35	-0,11	-0,22	0,18	1,00

Выводы

Изучена вариабельность коллекционных образцов риса по содержанию катионов калия, натрия, кальция, магния, аммония, выделены источники, которые рекомендуется использовать в селекционных программах по созданию засухоустойчивых форм.

Содержание калия варьировало в образцах риса от 40–90 %. В 18 образцах его содержание не превышало 70 %, в 13 - было выше 80 %, что позволяет их рекомендовать как источники по признаку. Это сорта: Олимп, Ивушка, Дождик, Березка, Рапан, Аврора, Фишт.

Содержание кальция варьировало в образцах риса от 0,07-2,33 %. В 36[™] образцах его содержание не превышало 1 %. Источники по признаку сорта: Полевик, Крепыш, Ивушка, Флагман, Кураж.

Изучение взаимосвязи между содержанием катионов показало их наличие между содержанием калия и натрия – 0,87, калия и аммония – 0,45, кальция и магния – 0,35.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 19-16-00064.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю. К. Локализация хромосомных регионов, определяющих эффективность фотосинтеза у российских сортов риса / С. В. Гончаров, Е. Е. Чичарова // Генетика. – Москва, 2018. – № 7 (54). – С. 785-794.
2. Гончарова, Ю. К. Генетический контроль признаков, связанных с поглощением фосфора у сортов риса (ORYZA SATIVA L.) / Ю. К. Гончарова, Е. М. Харитонов // Вавиловский журнал генетики и селекции: Прикладные исследования. – Новосибирск, 2016. – № 2(19). – С. 270–278.
3. Bhattacharjee, P. Basmati Rice: A Review / P. Bhattacharjee, R. S. Singhal, P. R. Kulkarni // Inter Journal Food Sci Technol. – 2013. – № 37 – P. 1-12.
4. Bisne, R. Agro-Morphological And Quality Characterization Of Badshah Bhog Group From Aromatic Rice Germplasm Of Chhattisgarh / R. Bisne, A. K. Sarawgi // Journal Agric Res. – 2008. – № 33 – P. 479-492.
5. Jennings, B. H. Effectiveness Of Natural Versus Synthetic Antioxidants In A Risebran Oil- Based Structured Lipid / B. H. Jennings, C.A. Akoh // Journal Food Chem. – 2009. – № 114. – P. 1456-1461.
6. Oko, A. O. The Proximate And Mineral Compositions Of Five Major Rice In Abakaliki, South – Eastern Nigeria / A. O. Oko, S. I. Ugwu // International Journal Of Plant Biotechnology And Biochemistry. – 2011. – № 3 - P. 25-27.
7. Oko, A.O. Comparative Analysis of the Chemical Nutrient Composition of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties Grown in Ebonyi State of Nigeria / A. O. Oko, B. E. Ubi, A. A. Efiue, N. Dambaba // International Journal of Agriculture and Forestry. – 2012. – № 2 - P. 16-23.
8. Sompong, R. Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China, and Sri Lanka / R. Sompong, S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin, E. Berghofer // Food Chemistry. – 2011. – № 1. – P. 132-140.
9. Verma, D. K. Physico-chemical and cooking characteristics of Azad basmati / D. K. Verma, M. Mohan, P. K. Prabhakar, P. P. Srivastav // Journal Int Food Res. – 2015. – № 22. – P. 1380-1389.
10. Verma, D. K. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice / D. K. Verma, P. P. Srivastav // Journal Science Direct Rice Science. – 2017. – № 24. – P. 21-31.
11. Vlachos, A. A Review of Rice Authenticity/Adulteration Methods and Results / A. Vlachos, I. S. Arvanitoyannis // Critical Reviews Food Sci Nutr. – 2008. – № 48 - P. 553-598.
12. Wang, K. M. Distribution of phytic acid and mineral elements in three indica rice (Oryza sativa L.) cultivars / K. M. Wang, J. G. Wu, G. Li, D. P. Zhang, Z. W. Yang, C.H. Shi // Journal of Cereal Science. – 2011. – № 54 - P. 116-121

REFERENCES

1. Goncharova, Yu. K. Localization of chromosomal regions that determine the efficiency of photosynthesis in Russian rice varieties / S.V. Goncharov, E.E. Chicharova // Genetics. – Moscow, 2018. – № 7 (54). – P. 785-794.
2. Goncharova, Yu. K. Genetic control of traits associated with the absorption of phosphorus in rice varieties

(ORYZA SATIVA L.) / Yu. K. Goncharova, EM Kharitonov // Vavilov journal of genetics and breeding: Applied research. - Novosibirsk, 2016. - № 2 (19). - P. 270-278.

3. Bhattacharjee, P. Basmati Rice: A Review / P. Bhattacharjee, R. S. Singhal, P. R. Kulkarni // Inter Journal Food Sci Technol. - 2013. - № 37. - P. 1-12.

4. Bisne, R. Agro-Morphological And Quality Characterization Of Badshah Bhog Group From Aromatic Rice Germplasm Of Chhattisgarh / R. Bisne, A. K. Sarawgi // Journal Agric Res. - 2008. - № 33. - P. 479-492.

5. Jennings, B. H. Effectiveness Of Natural Versus Synthetic Antioxidants In A Risebran Oil- Based Structured Lipid / B. H. Jennings, C.A. Akoh // Journal Food Chem. - 2009. - № 114. - P. 1456-1461.

6. Oko, A. O. The Proximate And Mineral Compositions Of Five Major Rice In Abakaliki, South - Eastern Nigeria / A. O. Oko, S. I. Ugwu // International Journal Of Plant Biotechnology And Biochemistry. - 2011. - № 3. - P. 25-27.

7. Oko, A.O. Comparative Analysis of the Chemical Nutrient Composition of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties Grown in Ebonyi State of Nigeria / A. O. Oko, B. E. Ubi, A. A. Efiue, N. Dambaba // International Journal of Agriculture and Forestry. - 2012. - № 2. - P. 16-23.

8. Sompong, R. Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China, and Sri Lanka / R. Sompong, S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin, E. Berghofer // Food Chemistry. - 2011. - № 1. - P. 132-140.

9. Verma, D. K. Physico-chemical and cooking characteristics of Azad basmati / D. K. Verma, M. Mohan, P. K. Prabhakar, P. P. Srivastav // Journal Int Food Res. - 2015. - № 22. - P. 1380-1389.

10. Verma, D. K. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice / D. K. Verma, P. P. Srivastav // Journal Science Direct Rice Science. - 2017. - № 24. - P. 21-31.

11. Vlachos, A. A Review of Rice Authenticity/Adulteration Methods and Results / A. Vlachos, I. S. Arvanitoyannis // Critical Reviews Food Sci Nutr. - 2008. - № 48. - P. 553-598.

12. Wang, K. M. Distribution of phytic acid and mineral elements in three indica rice (Oryza sativa L.) cultivars / K. M. Wang, J. G. Wu, G. Li, D. P. Zhang, Z. W. Yang, C.H. Shi // Journal of Cereal Science. - 2011. - № 54. - P. 116-121.

Юлия Константиновна Гончарова
Заведующая лабораторией генетики
и гетерозисной селекции
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

Julia Konstantinovna Goncharova
Head of the Laboratory of Genetics and Heterosis
breeding
E-mail: yuliya_goncharova_20@mail.ru

Евгений Михайлович Харитонов
Научный руководитель института
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Evgeny Mikhailovich Kharitonov
Supervisor of the institute
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Надежда Ивановна Гапишко
Младший научный сотрудник
лаборатории генетики и гетерозисной селекции
E-mail: gapishko1979@mail.ru

Nadezhda Ivanovna Gapishko
Junior Researcher
laboratories of genetics and heterosis selection
E-mail: gapishko1979@mail.ru

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

FSBSI «FSC of rice»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-22-26

УДК: 632.4.01/08

Истомин Н.К.,
Нартымов Д.В.,
Дубина Е.В., д-р биол. наук,
Рубан М.Г.,
г. Краснодар, Россия

ИЗУЧЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И КУЛЬТУРАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ПИРИКУЛЯРИОЗА РИСА

В статье сравниваются методы кластерного анализа морфолого-культуральных признаков фитопатогенного гриба *Pyricularia oryzae* Cav. с целью выявления эффективной группировки штаммов патогена по данным признакам. К таким признакам относятся методы Варда, одиночной и полной связи, невзвешенного попарного среднего и невзвешенный центроидный. В качестве признаков, характеризующих штамм *Pyricularia oryzae* Cav., взяты характер роста, рельеф поверхности, профиль и структура развитой колонии, цвет воздушного и субстратного мицелия. Сравнение методов кластеризации поможет выявить наиболее эффективный способ стандартизации и группировки фитопатогена по его морфолого-культуральным признакам. Для проведения анализа были взяты образцы риса с признаками поражения болезнью. Образцы были выращены в рисовых агрофитоценозах города Краснодар, Калининского, Красноармейского и Славянского районов Краснодарского края и получили порядковые номера случайным образом. В качестве инструмента для анализа данных использовался программный пакет для статистического анализа Statistica 11. По каждому из указанных методов кластеризации были построены горизонтальные древовидные диаграммы, в которых были выявлены группы образцов *Pyricularia oryzae* Cav., обладающие общими морфолого-культуральными свойствами. В результате сравнения данных групп был сделан вывод, что наиболее эффективными методами кластеризации для фитопатогенов являются невзвешенный центроидный метод и метод Варда. Методы кластеризации показали, что штаммы *Pyricularia oryzae* Cav. могут быть разделены на группы, которые обладают общими признаками.

Ключевые слова: пирикуляриоз риса, кластеризация, штаммы.

STUDY OF THE MOST OPTIMAL METHODS FOR CLUSTERING MORPHOLOGICAL AND CULTURAL SIGNS OF RICE PYRICULARIOSIS

The article compares the methods of cluster analysis of morphological and cultural characteristics of the phytopathogenic fungus *Pyricularia oryzae* Cav. in order to effectively group pathogen strains according to these characteristics. Such features include the methods of single and full linkage, unweighted pair-group average, unweighted pair-group centroid method and the Ward's method. As characteristics describing the *Pyricularia oryzae* Cav. strain the growth pattern, the surface relief, the profile and structure of the developed colony, the colour of aerial and substrate mycelium were used. Comparison of clustering methods will help to identify the most effective way to standardize and group a phytopathogen according to its morphological and cultural characteristics. Samples of rice with signs of harm were taken for analysis. The samples were grown in rice agrophytocenoses of the Krasnodar city, Kalininsky, Krasnoarmeysky and Slavyansky districts of Krasnodar region. A statistical analysis software package 11 was used as a tool for data analysis. For each of the clusterization methods, horizontal tree diagrams were constructed, in which groups of *Pyricularia oryzae* Cav. specimens having common morphological and cultural properties were presented. As a result of comparison of these groups, it was concluded that the most effective clustering methods for phytopathogens were the unweighted centroid method and the Ward's method. These clustering methods showed that the *Pyricularia oryzae* Cav. could be divided into groups that had common characteristics.

Keywords: rice blast, clustering, strains.

Введение

Пирикуляриоз - наиболее распространенное и опасное заболевание риса во всем мире. Возбудителем болезни является фитопатогенный гриб *Pyricularia oryzae* Cav., поражающий межклеточные ткани растений и распространяющийся на листовые пластины, метелки и узлы стебля. Недобор урожая, вызванный данным фитопатогеном может составить 15-40 %, а в наиболее неблагоприятные периоды может поразить до 100% растений [3, 9].

Для профилактики и борьбы с пирикуляриозом применяются технологии, не учитывающие морфолого-культуральные признаки фитопатогена, что может потенциально влиять на их эффективность.

При попытках классификации морфолого-культуральных свойств возникает проблема выбора методов анализа данных и их способа организации в наглядные структуры. Наиболее подходящим способом структуризации признаков является кластеризация, которая выступает не сколько обычным статистиче-

ским методом, сколько набором различных алгоритмов распределения объектов по кластерам. Отличием кластерного анализа от других методов классификации является отсутствие обучающей выборки (классификация без обучения) [4]. Большое достоинство кластерного анализа заключается в том, что он дает возможность производить разбиение объектов не по одному параметру, а по ряду признаков [8].

Для классификации морфолого-культуральных признаков *Pyricularia oryzae* Cav. можно использовать различные методы кластеризации. Такой подход позволит более эффективно и быстро выявлять специфические параметры пирикулярноза.

Цель исследований

Изучить методы кластерного анализа для определения морфолого-культуральных признаков фитопатогенного гриба *Pyricularia oryzae* Cav. для выявления эффективной группировки штаммов патогена по различным признакам.

Материалы и методы

В исследовательской работе использовались данные, полученные в результате отбора образцов *Pyricularia oryzae* Cav. на территориях г. Краснодар, Калининского, Красноармейского и Славянского районов Краснодарского края в 2020 году. Данные результатов исследования были обработаны и структурированы в соответствии с морфолого-культуральными признаками фитопатогена по следующим признакам: характер роста, рельеф поверхности, профиль и структура развитой колонии, цвет воздушного и субстратного мицелия. Все значения для каждого образца были поставлены в соответствие по признаку наличия: 0 - свойство отсутствует, 1 - свойство присутствует.

Данные были кластеризованы с помощью программного пакета для статистического анализа Statistica 11 различными методами, такими как:

- метод одиночной связи (метод ближайшего соседа) - расстояние между двумя кластерами определяется расстоянием между двумя наиболее близ-

кими объектами (ближайшими соседями) в различных кластерах. Это правило должно объединять объекты вместе для формирования кластеров, и результирующие кластеры имеют тенденцию быть представленными длинными цепочками [1];

- метод полной связи (метод наиболее удаленных соседей) - расстояния между кластерами определяются наибольшим расстоянием между любыми двумя объектами в различных кластерах (т.е. «наиболее удаленными соседями»). Этот метод обычно работает очень хорошо, когда объекты происходят из различных ветвей. Если же кластеры имеют в некотором роде удлиненную форму или их естественный тип является «цепочечным», то этот метод непригоден [2];

- метод невзвешенного попарного среднего - расстояние между двумя различными кластерами вычисляется как среднее расстояние между всеми парами объектов в них. Метод эффективен, когда объекты в действительности формируют различные ветви, однако он работает одинаково хорошо и в случаях протяженных кластеров [4];

- невзвешенный центроидный метод - расстояние между двумя кластерами определяется как расстояние между их центрами тяжести [6];

- метод Варда отличается от всех других, поскольку он использует приемы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами. Метод минимизирует сумму квадратов для любых двух кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге [10].

Полученные результаты кластерного анализа были проанализированы и сравнивались друг с другом для выявления закономерностей и определения наиболее соответствующего метода кластеризации для данной задачи.

Результаты и обсуждение

Образцы с территорий г. Краснодар, Калининского, Красноармейского и Славянского районов Краснодарского края были пронумерованы и записаны в таблицу, в которой учитываются морфологические и культуральные признаки фитопатогена (табл. 1).

Таблица 1. Описание культуральных свойств образцов штамма *Pyricularia oryzae* Cav.

№ образца	Характер роста колонии	Структура развитой колонии	Рельеф поверхности колонии	Профиль развитой колонии	Цвет воздушного мицелия	Цвет субстратного мицелия
1	Разнонаправленный	Клочковатая	Конический	Низкий	Типично-серый	Коричневый
2	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Низкий	Светло-серый	Чёрный
3	Равнонаправленный	Войлочная	Конический	Средний	Оливково-серый	Чёрный
4	Равнонаправленный	Войлочная	Конический	Средний	Оливково-серый	Чёрный
5	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Низкий	Светло-серый	Чёрный
6	Равнонаправленный	Войлочная	Равномерный	Низкий	Типично-серый	Серый
7	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Низкий	Светло-серый	Чёрный
8	Концентрический	Войлочная	Конический	Средний	Оливково-серый	Чёрный
9	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Низкий	Светло-серый	Чёрный

При кластеризации методом одиночной связи можно выявить четыре группы образцов, имею-

щих общий цвет воздушного мицелия и структуру развитой колонии (рис. 1).

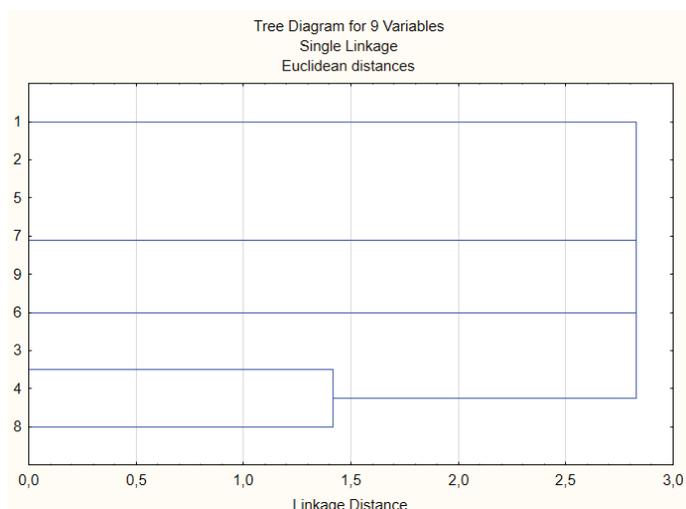


Рисунок 1. Дерево, полученное с помощью кластеризации методом одиночной связи

При кластеризации методом полной связи можно выявить три группы с общим рельефом поверхности колонии и профилем развитой коло-

нии. Также в дереве присутствует группа с общей структурой развитой колонии (образцы 1, 2, 5, 7, 9) (рис. 2).

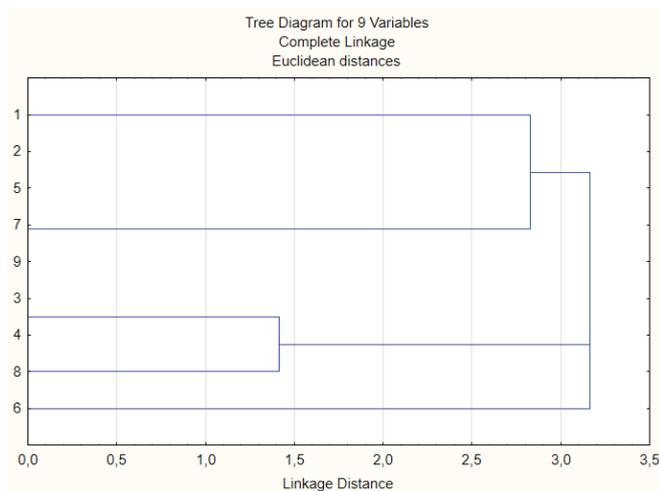


Рисунок 2. Дерево, полученное с помощью кластеризации методом полной связи

В результате кластеризации методом невзвешенного попарного среднего полученные данные

оказались идентичными с методом полной связи (рис 3).

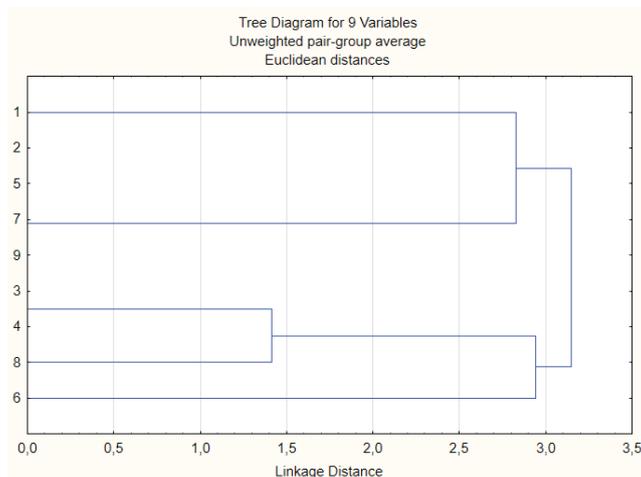


Рисунок 3. Дерево, полученное с помощью кластеризации методом невзвешенного попарного среднего

Кластеризация невзвешенным центроидным методом разделила «дерево» на два крупных кластера, один из которых имеет сходство по всем пара-

метрам, а второй разделяется на два подкластера с группами, имеющими общий профиль развитой колонии и цвет воздушного мицелия (рис. 4).

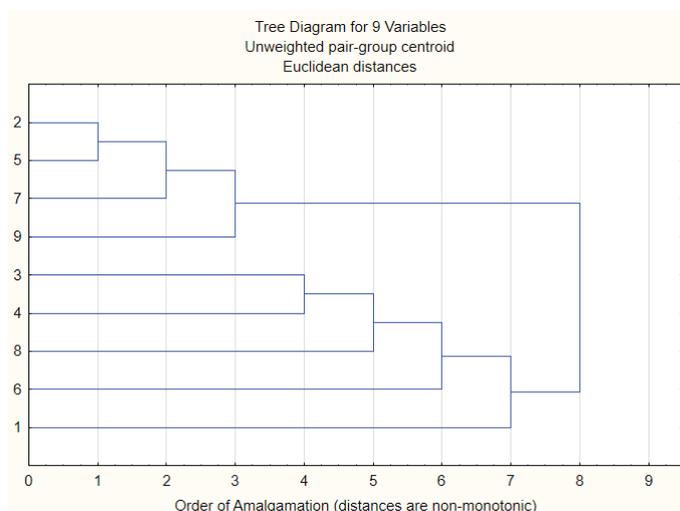


Рисунок 4. Дерево, полученное с помощью кластеризации невзвешенным центроидным методом

При кластеризации методом Варда дерево разделилось на три кластера, первый из которых имеет сходства по профилю развитой колонии и цвету,

второй по всем параметрам, кроме характера роста колонии, а третий имеет сходство абсолютно по всем параметрам (рис. 5).

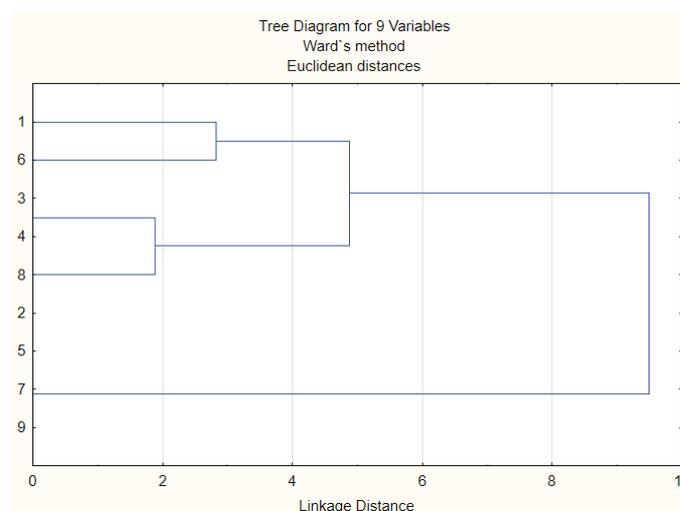


Рисунок 5. Дерево, полученное с помощью кластеризации методом Варда

Выводы

В результате проведенного исследования были рассмотрены различные методы кластерного анализа для поиска наиболее эффективного способа описания морфологических и культуральных признаков пирикулярриоза риса. Сравнивая эти

методы, можно сделать вывод, что наиболее эффективным из них для данной группы является невзвешенный центроидный метод и метод Варда. Данные методы показали, что штаммы *Pyricularia oryzae* Cav. могут быть разделены на группы, обладающие общими признаками.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 20.1 / 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин // Финансы и статистика. - 1985. - 488 с.
2. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Буштабер, И.С. Енюков // Финансы и статистика. - 1989. - 432 с.
3. Дубина, Е.В. Изучение биоразнообразия *Pyricularia oryzae* Cav. в рисосеющих зонах юга России на основе метода ПЦР / Е.В. Дубина, М.Г. Рубан, Ю.В. Анискина // Достижения науки и техники АПК. - 2018. - № 10 (32). - С. 19-23.

4. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы: Учебник / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин // Финансы и статистика. – 2000. – С. 25-30.
5. Ершов, К.С. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации / К.С. Ершов, Т.Н. Романова // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – №19. – С. 274-249.
6. Комалев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Комалев, О.В. Староверов, В.Б. Староверов // Высшая школа, 1990.
7. Кендал, М. Статистические выводы и связи / М. Кендал, А. Стюарт // Наука, 1973.
8. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян // М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
9. Nartymov, D. Studying of cultural properties of *Pyricularia oryzae* Cav. strains in the South of Russia / D. Nartymov, E. Kharitonov, E. Dubina, S. Garkusha, M. Ruban, N. Istomin, P. Kostylev // Microbiology Research. – 2021. – № 12. – P. 21–28.
10. Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // Journal of the American Statistical Association. – 1963. – № 58. – P. 1-236.

REFERENCES

1. Ayvazyan, S.A. Applied statistics. Dependency research. / S.A. Ayvazyan, I.S. Enyukov, L. D. Meshalkin // Finance and Statistics. – 1985. – 488 p.
2. Ayvazyan, S.A. Applied statistics. Classification and dimensionality reduction / S.A. Ayvazyan, V.M. Bushtaber, I.S. Enyukov // Finance and Statistics. – 1989.- 432 p.
3. Dubina, E.V. Biodiversity studies *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing zones of southern Russia based on the PCR method. / E.V. Dubina, M.G. Ruban, Yu.V. Aniskina // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2018. – № 10 (32). – P. 19-23.
4. Dubrov, A.M. Multivariate statistical methods: Textbook / A.M. Dubrov, V.S. Mkhitarян, L.I. Troshin // М.: Finance and Statistics. – 2000. – P. 25 – 30.
5. Ershov, K.S. Analysis and classification of clustering algorithms / K.S. Ershov, T.N. Romanova // New information technologies in automated systems. – 2016. – № 19. – P. 274-249.
6. Komalev, V.A. Theory of Probability and Mathematical Statistics / V.A. Komalev, O.V. Staroverov, V.B. Old Believers // Higher School. – 1990.
7. Kendal, M. Statistical conclusions and connections / M. Kendal, A. Stewart // Science. – 1973.
8. Khalafyan, A.A. STATISTICA 6. Statistical data analysis / A.A. Khalafyan // М.: LLC “Binom-Press”, 2007. – 512 p.
9. Nartymov, D. Studying of cultural properties of *Pyricularia oryzae* Cav. strains in the South of Russia / D. Nartymov, E. Kharitonov, E. Dubina, S. Garkusha, M. Ruban, N. Istomin, P. Kostylev // Microbiology Research. – 2021. – № 12. – P. 21-28.
10. Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // Journal of the American Statistical Association 1963. – № 58. – P. 1-236.

Никита Константинович Истомин

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
Тел. +79282376466
E-mail: istomin_nike@mail.ru

Nikita Konstantinovich Istomin

Junior Researcher, Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
Tel. +79282376466
E-mail: istomin_nike@mail.ru

Дмитрий Владимирович Нартымов

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
Тел. +79182612558
E-mail: dimnortey@mail.ru

Dmitry Vladimirovich Nartymov

Junior Researcher, Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
Tel. +79182612558
E-mail: dimnortey@mail.ru

Елена Викторовна Дубина

Заведующая лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий
Тел. +79184326582
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Elena Viktorovna Dubina

Head of the Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
Tel. +79184326582
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Маргарита Георгиевна Рубан

Научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
Тел. +79184926146
E-mail: arri_kub@mail.ru

Margarita Georgievna Ruban

Researcher, Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
Tel. +79184926146
E-mail: arri_kub@mail.ru

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

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

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ СОРТОВ РИСА ПО АМИНОКИСЛОТНОМУ СОСТАВУ В СВЯЗИ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ЗАСУХЕ

Литературные данные показывают связь аминокислотного состава растений и, в частности, сортов риса с их адаптацией к недостатку поливной воды. Действие аминокислот связывают с ускоренным ростом, уменьшением потерь воды, повышением фотосинтетической активности и иммунным ответом растений на стресс. С эффективностью фотосинтетических реакций и их регулированием связывают увеличение количества аланина, аспарагиновой кислоты, аспарагина, глутаминовой кислоты, отмечено, что они могут участвовать в процессах адаптации. Пролин повышает адаптивность при воздействии стрессов, не выходящих за рамки нормы реакции. В более жестких условиях устойчивость обеспечивается уже механизмами, в которых задействованы другие аминокислоты - глицин и метионин. Целью исследований являлась кластеризация российских сортов риса согласно аминокислотному составу в связи с необходимостью выделения источников комплекса аминокислот, повышающих адаптивность к засухе и подбора пар для гибридизации в селекции на признак. Определение аминокислотного состава проводили на приборах Капель 105 - М. Для анализа в фазу начало кущения отбирали материал от 20 растений каждого образца в трех повторностях. Для создания нового поколения сортов с аминокислотным составом, обеспечивающим большую устойчивость к стрессовым факторам, был проведен кластерный анализ, который позволил разделить их на четыре группы, достоверно различающиеся по аминокислотному составу. В первый кластер вошло 14 образцов, источники треонина и валина. Во втором кластере собрано 9 образцов - источников метионина, также богат этот кластер аланином и глицином. Третий кластер характеризуется высоким содержанием метионина и серина (9 образцов). В четвертом собраны источники пролина и треонина - аминокислот, повышающих адаптивность к засухе. Установлены генетические дистанции между кластерами, для дальнейшего использования в селекции на адаптивность.

Ключевые слова: рис, адаптивность, засуха, стрессы, аминокислотный состав, кластеризация, генетические расстояния.

CLUSTERIZATION OF RUSSIAN RICE VARIETIES BY AMINO ACID COMPOSITION IN CONNECTION WITH RESISTANCE TO DROUGHT

Literature data show the relationship between the amino acid composition of plants and, in particular, rice varieties with their adaptation to a lack of irrigation water. The action of amino acids is associated with accelerated growth, reduced water loss, increased photosynthetic activity, and plant immune response to stress. An increase in the amount of alanine, aspartic acid, asparagine, glutamic acid is associated with the efficiency of photosynthetic reactions and their regulation; it is noted that they can participate in adaptation processes. Proline increases adaptability when exposed to stresses that do not go beyond the normal response. In more severe conditions, resistance is provided by mechanisms that involve other amino acids - glycine and methionine. Objective of the research Clustering of Russian rice varieties according to the amino acid composition in connection with the need to isolate the sources of the amino acid complex that increase adaptability to drought and the selection of pairs for hybridization in selection for a trait. Determination of the amino acid composition was carried out on Kapel 105-M devices. For analysis in the beginning of tillering phase, material was taken from 20 plants of each sample in triplicate. To create a new generation of varieties with an amino acid composition that provides greater resistance to stress factors, cluster analysis was carried out, which made it possible to divide them into four groups that significantly differ in amino acid composition. The first cluster included 14 samples of sources of threonine and valine. The second cluster contains 9 samples - sources of methionine; this cluster is also rich in alanine and glycine. The third cluster is characterized by a high content of methionine and serine (9 samples). The fourth contains sources of proline and threonine of amino acids that increase adaptability to drought. Established genetic distances between clusters for further use in selection for adaptability.

Key words: rice, adaptability, drought, stress, amino acid composition, clustering, genetic distances.

Введение

Множественность механизмов защиты не всегда позволяет установить взаимосвязь между фактом повышения количества аминокислот и проявлением стресса. Несмотря на неоднозначность сообщений, у сортов риса адаптированных к недостатку поливной воды, выявлена повышенная концентрация пролина [1, 3]. Для ячменя такого подтверждения не получено, в тоже время засухоустойчивые сорта винограда отличались более высоким содержанием целого ряда аминокислот пролина, глицина, аргинина, глутамина. Действие аминокислот связывают с ускоренным ростом, уменьшением потерь воды, повышением фотосинтетической активности, синтезом фитоалексина и, следовательно, иммунным ответом растений на стресс [7].

С эффективностью фотосинтетических реакций и их регулированием связывают увеличение количества аланина, аспарагиновой кислоты, аспарагина, глутаминовой кислоты, отмечено, что они могут участвовать в процессах адаптации. Пролин повышает адаптивность при воздействии стрессов, не выходящих за рамки нормы реакции, и не работает при более сильных воздействиях, так как ответные реакции организма в этих случаях определяют разные генетико-физиологические механизмы. В более жестких условиях устойчивость обеспечивается уже механизмами, в которых задействованы другие аминокислоты - глицин и метионин. Во многих работах показано, что именно сочетание всех трех указанных аминокислот обеспечивает максимальную защиту от стресса. На этом свойстве основана применяемая в полевых условиях защита посевов от стрессов при обработке комплексом аминокислот [2, 4-6].

Цель исследований

Кластеризация российских сортов риса по аминокислотному составу в связи с необходимостью выделения источников комплекса аминокислот, повышающих адаптивность к засухе и подбора пар для гибридизации в селекции на признак.

Материал и методы

В работе использованы коллекционные образцы, перспективные и допущенные к использованию сорта риса. Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ($N_{120}P_{60}K_{60}$), густота стояния 10 растений на 1 сосуд. Контролем служил сорт Флагман, с той же густотой стояния. При недостатке растений или их гибели подсаживался маркер с фиолетовыми листьями. Определение аминокислотного состава проводили на приборе Капель 105 - М. Для анализа отбирали материал от 20 растений каждого образца в трех повторностях в фазу начало кущения. Количество аминокислот в образцах риса, выражали в процентном соотношении на объем образца.

Результаты и обсуждение

Для создания нового поколения сортов с аминокислотным составом, обеспечивающим большую устойчивость к стрессовым факторам, необходимо, как выделение источников с высоким содержанием отдельных аминокислот, так и сортов, обладающих высокими характеристиками по содержанию комплекса аминокислот, повышающих адаптивность. Для выделения таких сортов был проведен кластерный анализ отечественных сортов риса, который позволил разделить их на четыре группы, различающиеся по аминокислотному составу (рис. 1).

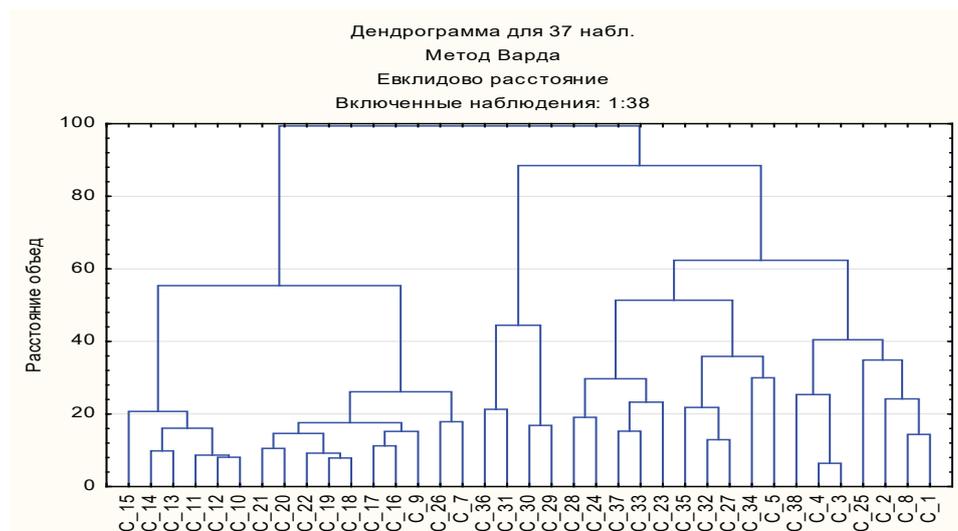


Рисунок 1. Кластерный анализ отечественных сортов риса по содержанию аминокислот

Достоверность разделения групп сортов на кластеры проверена в модуле программы Statistica к-means, который показал достоверные различия

между кластерами по содержанию большинства изучаемых кислот (табл. 1).

Таблица 1. Разделение групп сортов на кластеры

Сорт	Обозначение сорта	Кластер	Сорт	Обозначение сорта	Кластер
Лидер	C_1	3	Гамма	C_21	1
Хазар	C_2	3	Флагман	C_22	1
Кумир	C_3	3	Исток	C_23	4
Анаит	C_4	3	Кураж	C_24	4
Наташа	C_5	1	Есаул	C_25	3
Партнер	C_7	2	Регул	C_26	1
Сонет	C_8	3	Янтарь	C_27	1
Фаворит	C_9	1	Светлана	C_28	4
Полевик	C_10	2	Ассоль	C_29	1
Крепыш	C_11	2	Мулатка	C_30	1
Каприз	C_12	2	Грация	C_31	4
Мавр	C_13	2	Константин	C_32	3
Олимп	C_14	2	День /ночь	C_33	4
Южный	C_15	2	Азовский	C_34	1
Атлант	C_16	2	Водопад	C_35	3
Ивушка	C_17	2	Дождик	C_36	1
Злата	C_18	1	Жемчужина	C_37	4
Визит	C_19	1	Среднее значение	C_38	3
Орион	C_20	1			

Различия кластеров не были достоверны по содержанию аргинина, тирозина, б-фенилаланина, лейцина, цистеина (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа достоверности разделения групп сортов на кластеры по содержанию аминокислот

Аминокислоты, %	Меж. гр.	df *	Внутри гр	df *	F	p
Пролин	1262,1	3	1052,7	34	13,59	0,00
Аргинин	86,2	3	412,5	34	2,37	0,09
Тирозин	33,7	3	314,7	34	1,21	0,32
б-фенилаланин	3,6	3	80,5	34	0,51	0,68
Лейцин	90,5	3	409,8	34	2,50	0,08
Метионин	522,6	3	725,5	34	8,16	0,00
Валин	507,6	3	1760,0	34	3,27	0,03
Треонин	177,7	3	379,1	34	5,31	0,00
Серин	873,7	3	875,9	34	11,31	0,00
а-аланин	308,0	3	1089,8	34	3,20	0,04
Глицин	1206,1	3	529,4	34	25,82	0,00
Глутамин	237,9	3	495,4	34	5,44	0,00
Цистеин	105,7	3	489,9	34	2,45	0,08
Аспарагин	23,7	3	78,4	34	3,43	0,03

Примечание: *df – степеней свободы, *F – критерий Фишера

Оценка Евклидовых расстояний между кластерами показала, что генетически наиболее удалены кластеры 1 и 3, 4; 2 и 4 (табл. 3). Раз-

деление кластеров по содержанию цистеина достоверно, если повысить уровень значимости до 0,08.

Таблица 3. Евклидовы расстояния между кластерами

Кластеры	№1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	0,00	21,72	30,47	31,19
№ 2	4,66	0,00	27,32	32,56
№ 3	5,52	5,23	0,00	29,53
№4	5,58	5,71	5,43	0,00

Примечание: *Евклидовы расстояния под диагональю, *квадраты Евклидовых расстояний над диагональю.

В первый кластер вошло 14 образцов - источников треонина и валина, которые повышают адаптивность организма к стрессовым факторам, улучшают азотный обмен растений. Для растений показана эффективность использования валина

для повышения устойчивости к высоким температурам и засухе. Треонин также обеспечивает повышение адаптивности к засухе у растений.

Во втором кластере собрано 9 образцов - источников метионина, ранее была установлена его эф-

фективность при повышении неспецифической реакции на стресс. Опрыскивание метионином повышает скорость роста проростков, снижает угнетение посевов при действии гербицидов на ячмене и пшенице, в результате чего повышается урожайность и качество продукции, также богат этот кластер ала-

нином и глицином. Третий кластер характеризуется высоким содержанием метионина и серина (9 образцов). В четвертом собраны источники пролина и треонина - аминокислот повышающих адаптивность [6].

Средние значения кластеров по составу аминокислот приведены в таблице 4.

Таблице 4. Средние значения кластеров по составу аминокислот

Аминокислоты, %	Кластер 1 (14)	Кластер 2 (9)	Кластер 3 (9)	Кластер 4(6)
Пролин	16,09	23,81	20,74	33,05
Аргинин	5,51	1,55	3,77	3,75
Тирозин	3,01	0,94	1,16	1,10
б-фенилаланин	2,03	1,30	1,43	1,75
Лейцин	4,00	1,29	3,35	6,18
Метионин	5,84	11,32	15,23	8,07
Валин	16,30	7,98	9,50	9,01
Треонин	9,40	6,89	4,02	9,07
Серин	7,53	12,29	18,79	6,11
а-аланин	9,59	16,10	11,24	8,15
Глицин	11,79	16,83	2,48	3,65
Глутамин	3,89	0,93	7,93	5,91
Цистеин	4,00	1,24	5,14	6,06
Аминокислоты	Кластер 1 (14)	Кластер 2 (9)	Кластер 3 (9)	Кластер 4(6)
Аспарагин	2,76	0,68	2,02	2,04

Различные расстояния от центра кластера говорят о наличии генетической дистанции между образцами, что позволяет надеяться на возможность улучшения признака при гибридизации образцов одного кластера с близким значением по признаку. Так, для повышения содержания пролина могут быть перспективны комбинации Светлана/ Водопад или Березка; метионина - комбинации сортов Есаул/ Константин.

Выводы

В результате изучения аминокислотного состава отечественных сортов риса установлено, широкое межсортовое варьирование по признаку.

Для создания нового поколения сортов с аминокислотным составом, обеспечивающим большую устойчивость к стрессовым факторам, необходимо, как выделение источников с высоким содержанием отдельных аминокислот, так и сортов, обладающих высокими характеристиками по содержанию комплекса аминокислот, повышающих адаптивность.

Для выделения таких сортов был проведен кластерный анализ отечественных сортов риса, который позволил разделить их на четыре группы, достоверно различающиеся по аминокислотному составу. В первый кластер вошло 14 образцов источников треонина и валина. Для растений показана эффективность использования валина для повышения устойчивости к высоким температурам и засухе.

Во втором кластере собрано 9 образцов - источников метионина, ранее была установлена его эффективность при повышении неспецифической реакции на стресс, также богат этот кластер ала-нином и глицином. Третий кластер характеризуется высоким содержанием - метионина и серина (9 образцов). В четвертом собраны источники пролина и треонина - аминокислот, повышающих адаптивность к засухе. Установлены генетические дистанции между кластерами, для дальнейшего использования в селекции на адаптивность.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 19-16-00064.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, В. Я. Реакция клеток на действие теплового шока. / Физиологический аспект / В. Я. Александров, И. М. Кислюк // Физиология растений. – 1994. – Т. 36.- № 1. – С. 43–49.
2. Генкель, П. А. О сопряженной и конвергентной устойчивости растений. / П. А. Генкель // Физиология растений. – 1979. – Т. 26.- № 5. – С. 921–924.
3. Титов, А. Ф. Устойчивость растений и фитогормоны. / А. Ф. Титов, В. В. Таланова // Карел. науч. центр РАН. - 2009. – С. 206.
4. Liu, S. Expression of an NADP-malic enzyme gene in rice (*Oryza sativa*. L) is induced by environmental stresses; over-expression of the gene in *Arabidopsis* S confers salt and osmotic stress tolerance. / S. Liu, Y. Cheng, X. Zhang, Q. Guan, S. Nishiuchi, K. Hase, T. Takano. // *Plant Mol. Biol.* – 2007. – № 64(1–2). – P. 49–58. doi: 10.1007/s11103-007-9133-3.
5. Mao, X. TaSnRK 2.4, an SNF1-type serine threonine protein kinase of wheat (*Triticum aestivum* L.). / X. Mao, H. Zhang, S. Tian, X. Chang, R. Jing // *Confers enhanced multistress tolerance in Arabidopsis* J. Exp. Bot. – 2010. – № 61(3). - P. 683–696. doi: 10.1093/jxb/erp331.

6. Morris, E. R. Receptor-like protein kinases: the keys to response. / E. R. Morris, J. C. Walker // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2003. – № 6(4). – P. 339–342. doi: 10.1016/S1369-5266(03)00055-4.
7. Xu, Z. S. W55a encodes a novel protein kinase that is involved in multiple stress responses. / Z. S. Xu, L. Liu, Z. Y. Ni, P. Liu, M. Chen, L. C. Li, Y. F. Chen, Y. Z. Ma // *J. Integr. Plant Biol.* – 2009. – № 51 (1). – P. 58–66. doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00776.x.

REFERENCES

1. Alexandrov, V. Ya. Cell response to heat shock. / V. Ya. Alexandrov, I. M. Kislyuk // *Physiological aspect Plant physiology.* – 1994. – Т. 36. – № 1. – P. 43–49.
2. Henkel, P.A. On conjugate and convergent plant resistance / P.A Henkel // *Plant Physiology.* – 1979. – V. 26. – № 5. – P. 921-924.
3. Titov, A.F. Plant resistance and phytohormones / A.F Titov, V.V. Talanova // *Karel. scientific. Center RAS.* – 2009. – P. 206.
4. Liu, S. Expression of an NADP-malic enzyme gene in rice (*Oryza sativa*, L.) is induced by environmental stresses; over-expression of the gene in *Arabidopsis* S confers salt and osmotic stress tolerance. / S. Liu, Y. Cheng, X. Zhang, Q. Guan, S. Nishiuchi, K. Hase, T. Takano. // *Plant Mol. Biol.* – 2007. – № 64(1–2). – P. 49–58. doi: 10.1007/s11103-007-9133-3.
5. Mao, X. TaSnRK 2.4, an SNF1-type serine threonine protein kinase of wheat (*Triticum aestivum* L.). / X. Mao, H. Zhang, S. Tian, X. Chang, R. Jing // *Confers enhanced multistress tolerance in Arabidopsis J. Exp. Bot.* – 2010. – № 61(3). – P. 683–696. doi: 10.1093/jxb/erp331.
6. Morris, E. R. Receptor-like protein kinases: the keys to response. / E. R. Morris, J. C. Walker // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2003. – № 6(4). – P. 339–342. doi: 10.1016/S1369-5266(03)00055-4.
7. Xu, Z. S. W55a encodes a novel protein kinase that is involved in multiple stress responses. / Z. S. Xu, L. Liu, Z. Y. Ni, P. Liu, M. Chen, L. C. Li, Y. F. Chen, Y. Z. Ma // *J. Integr. Plant Biol.* – 2009. – № 51 (1). – P. 58–66. doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00776.x.

Юлия Константиновна Гончарова

Заведующая лабораторией генетики и гетерозисной селекции
E-mail: yulya_goncharova_20@mail.ru

Yulia Konstantinovna Goncharova

Head of the Laboratory of Genetics and Heterosis breeding
E-mail: yulya_goncharova_20@mail.ru

Евгений Михайлович Харитонов

Научный руководитель
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Evgeny Mikhailovich Kharitonov

Supervisor of the institute
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

Анжела Анатольевна Якунина

Агроном лаборатории генетики и гетерозисной селекции
E-mail: Yakunina_anzhela777@mail.ru

Angela Anatolyevna Yakunina

Agronomist of the Laboratory of Genetics and Heterosis breeding
E-mail: Yakunina_anzhela777@mail.ru

Олеся Анатольевна Брагина

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

Olesya Anatolyevna Bragina

Senior Researcher of the Agriculture Laboratory Rice Cultivation Technology Department
E-mail: olesya.bragina.1984@mail.ru

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

All: FSBSI “FSC of rice”
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-32-35
УДК: 633.18.03

Конищева А.В.,
Гученко С.С.,
Ручко М.А.
г. Уссурийск, Россия

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСБЕННОСТИ НОВЫХ СОРТОВ РИСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Укороченный режим орошения (получение всходов за счёт естественного увлажнения почвы) – режим выращивания риса в ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологии Дальнего Востока им А.К. Чайки». При данном методе орошения создаются благоприятные условия для дружных всходов не только риса, но и сорных растений. Создание слоя воды на рисовом поле сразу же за посевом отрицательно сказывается на прорастании как семян риса, так и семян сорных растений. Под слоем воды на прорастающие семена риса воздействуют такие факторы, как влагообеспеченность, концентрация кислорода и температура. Слой воды на рисовом поле должен быть таким, чтобы отвечать биологии риса с одной стороны и являться бы средством борьбы с сорняками с другой. Цель исследования – определить влияние двух режимов орошения (прерывистое и укороченное) на интенсивность прорастания семян, продуктивность нового сорта риса Алмаз и перспективного сорта риса Кармелит в условиях Приморского края. Новизна исследований – получить экспериментальные данные по биологическим особенностям перспективных сортов риса селекции ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологии Дальнего Востока им А.К. Чайки» при разных режимах орошения. В итоге, сорт риса Кармелит при прерывистом орошении показал динамику роста по всем показателям за счёт увеличения площади питания и более длинного периода созревания, а у сорта риса Алмаз за счет низкой полевой всхожести и более короткого периода вегетации, идет уменьшение урожайности при этом режиме орошения.

Ключевые слова: рис, сорт, сортообразец, режим орошения, всхожесть, урожайность

BIOLOGICAL FEATURES OF NEW VARIETIES OF RICE UNDER DIFFERENT IRRIGATION MODE IN THE CONDITIONS OF PRIMORSKY KRAI

The shortened mode of flooding (ensuring seedlings, due to natural soil moisture) is the the mode of growing rice in the Federal State Budget Scientific Insitution “Federal Scientific Centre of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika”. Intermittent flooding (creating a of 10-12 cm layer of water) a layer of water prevents weeds from sprouting, prevents this, which can reduce the cost of weed control, thereby reducing the cost of growing rice. Creating a layer of water in the rice field immediately after sowing negatively affects the germination of both rice seeds and weed seeds. Under a layer of water, germinating rice seeds are affected by factors such as oxygen concentration, temperature and light. The layer of water in the rice field should be such that would be most consistent with the biology of rice on the one hand and would be a means of weed control on the other. The aim of the study is to determine the influence of two irrigation regimes (intermittent and shortened) on the intensity of seed germination and productivity of a new variety of Almaz rice and a promising variety of Karmelit rice in the conditions of the Primorsky Territory. The novelty of research is to obtain experimental data on the biological characteristics of promising rice varieties of the Federal State Budget Scientific Insitution “Federal Scientific Centre of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika”, under different irrigation regimes. As a result, the Carmelite rice variety, with intermittent flooding, showed growth dynamics, according to all indicators, due to an increase in the feeding area and a longer maturation period, and the Diamond rice variety due to low field germination and a shorter growing season, there is a decrease in yield under this irrigation regime.

Key words: rice, variety, specimen, irrigation mode, germination rate, productivity.

Введение

Рис представляет собой культуру орошаемого земледелия и поэтому около 95 % мировых посевов возделывается на полях со слоем воды 15-25 см в течение почти всего вегетационного периода [2]. Рис является наиболее продуктивной и водоемкой культурой [10]. Существует единое мнение о том, что в силу специфических особенностей выращивания риса, получение густых всходов является самым важным и трудным

звеном в агротехнике этой культуры. Кроме этого, урожайность сельскохозяйственных культур зависит от режима влагообеспеченности растений в течение вегетации [6, 9]. Фактическая урожайность риса в Приморском крае на уровне 35-40 ц/га не соответствует биологическому потенциалу районированных и перспективных сортов. Местные сорта обладают продуктивностью на уровне 60-70 ц/га зерна. Основные агроклиматические факторы не препятствуют полу-

чению такого урожая [4]. В силу этого обстоятельства, для каждого сорта необходимо разрабатывать такую агротехнику, которая позволила бы наиболее полно реализовать его потенциальную урожайность [5]. Укороченное орошение является более водосберегающим вариантом и в большей степени отвечает требованиям риса, так как наилучшей средой в период прорастания и в фазу всходов является увлажненная почва. При прерывистом орошении, при наличии слоя воды семена хуже прорастают, что является одной из причин изреживания посевов, особенно в условиях возвратного похолодания при раннем севе [1]. Технология возделывания, когда на занятом рисом поле применяется укороченное или прерывистое орошение, позволяет более экономно расходовать воду и при этом получать стабильные урожаи [6].

Цель исследований

Определить влияние двух режимов орошения (прерывистое и укороченное) на интенсивность прорастания семян и продуктивность нового сорта риса Алмаз и перспективного сорта риса Кармелит в условиях Приморского края.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2020 году на вегетационной площадке ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки» в пластмассовых ёмкостях площадью 1,5 м², ёмкости располагались на поверхности почвы. Для набивки сосудов использовали почву, характерную для рисового поля – лугово-бурую, с тяжелым механическим составом. Содержание основных элементов питания следующую:

щее: P₂O₅ – 28,0 мг/кг сухой почвы, K₂O – 132,0 мг/кг почвы, органическое вещество – 5,1%, рН солевой вытяжки – 5,1, азот легкогидролизуемый – 61,5 мг/кг.

В исследовании использованы: сорт риса Алмаз разновидность italic Alef. – ультраскороспелый и сортообразец риса Кармелит, разновидность nigro-apiculata Gust. – скороспелый.

Опыт проведен двумя видами орошения: прерывистым и укороченным. Посев семян риса произвели 19 мая, рядовой с междурядьем 15 см. При укороченном режиме орошения посев произведен с глубокой заделкой семян (3-4 см), когда всходы прорастают за счет естественной влажности почвы. Прерывистое орошение риса, предназначенное для минимальной заделки семян в почву – 0,5-1,0 см и прорастание происходит под слоем воды 10-12 см [7]. Норма высева для обоих режимов орошения из расчета 7 млн. всхожих семян на гектар. Повторность опыта – 6^{-ти} кратная, по Доспехову Б.А. [3]. Учёты и фенологические наблюдения проводили по методике Государственного сортоиспытания [8].

Погодные условия вегетационного периода в 2020 году в целом соответствовали биологическим требованиям культуры риса. Продуктивность растений тесно связана с продолжительностью периода вегетации и отдельных фаз.

Результаты и обсуждение

Выбранные для исследования режимы орошения создали для сортов разные условия для прорастания. Прерывистое орошение произвело не одинаковое действие на всхожесть испытываемых сортов (табл. 1).

Таблица 1. Фазы вегетационного периода

Сорт, сортообразец	Режим орошения	Дата				Период вегетации, дни
		всходы	кущение	цветение	полная спелость	
Алмаз	укороченное	9.06	05.07	02.08	09.09	92
	прерывистое	11.06	07.07	05.08	11.09	92
Кармелит	укороченное	7.06	05.07	07.08	16.09	101
	прерывистое	10.06	07.07	10.08	21.09	103

Из таблицы видно, что период вегетации у сорта Алмаз в обоих вариантах не изменился. Запоздание в фазе всходов составило 2 дня при прерывистом орошении, фазы кущения и полной спелости при этом режиме смещаются на количество дней, равное задержке всходов. Период вегетации сорта Алмаз при обоих режимах орошения составил 92 дня.

Картина вегетационного периода сортообразца Кармелит немного другая, между периодами вегетации режимов орошения разница составила 2 дня (101 при укороченном и 103 при прерывистом).

Проанализировав полевую всхожесть исследуемых образцов при обоих (укороченном и прерывистом) режимах установили, что полевая всхожесть варьирует по сортам (табл. 2). Установлено, что в полевых условиях при прерывистом орошении всхожесть семян достоверно снижается у сорта Алмаз на 35,2%, а у сортообразца Кармелит на 27,6%.

Из чего следует, что с изменением режима орошения количество растений на 1 м² достоверно уменьшается.

Таблица 2. Полевая всхожесть семян и густота стояния растений в зависимости от режима орошения

Сорт (фактор А)	Режим орошения (фактор В)	Количество растений, шт./м ² по:		Полевая всхожесть семян, %
		вариантам	фактор А	
Алмаз	укороченное	477	367	76,4
	прерывистое	257		41,2
Кармелит	укороченное	467	382	75,8
	прерывистое	297		48,2

Из таблицы видно, что густота стояния у сорта Алмаз составила 367 шт./м², а у сорта Кармелит - 382 шт./м².

Из чего следует, что с изменением режима орошения количество растений на 1 м² достоверно уменьшается.

Всхожесть у сортообразца Кармелит, при прерывистом орошении снижается, но при этом повышается урожайность на 0,004 ц/га (0,9%). Сорту Алмаз при прерывистом орошении показывает очень

низкую всхожесть растений, при этом происходит также снижение урожайности сорта на 0,094 ц/га (21,7 %) по сравнению с укороченным режимом орошения (табл. 3).

Таблица 3. Влияние слоя воды на элементы структуры урожая риса

Режим орошения	Высота растений	Кущение		Главная метелка			Вес зерна с растения	Масса 1000 зерен	Урожайность
		общее	продуктивное	число зерен	пустозерность	масса зерна			
	см			шт.	%	г			
Алмаз									
укороченное	59,9	2,2	2,2	42,2	7,01	1,01	1,55	24,5	0,433
прерывистое	62,2	2,4	2,4	46,9	5,25	1,2	1,99	25,6	0,339
Кармелит									
укороченное	72,2	1,5	1,4	68,2	13,8	1,81	2,15	27,8	0,428
прерывистое	76,1	1,6	1,5	86,6	20,8	2,12	2,77	28,1	0,432
НСР ₀₅									0,01

По результатам биометрического анализа растений можно судить о величине каждого количественного признака. У риса основными структурными элементами урожайности являются: количество растений и продуктивных стеблей на единице площади, озерненность, масса зерна с растения, масса 1000 зерен. Изменение одного признака влечет за собой изменение другого. Так, количество зерен в метелке при прерывистом орошении варьировало от 46,92 (у сорта Алмаз) до 86,6 шт. (у сортообразца Кармелит), при укороченном от 42,18 до 68,22 шт. соответственно. Высокая озерненность отмечена при прерывистом орошении у сорта риса Кармелит.

Режимы орошения влияют и на высоту растений

соответственно: у сорта Алмаз она варьирует от 59,9 до 62,2 см, а у сортообразца Кармелит от 72,2 до 76,1 см. У обоих сортов отмечается увеличение высоты при прерывистом орошении.

Наибольшая масса 1000 зерен у сортообразца Кармелит отмечена при прерывистом орошении – 28,08 г.

При прерывистом орошении у сорта Кармелит за счёт снижения густоты стояния увеличилась площадь питания, что привело к росту продуктивности и удлинению периода вегетации. У сорта Алмаз, при прерывистом орошении также все показатели увеличиваются, уменьшается только пустозерность, однако при этом снижается урожайность, чему предшествует слабая всхожесть в слое воды (табл. 4).

Таблица 4. Влияние режимов орошения на выживаемость

Сорт	Режим орошения	Кол-во всходов, шт./м ²	Кол-во убранных, шт./м ²	Выживаемость от всходов до уборки, %
Алмаз	укороченное	477	410	85,9
	прерывистое	257	252	98,0
Кармелит	укороченное	467	365	78,2
	прерывистое	297	273	91,9

Анализируя таблицу 4 можно сделать вывод, что действие режимов орошения на сорта показало большую устойчивость растений при прерывистом режиме на внешние факторы. Самая высокая выживаемость у сорта Алмаз при прерывистом орошении – 98,0 %, а самая низкая у сортообразца Кармелит, при укороченном режиме – 78,2 %.

Выводы

Подводя итоги, следует отметить, что реакция

сортов на режимы орошения проявляется в элементах структуры урожая. Сорт риса Кармелит, при прерывистом орошении, показал динамику роста по всем показателям за счёт увеличения площади питания и более длинного периода созревания, а у сорта риса Алмаз за счет низкой полевой всхожести и более короткого периода вегетации, идет уменьшение урожайности при этом режиме орошения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакай, Г. Т. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 3(31). – С. 1–22.
2. Боровой, Е.П. Влияние слоя воды на всхожесть и интенсивность прорастания семян риса исследуемых сортов в условиях республики Калмыкия / Е.П. Боровой, А.А. Душкина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2014. – № 4(32). – С. 11–13.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 5-е, доп. и перераб. стереотипное изд. – М. : Альянс, 2014. – 351с.

4. Ковалевская, В.А. Селекция риса в Дальневосточной зоне рисосеяния / В.А. Ковалевская // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 6. – С. 8-11.
5. Ладатко, М.А. Влияние доз азота и норм высева на урожайность сортов риса / М.А. Ладатко // Рисоводство. – 2017. – № 4(37). – С. 30-34.
6. Маканникова, М.В. Влияние различных режимов затопления на продуктивность риса в условиях амурской области / М.В. Маканникова, Л.А. Лапшакова // Актуальные проблемы агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 23-25 января 2013 г., г. Курск) [Текст]. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2013. – 388 с.
7. Система ведения агропромышленного производства Приморского края / РАСХН. ДВНМЦ. Примор. НИИСХ. – Новосибирск, 2001 – С. 117.
8. Сортоиспытание риса // Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. Комиссия по сортоиспытанию с.-х. культур. – М., 1989. – Вып. 2. – Гл. 2. – С. 25-30.
9. Modeling of Soil Water Regime and Water Balance in a Transplanted Rice Field Experiment with Reduced Irrigation [Electronic resource] / Y. Li [et al.]. – Mode of access: https://pc-progress.com/Documents/Jirka/Li_et_al_Water_2017.pdf, 2018.
10. Solodunov, A.A. Finite Element Modelling of the Technical Condition of a Low-Pressure Earthen Dam of Rice Systems under Increasing Operational Loads / A.A. Solodunov, M.A. Bandurin // International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2021, City of Vladivostok, 25 January 2021 - 26 January 2021, 168510.

REFERENCES

1. Balakay, G. T. On the issue of developing the norms of water demand for rice and water disposal from rice irrigation systems / G. T. Balakay, L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. - 2018. - № 3 (31). - P. 1–22.
2. Borovoy, E.P. Influence of the water layer on the germination and germination rate of rice seeds of the studied varieties in the conditions of the Republic of Kalmykia / E.P. Borovoi, A.A. Dushkin // Far Eastern Agrarian Bulletin. - 2014. - № 4 (32). – P. 11-13.
3. Dospekhov, B.A. Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results) / B.A. Armor. - Ed. 5th, add. and revised stereotypical ed. - M.: Alliance, 2014. —351 p.
4. Kovalevskaya, V.A. Rice breeding in the Far Eastern rice cultivation zone / V.A. Kovalevskaya // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2008. - № 6. - P. 8-11.
5. Ladatko, M.A. Influence of nitrogen doses and seeding rates on the productivity of rice varieties / M.A. Ladatko // Rice growing. - 2017. - № 4 (37). - P. 30-34.
6. Makannikova, M.V. Influence of various flooding regimes on rice productivity in the Amur region / M.V. Makannikova, L.A. Lapshakova // Actual problems of agro-industrial production (materials of the International Scientific and Practical Conference, January 23-25, 2013, Kursk) [Text]. - Kursk: Publishing house Kursk. state s.-kh. ac., 2013.- 388 p.
7. The system of conducting agro-industrial production in Primorsky Krai / RAAS. DVNMTS. Primor. Research Institute of Agriculture. - Novosibirsk, 2001 - P. 117.
8. Variety testing of rice // Methods of state variety testing of agricultural crops / State Commission for variety testing of agricultural crops. – Moscow, 1989. – Issue 2. – Chapter 2. – P. 25-30.
9. Modeling of Soil Water Regime and Water Balance in a Transplanted Rice Field Experiment with Reduced Irrigation [Electronic resource] / Y. Li [et al.]. – Mode of access: https://pc-progress.com/Documents/Jirka/Li_et_al_Water_2017.pdf, 2018.
10. Solodunov, A.A. Finite Element Modelling of the Technical Condition of a Low-Pressure Earthen Dam of Rice Systems under Increasing Operational Loads / A.A. Solodunov, M.A. Bandurin // International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2021, City of Vladivostok, 25 January 2021 - 26 January 2021, 168510.

Анна Васильевна Конищева

Младший научный сотрудник
лаборатории селекции риса
E-mail: anutka-21.11@mail.ru

Anna Vasilievna Konishcheva

Junior Research Associate
Of the Rice Breeding Laboratory
E-mail: anutka-21.11@mail.ru

Светлана Сергеевна Гученко

Младший научный сотрудник,
заведующая лабораторией селекции риса
E-mail: lana_svet8@mail.ru

Svetlana Sergeevna Guchenko

Junior Research Associate,
head of the Rice Breeding Laboratory
E-mail: lana_svet8@mail.ru

Мария Анатольевна Ручко

Младший научный сотрудник
лаборатории селекции риса
E-mail: masha.davydova.15@bk.ru

Maria Anatolievna Ruchko

Agronomist seed grower
Of the Rice Breeding Laboratory
E-mail: masha.davydova.15@bk.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки»

All: FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnology of
the Far East named after A. K. Chaika”

692539, Россия, Приморский край,
г. Уссурийск, п. Тимирязевский,
ул. Воложенина, 30

30, ul. Volozhenina, Timiryazevsky, Ussuriysk,
Primorsky Krai, 692539, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-36-42
УДК: 632.4

Нартымов Д.В.,
Дубина Е.В., д-р биол. наук,
Харитонов Е.М., д-р соц. наук, академик РАН,
Рубан М.Г.,
Истомин Н.К.
г. Краснодар, Россия,
Костылев П.И., д-р с.-х. наук, профессор
г. Зерноград, Россия

ИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ШТАММОВ ПИРИКУЛЯРИОЗА РИСА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

*В рамках исследований, проводимых в области изучения культуральных и морфологических признаков штаммов *Pyricularia oryzae* Cav., часто возникает необходимость классификации культуральных признаков, а их описание сводится к субъективному подходу. В статье представлены результаты по разработке методики описания основных морфолого-культуральных признаков штаммов *Pyricularia oryzae* Cav., распространённых на территории юга России. По результатам исследовательской работы в течение нескольких лет к таким признакам удалось отнести характер роста колонии, структуру развитой колонии, рельеф поверхности колонии, профиль развитой колонии, цвет воздушного мицелия и цвет субстратного мицелия. При этом определены и перечислены виды признаков, позволяющие однозначно определить уникальность и разновидность патогена. Кроме того, взаимосвязи и закономерности, установленные при помощи глубокого кластерного и статистического анализа, позволяют выявить условия развития *Pyricularia oryzae* Cav., определяющие его преимущественные формы. Листовые формы штаммов *P. oryzae* имеют равнонаправленный характер роста колонии с войлочной структурой, а узловые формы часто образуют зонирование колонии с клочковатой структурой. Классификация морфолого-культуральных признаков штаммов *Pyricularia oryzae* Cav. позволит получать научно-обоснованные и сопоставимые данные, которые могут быть применены в анализе взаимодействия штаммов *P. oryzae* с растениями риса на различных сортах и в различных агротехнологических условиях с целью совершенствования и рационализации сельскохозяйственных мероприятий. Изученные подходы открывают возможности применения данных исследовательской работы в селекции, позволяя выявлять формы патогена, поражающие определённые сорта.*

Ключевые слова: пирикуляриоз риса, морфолого-культуральные признаки, штаммы

STUDY OF CULTURAL PROPERTIES OF RICE BLAST STRAINS IN KRASNODAR REGION

*Within the framework of research conducted in the field of studying cultural and morphological characteristics of *Pyricularia oryzae* Cav. strains, it is often necessary to classify cultural characteristics, and their description is often reduced to a subjective approach. This article presents the results of the development of a methodology for describing the main morphological and cultural traits of the *Pyricularia oryzae* Cav. strains widespread in the south of Russia. According to the results of research work for several years, such signs included: the nature of colony growth, the structure of a developed colony, the relief of the colony surface, the profile of a developed colony, the color of the aerial mycelium and the color of the substrate mycelium. At the same time, the types of signs that allow unambiguously determining the uniqueness and variety of the pathogen are identified and listed. In addition, the relationships and patterns established using deep cluster and statistical analysis allow us to identify the conditions for the development of *Pyricularia oryzae* Cav., which determine its predominant forms. The studies presented in the article show that the leaf forms of *P. oryzae* strains have an equidirectional character of colony growth with a felt structure, and nodal forms often form a zoning of a colony with a patchy structure. Classification of morphological and cultural characteristics of *Pyricularia oryzae* Cav strains. It will allow obtaining scientifically-based and comparable data that can be used in the analysis of the interaction of *P. oryzae* with rice plants on various varieties and in various agrotechnological conditions in order to improve and rationalize agricultural activities. In addition, the studied approaches open up the possibility of applying research data in breeding, allowing us to identify forms of the pathogen that affect certain varieties.*

Key words: rice blast; morphological and cultural traits; strains

Введение

В рамках исследований, проводимых в области изучения культуральных и морфологических признаков штаммов *Pyricularia oryzae* Cav., часто возникает необходимость классификации культуральных признаков. Это связано с тем, что при выявлении признаков используется, как правило, субъективный подход, определённый непосредственно исследователем, что значительно затрудняет сопоставимость результатов исследований при изучении штаммов пирикулярриоза риса. Кроме того, отсутствие какой-либо методики описания культуральных свойств, препятствует созданию научно-обоснованной базы для выявления закономерностей развития патогена с точки зрения морфолого-культуральных признаков.

Анализ литературных данных показывает, что выявление культуральных признаков штаммов микроскопических грибов, подобных пирикулярриозу риса, сводится к описательному характеру и, как правило, не имеет чётко выраженной типизации по каким-либо особенностям развития колонии [1, 7-9]. Так, в то время как одна из методик предполагает выявление структуры, поверхности, цвета, формы и края колонии, другие основываются на определении текстуры, скорости роста колонии, окраске воздушного и субстратного мицелия. Некоторые методики предполагают выявление экссудата и присутствия выделения пигмента в окружающую среду.

Разобщённость методик в большей степени определяется их применимостью к конкретным видам штаммов фитопатогенов и микроорганизмов, так как при их общности по отношению к видам микроскопических грибов, они во многом отличаются в проявлении тех или иных признаков. При этом общие научно-обоснованные подходы к описанию культуральных свойств колонии штаммов *P. oryzae* в научной литературе не представлены, хотя попытки выявления общих закономерностей развития колонии встречаются, а на базе исследовательской работы лаборатории информационных цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса» был собран большой материал по изучению морфолого-культуральных признаков и генотипированию штаммов *P. oryzae*, распространённых на юге России [2-6, 10].

Материалы и методы

Исследовательскую работу проводили в два этапа. На первом этапе выявляли и классифицировали культуральные признаки штаммов *Pyricularia oryzae* Cav. Второй этап работы предполагал кластеризацию исследуемых штаммов по выявленным признакам с целью определения закономерностей и связей в проявлении свойств и условий развития патогена в сельскохозяйственном производстве.

Для выявления и классификации, основных культуральных признаков, характеризующих колонию

штамма пирикулярриоза риса, были отобраны данные по результатам исследований, проведённых в 2015-2020 годах и систематизированных в базе данных [5, 10]. Используемые данные имели достаточно разобщённый формат описания культуральных свойств, которые не определяли набор признаков однозначно, что сильно затрудняло классификацию и сравнение штаммов патогена *P. oryzae*.

Данные были подвергнуты статистической и аналитической обработке по группировке и выявлению характерных точек, указывающих на наличие выявляемого признака. Далее характерные точки связывали с признаком для конкретного штамма и получали связь с набором присущих ему классифицируемых признаков. Таким образом, появилась возможность провести сравнительный анализ изучаемых штаммов пирикулярриоза риса, а описание культуральных признаков получило чёткую классификацию.

На втором этапе исследования проводили общую иерархическую кластеризацию по полученным на первом этапе классификационным культуральным признакам.

Кластерный анализ проводился по методу Варда (Ward) по стандартизированным данным присутствия вида признака [11]. Наличие вида признака определялось максимальным стандартизированным значением 1, отсутствие, соответственно, - 0. Расстояние между точками кластеризации определялось набором стандартизированных значений каждого штамма.

Данные кластеризации были статистически проанализированы для выявления закономерностей, характеризующих полученные кластеры, по культуральным признакам и иным характеристикам штаммов *P. oryzae*.

Результаты и обсуждение

В рамках проведённой классификации было выявлено шесть основных культуральных признаков, характерных для изучаемых штаммов: характер роста колонии, структура развитой колонии, рельеф поверхности колонии, профиль развитой колонии, цвет воздушного мицелия и цвет субстратного мицелия.

Характер роста колонии определяет направление, и особенности развития колони в пространстве над питательной средой, как правило, в направлении от центра чашки Петри к её краям. Так было выявлено пять вариантов проявления данного признака: равнонаправленный, зонированный, концентрический, лучистый, разнонаправленный (рис. 1).

Равнонаправленный характер роста колонии определяется равномерным развитием колонии от центра к краям чашки Петри и образует, как правило, округлую форму колонии. Зонированный характер роста определяется неравномерным или секторальным ростом колонии в виде отдельных

включений. Концентрический характер роста указывает на наличие волнообразного развития колонии, направленного от центра колонии к её краям, что проявляется в виде концентрических колец. Лучистый характер роста определяется наличием

ярко выраженных лучей интенсивного развития колонии в направлении к краям колонии. Разнонаправленный характер роста проявляется в чередовании интенсивности развития колонии в различных направлениях.

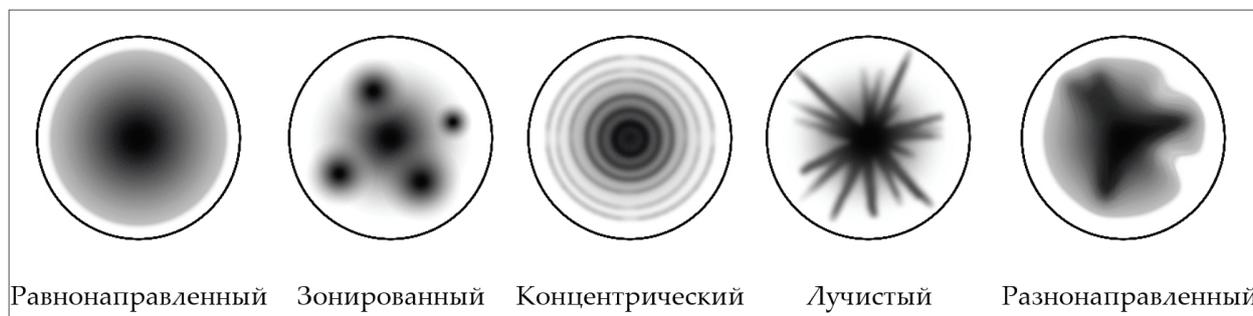


Рисунок 1. Характер роста колонии штамма *Pyricularia oryzae Cav.*

Структура развитой колонии описывает особенности структурного строения колонии в толще воздушного мицелия. Анализ этого признака показал,

что колонии изучаемых штаммов принимают пять различных форм: однородная, пушистая, войлочная, порошистая и клочковатая (рис. 2).



Рисунок 2. Структура колонии штамма *Pyricularia oryzae Cav.*

Однородная структура развитой колонии характеризуется равномерным строением мицелия без рыхлостей и пропусков. Пушистая структура отличается заметной неоднородностью ткани мицелия, похожей на пух. Войлочная структура отличается наличием выраженных уплотнений, похожих на волокна. Порошистая структура характеризуется наличием мелких узлов более плотного скопления мицелиарных тел, расположенных на рыхлой ткани мицелия. Клочковатая структура мицелия определяется наличием ярко выраженных уплотнений, чередующихся с менее плотными участками ткани мицелия.

Рельеф поверхности колонии определяет не-

равномерность поверхности, образованной при развитии колонии. В исследуемых штаммах было выявлено четыре вида рельефа: конический, выпуклый, бугристый и равномерный.

Конический рельеф колонии имеет кратерообразный вид, в котором высота развития колонии экспоненциально уменьшается от центра к краям колонии. Выпуклый рельеф характеризуется каплеобразной формой. Бугристый рельеф описывает наличие одновременно высоких и низких плавно переходящих областей. Равномерный рельеф характеризует колонию, равномерно распределённую по всей поверхности субстрата (рис. 3).

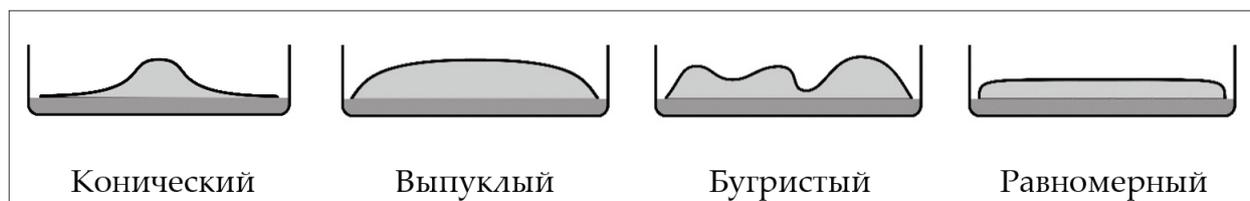


Рисунок 3. Рельеф роста колонии штамма *Pyricularia oryzae Cav.*

Профиль колонии определяет высоту расположения поверхности мицелия от поверхности субстрата относительно усреднённой линии: высокий,

средний и низкий.

Цвет воздушного мицелия штаммов *Pyricularia oryzae Cav.* преимущественно серого цвета, по-

этому выделяют: светло-серый, типично-серый, тёмно-серый, оливково-серый, бежево-серый. Из цветов субстратного мицелия выделяют обесцвеченный, серый, чёрный, коричневый и бурый.

После проведения классификации были установлены характерные точки наличия выявленных признаков и установлены связи каждого штамма *P. oryzae* с определённым вариантом каждого из шести признаков. Таким образом, каждый из изучаемых штаммов получил полное систематизированное описание культуральных признаков образуемой им колонии.

Для выявления иерархических связей штаммов *Pyricularia oryzae* Cav. по культуральным признакам был проведен кластерный анализ культуральных признаков. Такой подход позволил выявить наличие классификационных свойств полученной на предыдущем этапе типизации. Кластеризацию проводили по методу Варда (Ward) со стандартизацией по наличию или отсутствию культурального признака. Дендрограмма, полученная в результате проведения кластерного анализа, представлена на рисунке 4.

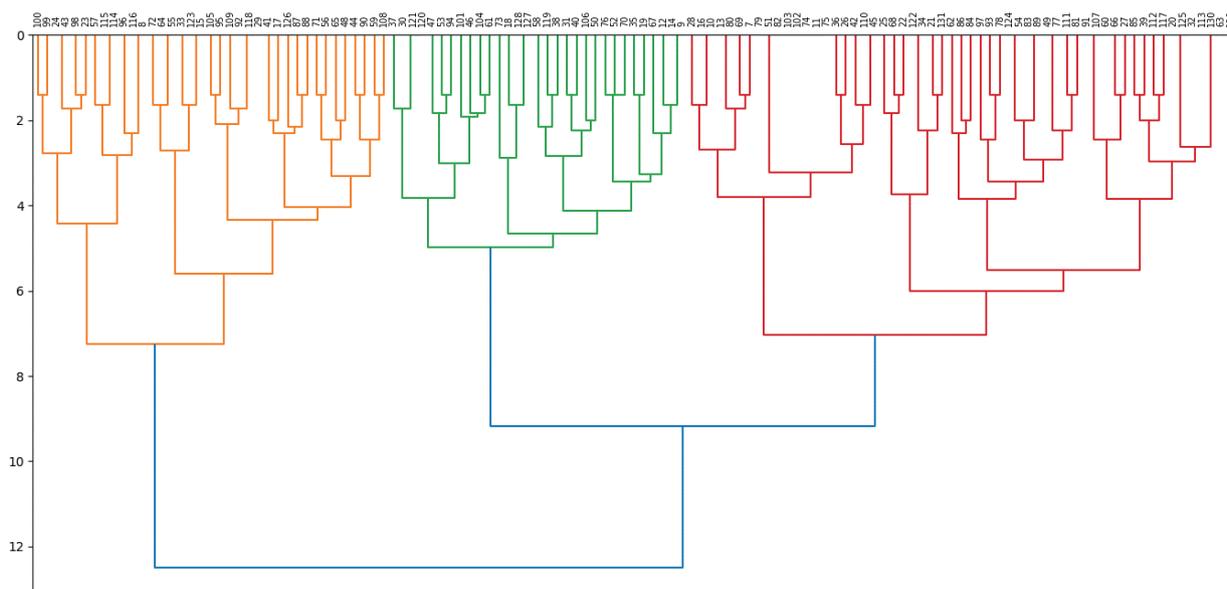


Рисунок 4. Дендрограмма, полученная в результате проведения кластерного анализа.

Из дендрограммы видно, что можно выделить три больших кластера, в каждом из которых выделяются по пять подкластеров. Крупные кластеры было принято обозначать латинскими буквами А, В, С, а подкластеры – цифрами. Таким образом, уста-

новленные кластеры выявили 15 типов штаммов *P. oryzae* с различными культуральными признаками, образующие иерархические связи, характеризующие общность штаммов. Основные культуральные признаки описаны в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика кластеров по культуральным свойствам колонии штаммов *Pyricularia oryzae* Cav.

	Характер роста колонии	Структура колонии	Рельеф поверхности	Профиль колонии	Цвет воздушного мицелия	Цвет субстратного мицелия
A1	Разнонаправленный	Порошистая	Бугристый	Средний	Бежево-серый	Чёрный
A2	Зонированный	Порошистая	Бугристый	Низкий	Оливково-серый	Чёрный
A3	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Высокий	Оливково-серый	Коричневый
A4	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Средний	Бежево-серый	Коричневый
A5	Зонированный	Клочковатая	Бугристый	Низкий	Темно-серый	Чёрный
B1	Лучистый	Порошистая	Конический	Низкий	Бежево-серый	Чёрный
B2	Равнонаправленный	Порошистая	Конический	Низкий	Светло-серый	Чёрный
B3	Равнонаправленный	Клочковатая	Конический	Низкий	Бежево-серый	Коричневый
B4	Разнонаправленный	Порошистая	Конический	Низкий	Светло-серый	Коричневый
B5	Равнонаправленный	Порошистая	Конический	Низкий	Типично-серый	Серый
C1	Равнонаправленный	Войлочная	Конический	Низкий	Оливково-серый	Коричневый
C2	Равнонаправленный	Войлочная	Конический	Низкий	Типично-серый	Коричневый
C3	Равнонаправленный	Войлочная	Равномерный	Средний	Оливково-серый	Чёрный
C4	Равнонаправленный	Войлочная	Равномерный	Низкий	Оливково-серый	Коричневый
C5	Равнонаправленный	Пушистая	Равномерный	Низкий	Типично-серый	Чёрный

Анализ взаимосвязанности данных кластеризации с географией отбора и сортовым составом пораженных растений риса не выявил закономерностей, что говорит о широкой распространенности различных видов патогена на всей территории юга России и неустойчивости в той или иной степени всех изученных сортов. Однако для кластеров В1, В3 и С1 характерно выявление штаммов, отобранных на растениях сорта Флагман, что может определять высокую неустойчивость этого сорта к штаммам пирикулярриоза, относящимся к этим кластерам.

Анализ кластерных данных по месту отбора штаммов показал, что для кластеров группы А характерны все формы развития пирикулярриоза: листовая, узловая и метельчатая. В то время как, для групп В и С наиболее характерна листовая форма, а группу С листовые формы составляют около 90 %. При этом явно выделяется кластер А2 с преобладанием узловой формы, С2 – состоящий из штаммов листовой формы, а также С4 и С5 – с преобладанием листовой формы. Распределение кластерных штаммов по месту отбора образца представлено на рисунке 5.

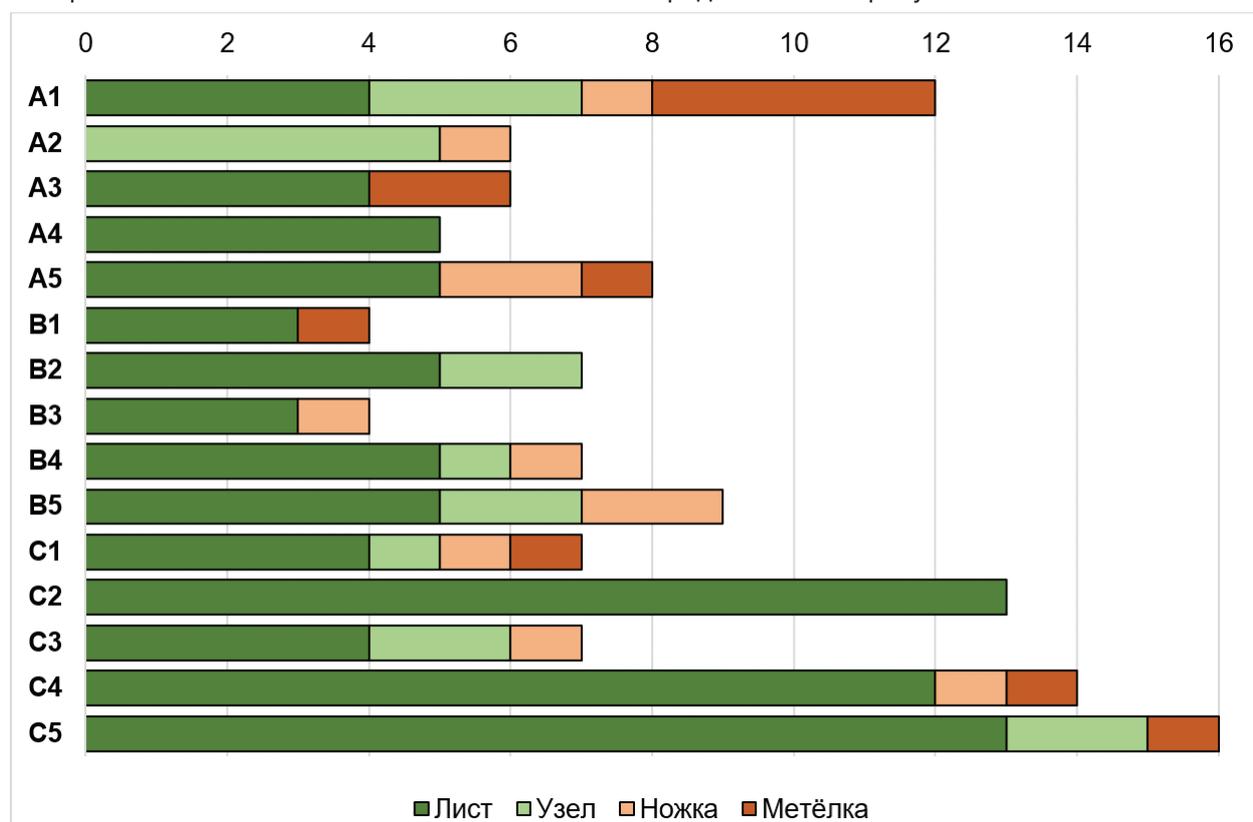


Рисунок 5. Диаграмма распределения места отбора штаммов пирикулярриоза риса по кластерам.

Выводы

В результате проведенной работы была разработана методика описания основных культуральных признаков штаммов *Pyricularia oryzae* Cav., распространенных на территории юга России. К таким признакам относятся: характер роста колонии, структура развитой колонии, рельеф поверхности колонии, профиль развитой колонии, цвет воздушного мицелия и цвет субстратного мицелия. При этом определены и перечислены виды признаков, позволяющие однозначно определить уникальность и разновидность патогена.

Кроме того, взаимосвязи и закономерности, установленные при помощи кластерного и статистического анализа, позволяют выявить условия развития патогена, определяющие его преимущественные формы. Так исследования показывают, что листовые

формы штаммов имеют равнонаправленный характер роста колонии с войлочной структурой, а узловые формы часто образуют зонирование колонии с клочковатой структурой. Также такой анализ позволил выявить связь групп штаммов способных поражать растения риса, относящиеся к сорту Флагман.

Классификация культуральных признаков позволит получать научно-обоснованные и сопоставимые данные, которые могут быть применены в анализе взаимодействия штаммов пирикулярриоза с растениями риса на различных сортах и в различных агротехнологических условиях с целью совершенствования и рационализации сельскохозяйственных мероприятий. Кроме того, изученные подходы открывают возможности применения данных в селекции, позволяя выявлять формы патогена, поражающие определённые сорта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 20.1 / 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Грицкевич, Е.Р. Лабораторный практикум по микробиологии / Е.Р. Грицкевич, И.Э. Бученков, Н.В. Иконникова – Минск: ИВЦ МИНФИНА, 2017. - С. 47-58.
2. Дубина, Е.В. Изучение биоразнообразия *Pyricularia oryzae* Cav. в рисосеющих зонах юга России на основе метода ПЦР / Е.В. Дубина, П.И. Костылев, М.Г. Рубан, Ю.В. Анискина, И. А. Шилов, Н. С. Велишаева, Л. В. Есаулова // Зерновое хозяйство России. – 2017. - №6 (54). - С. 29-35.
3. Дубина, Е.В. Изучение биоразнообразия *Pyricularia oryzae* Cav. в рисосеющих зонах юга России на основе метода ПЦР. / Е.В. Дубина, М.Г. Рубан, Ю.В. Анискина // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 10 (32). – С. 19-23. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11004.
4. Дубина, Е.В. Изучение биоразнообразия *Pyricularia oryzae* Cav. в рисосеющих зонах юга России на основе метода ПЦР / Е.В. Дубина, М.Г. Рубан, Ю.В. Анискина // Рисоводство. – Краснодар, 2019 (а) – № 1 (44). – С. 20-27.
5. Дубина, Е.В. Свидетельство на Базу данных «Штаммы патогена *Pyricularia oryzae* Cav. юга России» / Е.В. Дубина, Е.С. Харченко, Л.И. Серая // Свидетельство № 2019620149 от 24.01.2019 г., 2019 (b).
6. Дубина, Е.В. Свидетельство на Базу данных «Анализ популяций возбудителя пирикулярриоза риса (*Pyricularia oryzae* Cav.) по признаку вирулентности» / Е.В. Дубина, Е.С. Харченко, Л.И. Серая et al. // Свидетельство № 2019620132 от 22.01.2019 г., 2019 (c).
7. Зенова, Г.М. Практикум по биологии почв / Г.М. Зенова, А.Л. Степанов, А.А. Лихачева, Н.А. Манучарова. – Москва: ИЗД. МГУ, 2002. – С. 29-33.
8. Поликсенова, В.Д. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов» для студентов 4 курса дневного отделения специальности «G 31 01 01 — Биология» / В.Д. Поликсенова, А.К. Храмов, С.Г. Пискун // Минск: ИЗД. БГУ, 2004. - С. 7-13.
9. Сокирко, В.П. Фитопатогенные грибы (морфология и систематика) / В.П. Сокирко, В.С. Горьковенко, М.И. Зазимко // Краснодар: ИЗД КубГАУ, 2014. – С. 5-29.
10. Dubina, E.V. Biodiversity of *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing regions of the south OF Russia using PCR method / E.V. Dubina, A.V. Alabushev, P.I. Kostylev et al // *Physiol Mol Biol Plants*. - 2020. –V.26 – P. 289-303.
11. Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // *Journal of the American Statistical Association*. -1963. - Vol. 58. - № 301. – P. 1-9.

REFERENCES

1. Laboratory workshop in microbiology / edited by E.R. Grizkevich, I.E. Buchenkov, N.B. Ikonnikova. – Minsk: DPC MF, 2017. - 47-58 pp.
2. Dubina, E.V. Biodiversity studies *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing areas of southern Russia based on the PCR method / E.V. Dubina, P.I. Kostylev, M.G. Ruban, J.V. Aniskina, I.A. Shilov, N.S. Velishaeva, L.V. Esaulova // *Grain farming*. – 2017. - №6 (54). - P. 29-35.
3. Dubina, E.V. Biodiversity studies *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing areas of southern Russia based on the PCR method / E.V. Dubina, M.G. Ruban, J.V. Aniskina. // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. – 2018. – № 10 (32). – P. 19-23. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11004.
4. Dubina, E.V. Biodiversity studies *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing areas of southern Russia based on the PCR method / E.V. Dubina, M.G. Ruban, J.V. Aniskina. // *RICE GROWING*. – Krasnodar, 2019 (a) – № 1 (44). – P. 20-27.
5. Database «Strains of the patogen *Pyricularia oryzae* Cav. south of Russia » / Certificate № 2019620149 от 24.01.2019 г., 2019 (b).
6. Database «Analysis of populations of the causative agent of rice blast (*Pyricularia oryzae* Cav.) On the basis of virulence» / Certificate № 2019620132 от 22.01.2019 г., 2019 (c).
7. Zenova, G.M. Workshop on Soil Biology / G.M. Zenova, A.L. Stepanov, A.A. Lihachova, N.A. Manucharova. – Moscow: MSU, 2002. – 29-33 p.
8. Polyksenova, W.D. Methodical instructions for the special practical classes on the section “Mycology. Methods for the experimental study of microscopic fungi “for 4th year students of the day department of the specialty” G 31 01 01 - Biology “ / W.D. Polyksenova, A.K. Chramzov, S.G. Piskun. Minsk: BSU, 2004. - 7-13 p.
9. Sokirko, V.P. Phytopathogenic fungi (morphology and taxonomy) / V.P. Sokirko, V.S. Gorkovenko, M.I. Zazimko. - Krasnodar: KubSAU, 2014. – 5-29 p.
10. Dubina, E.V. Biodiversity of *Pyricularia oryzae* Cav. in rice-growing regions of the south OF Russia using PCR method / E.V. Dubina, A.V. Alabushev, P.I. Kostylev et al // *Physiol Mol Biol Plants*. - 2020. –V.26 – P. 289-303.
11. Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // *Journal of the American Statistical Association*. -1963. - Vol. 58. - № 301. – P. 1-9.

Дмитрий Владимирович Нартымов

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: dimnortey@mail.ru
Тел. +79182612558

Елена Викторовна Дубина

Заведующая лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: lenakrug1@rambler.ru
Тел. +79184326582

Евгений Михайлович Харитонов

Научный руководитель
E-mail: arrri_kub@mail.ru
Тел. +78612051555

Маргарита Георгиевна Рубан

Научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
Тел. +79184926146
E-mail: arrri_kub@mail.ru

Никита Константинович Истомин

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: istomin_nike@mail.ru
Тел. +79282376466

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

Павел Иванович Костылев

Главный научный сотрудник
E-mail: p-kostylev@mail.ru
Тел. +79185611153
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»
347740, Россия, г. Зерноград, Научный Городок, 3

Dmitry Vladimirovich Nartymov

Junior Researcher, Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
E-mail: dimnortey@mail.ru
Tel. +79182612558

Elena Viktorovna Dubina

Head of the Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
E-mail: lenakrug1@rambler.ru
Tel. +79184326582

Evgeny Mikhailovich Kharitonov

Scientific adviser
E-mail: arrri_kub@mail.ru
Tel. +78612051555

Margarita Georgievna Ruban

Researcher of the Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
Tel. +79184926146
E-mail: arrri_kub@mail.ru

Nikita Konstantinovich Istomin

Junior Researcher, Laboratory of Information, Digital and Biotechnology
E-mail: istomin_nike@mail.ru
Tel. +79282376466

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

Pavel Ivanovich Kostylev

Chief Researcher
E-mail: p-kostylev@mail.ru
Tel. +79185611153
Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrarian Scientific Center «Donskoy»
3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-43-46
УДК: 635.33:577.213

Дубина Е.В., д-р биол. наук,
Макуха Ю.А.
г. Краснодар, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА SSR-ЛОКУСОВ УСТОЙЧИВОСТИ К *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS* У КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ

Сосудистый бактериоз капусты белокочанной, вызываемый грамотрицательной бактерией *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pam.) Dowson, является одним из самых губительных заболеваний, приводящим к снижению урожая при благоприятных для патогена условиях до 50 %. Цель исследования - изучить полиморфизм SSR-локусов устойчивости к *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* на контрастных по устойчивости и селекционных образцах капусты белокочанной. В данном исследовании проведена апробация 35 SSR-маркеров для выявления полиморфизма по признаку устойчивости к сосудистому бактериозу (*Xanthomonas campestris*). Отобрано 3 SSR-маркера (OI10-C01, OI11-H06, BoESSR 726), выявляющих полиморфизм у контрастных по устойчивости к сосудистому бактериозу форм капусты белокочанной. Обнаружено, что маркеры OI10-C01 и OI11-H06 выявляют все виды аллельного состояния генов у сегрегирующей популяции в соответствии с менделевским законом расщепления, поэтому они являются перспективными в селекции капусты белокочанной по признаку устойчивости к сосудистому бактериозу.

Ключевые слова: капуста белокочанная, сосудистый бактериоз, ПЦР-анализ, микросателлитные маркеры, сегрегирующая популяция.

POLYMORPHISM STUDYING OF SSR-LOCI IN WHITE CABBAGE LINKED TO RESISTANCE TO *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS*

Vascular bacteriosis of white cabbage, caused by the gram-negative bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pam.) Dowson, is one of the most destructive diseases, leading to a decrease in yield under favorable conditions for the pathogen by up to 50 %. The aim of the study was to study the polymorphism of SSR loci of resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* on contrasting resistance and breeding samples of white cabbage. In the presented study, we have tested 35 SSR-markers for polymorphism detecting in terms of resistance to black rot (*Xanthomonas campestris*). Three SSR markers (OI10-C01, OI11-H06, BoESSR 726) were identified, showing polymorphism in white cabbage forms with contrasting resistance to black rot. Markers OI10-C01, OI11-H06 were found to reveal all types of allelic state of genes in a segregating population in accordance with the Mendelian rule of segregation, therefore they are promising in white cabbage breeding on the basis of resistance to black rot.

Keywords: white cabbage, black rot, PCR-analysis, microsatellite markers, segregating population.

Введение

Урожайность сельскохозяйственных культур семейства *Brassicaceae* в значительной степени зависит от их устойчивости к различным патогенам, в частности к бактериальным. Сосудистый бактериоз капусты белокочанной, вызываемый грамотрицательной бактерией *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pam.) Dowson, является одним из самых губительных заболеваний, приводящих к снижению урожая при благоприятных для патогена условиях до 50 % [10, 13]. Контроль за распространением болезни очень затруднен, так как *X. campestris* распространяется посредством насекомых, ветра, ирригационных и агротехнических работ [1, 11]. Поэтому возделывание устойчивых сортов капусты белокочанной является одним из эффективных подходов в селекции для минимизирования потерь урожая из-за воздействия патогена [14].

К настоящему времени некоторыми учеными уже проведен ряд исследований, посвященных идентификации генов устойчивости к сосудистому бакте-

риозу, а также изучению расового состава патогена. Так, вначале было выделено пять рас патогена, в дальнейшем их число увеличилось до одиннадцати, из которых наиболее вредоносными считаются расы Хсс 1 и 4 [2]. Источники устойчивости к основным поражающим расам Хсс (1 и 4) в основном связаны с А и В геномами (*B. rapa* и *B. nigra*) и редко встречаются в геноме С (*B. oleracea*) [15]. Молекулярные карты генома *B. oleracea* были разработаны независимо несколькими группами исследователей с использованием разных типов маркеров (RAPD, SSR, ISSR, dCAPS, SNP) [14, 5-7, 12]. Гены и QTL устойчивости к наиболее патогенным расам 1 и 4 были выявлены на разных хромосомах (группах сцепления). Например, в работе Lee (2015) на восьми хромосомах из девяти у *B. oleracea* было картировано в общей сложности 14 ассоциированных с устойчивостью к Хсс QTL, четыре из них относились к основным локусам, влияющим на устойчивость растений, что позволило сделать вывод о том, что контроль данного признака у *B. oleracea* носит полигенный характер [7].

В связи с отсутствием к настоящему моменту универсальной маркерной системы для достоверной идентификации генов устойчивости к *Xanthomonas campestris* проведение молекулярно-генетических исследований, связанных с поиском и разработкой эффективных молекулярных маркеров остается актуальной проблемой для генетики и селекции капусты белокочанной, решение которой позволит в разы сократить селекционный процесс, а также получить ценные устойчивые генотипы капусты белокочанной с нужными биологическими свойствами. Применение молекулярного маркирования уже позволило решить проблему идентификации доноров устойчивости к патогенам на других сельскохозяйственных культурах, в частности на рисе [3, 4].

Цель исследований

Изучить полиморфизм SSR-локусов устойчивости к *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* на контрастных по устойчивости и селекционных образцах капусты белокочанной.

Материал и методы исследования

На базе лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса» в 2020 году был проведен ПЦР-анализ изучаемых растений капусты белокочанной. Материалом исследования послужили контрастные формы капусты белокочанной: устойчивые (изогенная линия 269-Яс12п-2) и восприимчивые (изогенная линия Пи714) к сосудистому бактериозу, отобранные в отделе овощекартофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса», а также растения F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714, полученные в результате самоопыления растений F1. ДНК из листьев капусты выделяли по схеме Мюррея и Томпсона с использованием цетилтриметиламмоний бромида (СТАВ) в качестве лизирующего буфера растительных клеток [9].

При проведении молекулярно-генетических исследований использовались нейтральные кодоминантные микросателлитные (SSR) маркеры, взятые из базы данных на сайте www.VegMarks.ru, разработанные для оценки полиморфизма у растений капусты белокочанной, а также SSR-маркеры из работы Afrin et al. (2018) [1].

Разделение продуктов амплификации проводили с помощью 2 %^{го} агарозного геля с добавлением

бромистого этидия при напряжении 130 V в течение 1 часа с последующей их визуализацией в ультрафиолетовом свете.

Результаты исследований

В общей сложности при ПЦР-анализе контрастных по устойчивости к сосудистому бактериозу форм растений было апробировано 35 микросателлитных маркеров, локализованных в разных хромосомах, 3 из которых (OI10-C01, OI11-H06, BoESSR 726) выявили полиморфизм у исследуемых образцов. Аллельное разнообразие по локусам OI10-C01 и OI11-H06 продемонстрировано в предыдущей работе [8]. Полиморфизм по локусу BoESSR 726 виден из рисунка 1.

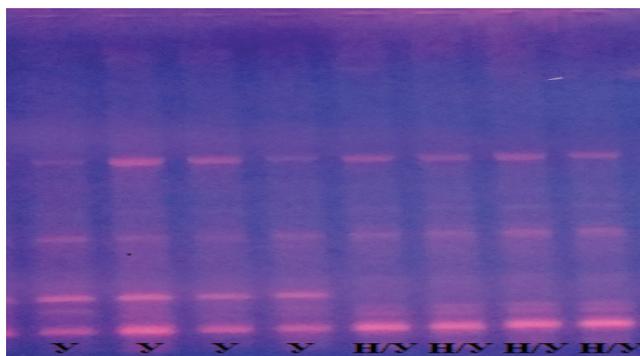


Рисунок 1. Визуализация продуктов ПЦР по локусу BoESSR 726 в 2%-ном агарозном геле

Примечание: У – изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2; Н/У- изогенная неустойчивая линия Пи714.

На рисунке 1 видна аллельная разница между контрастными генотипами (изогенными линиями). Поэтому данный маркер будет использоваться в дальнейших наших исследованиях на сегрегирующей популяции для изучения его сонаследования с данным признаком.

При изучении остальных 32 маркеров полиморфизм не был обнаружен. Результаты апробации 2 таких маркеров представлены на рисунке 2 бенды у устойчивых и восприимчивых образцов капусты белокочанной идентичны, поэтому данные маркеры не пригодны для дальнейшей селекционной работы по признаку устойчивости к *Xanthomonas campestris*.

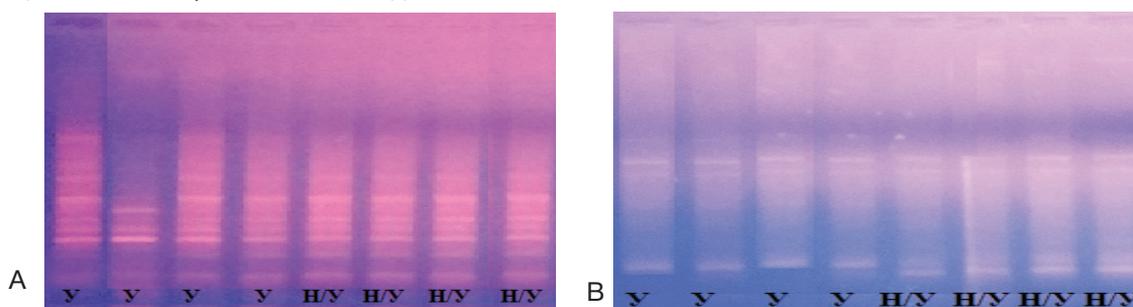


Рисунок 2. А- Визуализация продуктов ПЦР по локусу BoGMS 301 в 2%-ном агарозном геле; В- Визуализация продуктов ПЦР по локусу BoESSR 216 в 2%-ном агарозном геле

Примечание: У – изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2; Н/У- изогенная неустойчивая линия Пи714.

На следующем этапе микросателлитные маркеры OI10-C01 и OI11-H06, выявившие полиморфизм по результатам проведенного нами ранее исследования, были апробированы на селекционных образцах

капусты белокочанной (растениях F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714 для проверки их сонаследования с признаком устойчивости к *Xanthomonas campestris*, что отражено на рисунках 3 и 4 [8].

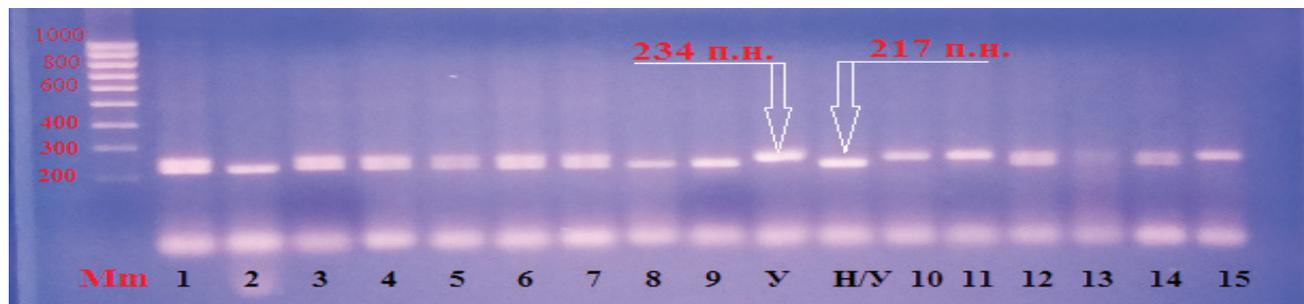


Рисунок 3. Разделение продуктов амплификации растений поколения F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714 по локусу OI10-C01

Примечание: Mm – маркер молекулярной массы; 1-15 – растения поколения F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714; U- изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2; H/U- неустойчивая изогенная линия Пи714.

Исходя из электрофореграммы на рисунке 3, можно заметить, что уже среди первых проанализированных 15 растений F2 наблюдается расщепление, и выявляются все виды генотипов, т.е. растения 10, 11, 15 являются гомозиготами по рецессивной аллели (несут аллель устойчивости),

растения 2, 8, 9 гомозиготны по доминантной аллели восприимчивости, растения 1, 3-7, 12, 14 гетерозиготны. Также был определен размер аллелей: доминантный аллель восприимчивости имеет ПЦР-продукт величиной 217 п.н., а донорный аллель устойчивости – 234 п.н.

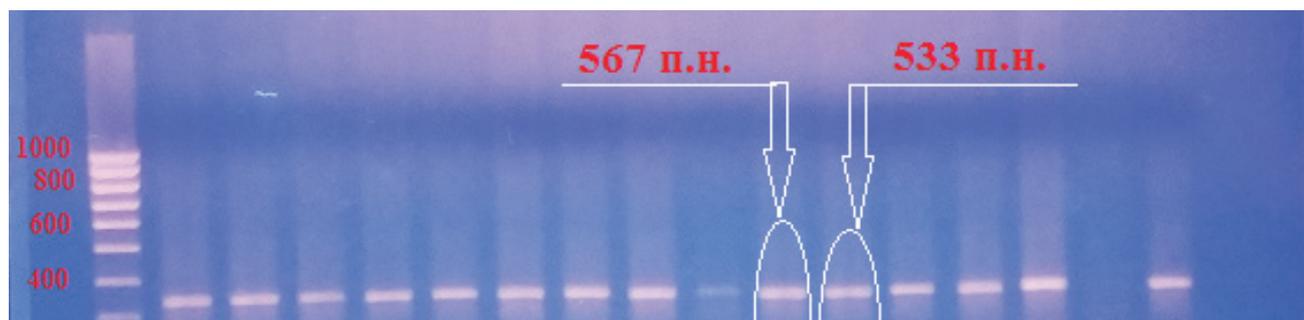


Рисунок 4. Разделение продуктов амплификации растений поколения F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714 по локусу OI11-H06

Примечание: Mm – маркер молекулярной массы; 1-14 – растения поколения F2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714; U- изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2; H/U- неустойчивая изогенная линия Пи714.

На рисунке 4 показано аллельное разнообразие между изучаемыми растениями F2. Здесь так же, как по локусу OI11-H06 наблюдается расщепление растений по генотипу, т.е. растения под номерами 4, 9, 11 являются гомозиготами по рецессивной аллели (доноры устойчивости), растения: 6, 7, 8, 14 – гомозиготы по доминантной аллели (неустойчивые образцы), а растения: 1, 2, 3, 5, 10, 12, 13 – гетерозиготны. Было установлено, что донорный аллель устойчивости имеет ПЦР - продукт размером 567 п.н., аллель восприимчивости – 533 п.н.

В дальнейшем все оставшиеся растения F2 так же будут проанализированы с помощью данного маркера, будет проведено фитопатологическое тестирование и сопоставление данных по генотипу

и фенотипу для выявления эффективности маркеров OI10-C01 и OI11-H06 в селекционном процессе капусты белокочанной на устойчивость к сосудистому бактериозу.

Выводы

По результатам проведенных исследований отобрано 3 SSR-маркера (OI10-C01, OI11-H06, BoESSR 726), показывающих полиморфизм у контрастных по устойчивости к сосудистому бактериозу форм капусты белокочанной. Также маркеры OI10-C01, OI11-H06 выявляют все виды аллельного состояния у растений F2. Поэтому работа с этими маркерами будет продолжена на сегрегирующей популяции для изучения их сонаследования с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу.

REFERENCES

1. Afrin, K.S. Screening of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) Germplasm for Resistance to Black Rot / K.S. Afrin, M.A. Rahim, J. Park, S. Natarajan, M.H. Rubel, H. Kim, I. Nou // Plant Breed. Biotech.- 2018.- № 6(1).- P. 30-43. <https://doi.org/10.9787/PBB.2018.6.1.30>
2. Cruz, J. Assessment of diversity of *Xanthomonas campestris* pathovars affecting cruciferous plants in Portugal and disclosure of two novel *X. campestris* pv. *campestris* races / J. Cruz, R. Tenreiro, L. Cruz // J. Plant Pathol. – 2017.- № 9.- P. 403-414. <https://doi.org/10.4454/jpp.v9i2.3890>
3. Dubina, E.V. Introduction of the Sub1 gene into the Russian rice varieties using the polymerase chain reaction (PCR) methods / E.V. Dubina, A.V. Alabushev, P.I. Kostylev, Yu.A. Makukha, M.G. Ruban, I.V. Balyasnyi, Le.H. Ham, D.X. Tu, Le.H. Linh // African Journ. of Agricult. Research.-2018.- № 13(48).- P. 2757-2762. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13563>
4. Dubina, E.V. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies / E.V. Dubina, V.N. Shilovsky, P.I. Kostylev, M.G. Ruban, A.M. Ogly // Plant Biotech. and Breed.- 2019.- № 2(1).- P. 16-23. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2019-1-16-23>
5. Iglesias-Bernabe, L. Dissecting quantitative resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in leaves of *Brassica oleracea* by QTL analysis / L. Iglesias-Bernabé, P. Madloo, V.M. Rodríguez, M. Francisco, P. Soengas // Sci. Rep.- 2019.- № 9.- 11 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38527-5>
6. Kifuji, Y. QTL analysis of black rot resistance in cabbage using newly developed EST-SNP markers / Y. Kifuji, H. Hanzaea, Y. Terasawa, T. Nishio // Euphytica.- 2013.- № 190.- P. 289-295. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0847-1>
7. Lee, J. Genome-wide SNP identification and QTL mapping for black rot resistance in cabbage / J. Lee, N.K. Izzah, V. Jayakodi, S. Perumal // BMC Plant Biol.- 2015.- № 15(32).- 11 p. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0424-6>
8. Makukha, Yu. A. PCR identification of genes of resistance to black rot in white cabbage using SSR-markers // BIO Web Conf. – 2020.- № 21.- 7 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202100013>
9. Murray, M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA / M.G. Murray, W.F. Thompson // Nucleic Acids Research. – 1980. – V. 10. – P. 4321-4325.
10. Sharma, B.B. Genetics and Molecular Mapping of Black Rot Resistance Locus Xca1bc on Chromosome B-7 in Ethiopian Mustard (*Brassica carinata* A. Braun) / B.B. Sharma, P. Kalia, D.K. Yadava, D. Singh, T.R. Sharma // PLoS ONE. – 2016.- № 11(3).- 13 p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152290>
11. Sharma, B.B. Introgression of black rot resistance from *Brassica carinata* to cauliflower (*Brassica oleracea botrytis* Group) through embryo rescue / B.B. Sharma, P. Kalia, D. Singh, T.R. Sharma // Front. Plant Sci.- 2017.- № 8: 1255.- 16 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01255>
12. Saha, P. New source of black rot disease resistance in *Brassica oleracea* and genetic analysis of resistance / P. Saha, P. Kalia, M. Sharma, D. Singh // Euphytica.- 2016.- № 207.- P. 35-48. <https://doi.org/10.1007/s10681015-1524-y>
13. Singh, S. Molecular breeding for resistance to black rot [*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson] in Brassicas: recent advances / S. Singh, S.S. Dey, R. Bhatia, J. Batley, R. Kumar // Euphytica. -2018. - № 214. - 17 p. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2275-3>
14. Tonu, N.N. Comparison of Positions of QTLs Conferring Resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in *Brassica oleracea* / N.N. Tonu, M.A. Doullah, M. Shimizu, M.M. Karim, T. Kawanabe, R. Fujimoto, K. Okazaki // American Journal of Plant Sciences.- 2013.- № 4.- P. 11-20. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48A002>
15. Vicente, J.G. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops / J.G. Vicente, E.B. Holub // Mol. Plant Pathol.- 2013.- № 14(1).- P. 2-18. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x>

Елена Викторовна Дубина

Заведующая лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий, ведущий научный сотрудник
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Elena Viktorovna Dubina

Head of the laboratory of Information, Digital and Biotechnologies, Leading Researcher
E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Юлия Александровна Макуха

Младший научный сотрудник лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: makuxa69@mail.ru

Yuliya Aleksandrovna Makukha

Junior Researcher of the laboratory of Information, Digital and Biotechnologies
E-mail: makuxa69@mail.ru

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

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

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДРОДИЯ ПОЧВЫ
В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ**

Возделывание риса оказывает существенное влияние на трансформацию почвенного плодородия, которое наиболее активно происходит в первые годы после начала выращивания этой культуры, что обуславливается резкой сменой окислительно-восстановительных условий и активизацией почвообразовательных процессов, ранее для данных почв нетипичных. В последующем происходит стабилизация плодородия рисовых почв, что может быть определено с помощью оценочных показателей. Этому способствует соблюдение технологии возделывания культуры, выращивание ее в научно-обоснованных рисовых севооборотах с насыщенностью рисом около 62 %. В условиях полевого и производственного опытов изучали изменение содержания гумуса и показателей, характеризующих эффективное плодородие почвы в зависимости от насыщенности севооборота риса и наличия в нем клина многолетних трав. Установлено, что при наличии клина многолетних трав и соблюдении технологии возделывания риса степень насыщенности севооборота рисом не оказывает существенного влияния на содержание гумуса. В богарном звене рисового севооборота происходит активное пополнение почвы легкогидролизуемыми формами азота и подвижными формами фосфора, в то время как при выращивании риса наблюдается резкое снижение их содержания. В свою очередь содержание подвижных форм калия не зависит от предшественника риса и определяется их сезонной динамикой. Сделано заключение о стабилизации плодородия почвы в условиях рисового севооборота.

Ключевые слова: рис, почва, плодородие, минеральное питание, рисовый севооборот.

CHANGING SOIL EFFICIENCY RATES IN RICE CROP ROTATION

The cultivation of rice has a significant impact on the transformation of soil fertility, which is most active in the first years after the beginning of the cultivation of this crop, which is caused by a sharp change in oxidative and restorative conditions and the activation of soil-forming processes, previously for these soils atypical. Subsequently, the fertility of rice soils is stabilized, which can be determined by estimates. This is facilitated by the observance of the technology of cultivation of culture, cultivation of it in scientifically based rice crop rotations with a saturation of rice about 62%. In the context of field and production experiments, we studied changes in the content of humus and indicators of effective soil fertility, depending on the saturation of crop rotation of rice and the presence of a wedge of perennial herbs in it. It has been established that in the presence of a wedge of perennial herbs and compliance with the technology of rice cultivation, the degree of saturation of crop rotation with rice does not have a significant impact on the content of humus, there are only seasonal changes in it. In the rich link of rice crop rotation there is an active replenishment of the soil with easily hydrolyzed forms of nitrogen and movable forms of phosphorus, while in the cultivation of rice there is a sharp decline in their content. In turn, the content of moving forms of potassium does not depend on the precursor of rice and is determined by seasonal dynamics. The conclusion was made to stabilize the fertility of the soil in the conditions of rice crop rotation.

Key words: rice, soil, fertility, mineral nutrition, rice crop rotation.

Введение

Рис является одной из самых высокопродуктивных культур в мировом сельскохозяйственном производстве [12, 13]. В России основным рисосеющим регионом является Кубань, где сосредоточено около 70 % площадей, занятых под эту культуру. За последние 5 лет площадь посевов риса составляет около 130 тыс. га при средней урожайности 7,0-7,2 т/га [8]. При этом возделывание риса оказывает существенное влияние на почву и её важнейшее свойство – плодородие. Уровень плодородия почвы характеризуется содержанием хи-

мических элементов и физических характеристик, их соотношением, формой связей между ними. Производительная способность почв за короткие промежутки времени (эффективное плодородие) или за более длительный период (потенциальное плодородие) может быть определена на основании свойств и режимов почв и описана с помощью оценочных показателей.

В результате вовлечения почв в сельскохозяйственное производство они обедняется легкогидролизуемыми соединениями азота, в них снижаются общие запасы органического вещества и гу-

муса. Это происходит сравнительно быстро в первые 4-5 лет. В дальнейшем интенсивность трансформации плодородия замедляется, и уменьшение содержания органического вещества происходит более низкими темпами. Этот процесс обусловлен, в том числе, исключением из системы удобрения риса периодического внесения органических удобрений, уменьшением (или отсутствием) в структуре рисового севооборота клина многолетних трав. Содержание валовых форм основных элементов минерального питания практически не изменилось (азот) или несколько возросло (фосфор и калий).

Изменение показателей потенциального плодородия происходит крайне медленно (при условии соблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур) и может быть выявлено при анализе многолетних данных в условиях стационарного опыта. Поэтому, изучение направленности изменения эффективного плодородия почв, которое можно проследить в годовом цикле и корректировать при помощи технологических приемов, более информативно для оценки его текущего состояния. Наиболее объективные результаты дает изучение их изменения в условиях рисового севооборота в многолетнем цикле (не менее одной ротации). Такой подход обладает следующими преимуществами: изменение показателей эффективного плодородия прослеживается в динамике на одних и тех же участках на протяжении нескольких лет. При этом можно определить качественные и количественные изменения, как в рисовом, так и богарном звене севооборота, т.е. определить влияние насыщения севооборота рисом с последующей сменой окислительно-восстановительных условий при возделывании суходольных культур [4].

Цель исследований

Определить изменение показателей эффективного плодородия почвы в севооборотах с различной степенью насыщенности рисом.

Материалы и методы

Исследования проводили на рисовой оросительной системе ЭСОС «Красная». Для изучения изменения содержания гумуса и форм азота в рисовой почве под опытные участки в 2016 г. в качестве выбраны карты (чеки) в севооборотах с разной степенью насыщенности рисом (вариант 1 – 50 %, вариант 2 – 62,5 %). Для получения более информативно-репрезентативной выборки каждый чек разбит на три равных участка. С целью изучения изменения уровня эффективного плодородия рисовой почвы при выращивании люцерны в рисовом севообороте выбран участок РОС хозяйства (система 0-0-0-4, кк.1-25).

Почвенные пробы отбираются два раза в год (весной и осенью) из слоя почвы 0-20 см тростевым буром. Методика отбора почвенных проб адаптирована для рисовой системы (смешанная проба с каждого участка, маршрут отбора учиты-

вает пестроту плодородия). В них определяли гумус общий по Тюрину; азот легкогидролизуемый по методу Тюрина и Кононовой в модификации Кудеярова; обменный аммоний – по Кудеярову с фенолят гипохлоридным окрашиванием; нитраты по методу Грандваль-Ляжу; фосфор подвижный по Чирикову; калий подвижный по Чирикову [7, 11].

Результаты и обсуждение

Возделывание риса связано с разносторонними антропогенными нагрузками на почву, которые ведут к изменению практически всего комплекса свойств и режимов, характеризующих каждую почву как самостоятельный природный организм и ее главное свойство - плодородие. Уровень плодородия любой почвы определяется, в первую очередь, ее генезисом, он формируется в течение многовековой эволюции. Однако в результате деятельности человека в процессе сельскохозяйственного производства, он может изменяться в ту или иную сторону.

Почвы, вовлеченные под культуру риса, с момента освоения вступают в фазу изменения вне зависимости от их генезиса. Это определяется, главным образом, установлением специфического водного режима, приводящего к преобразованию направленности и интенсивности почвообразовательных процессов, свойственных почве до ее введения под культуру риса. Таким образом, под воздействием режима орошения на рисовом поле формируется, отличный от естественного новый тип антропогенных «рисовых» почв.

Изменение окислительно-восстановительного режима рисовых почв при затоплении меняет характер и направленность биологических, химических, физико-химических превращений, развиваются процессы, которые не были свойственны исходным почвам или обладали иной степенью выраженности и формой проявления. В частности, в результате длительного затопления и чередования окислительных и восстановительных условий уменьшается содержание гумуса в пахотном горизонте и ухудшается его качественный состав [6].

В условиях полного затопления разложение органических остатков совершается под воздействием анаэробной микрофлоры. Небольшое количество органики, разлагающейся в прикорневой зоне, используется микроорганизмами достаточно экономно. В целом, резко выраженные восстановительные условия мало способствуют гумусообразованию. Процесс активной гумификации фактически происходит в небольшой промежуток между уборкой риса до наступления холодов осенью и весной, с середины апреля до затопления рисового поля. В остальное время органическое вещество почвы, главным образом, консервируется. Это значит, что гумус расходуется практически без возобновления до выведения поля в суходольный клин, где недоокисленные или неокисленные

продукты анаэробного распада растительных остатков превращаются в гумус.

Гумус представляет собой совокупность всех органических соединений, находящихся в почве, но не входящих в состав живых организмов или образований. Преобладающая часть азота почвы представлена органическими соединениями. Хотя в составе гумуса азот занимает всего 5-10 %. В гумусных горизонтах почвы в органической форме сосредоточено 93-99 % валового количества этого элемента, из которых 10-15 % приходится на долю легкогидролизуемых форм.

Таким образом, для сохранения и воспроизводства плодородия почв, используемых под рис, необходимо ее пополнение свежим органическим веществом, служащим энергетическим материалом для анаэробной микрофлоры, что возможно только при наличии научно-разработанных севооборотов.

Рациональное чередование культур рисовом севообороте в сочетании с системой интенсивных приемов агротехники, широкой химизации, механизацией и орошением позволяет более эффективно использовать ирригированный фонд, повышать плодородие почвы и урожай риса. Суходольное звено рисового севооборота состоит из двух звеньев - травяного и парового, каждое из которых выполняет свою задачу. Основное назначение травяного звена - обогащение почвы органическим веществом, борьба с сорняками, производство высокобелковых кормов. Паровое звено служит, помимо выращивания культур богарного земледелия, для проведения мелиоративно-ремонтных работ, выращивания парозанимающих культур, а также борьбы

с сорно-полевыми формами риса.

Важнейшим фактором накопления биологического азота в почве служит симбиотическая азотфиксация клубеньковыми бактериями. Симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы представлены клубеньковыми бактериями, входящих в симбиоз с бобовыми растениями, что обуславливает агрономическую эффективность возделывания в рисовом севообороте однолетних и многолетних бобовых культур. Выращивание люцерны обогащает почву свежим органическим веществом. За два года выращивания в почву поступает (с учетом пожнивных остатков) в среднем 12-16 т/га сухого органического вещества в котором в белковой форме содержится от 180 до 250 кг азота [9, 10, 14].

С целью изучения изменения содержания гумуса, легкогидролизуемого азота, а также подвижных форм фосфора и калия в зависимости от степени насыщенности севооборота рисом с 2016 года проводятся исследования на заложенных стационарных участках. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Существенных изменений по содержанию гумуса на стационарных чеках в цикле весна-осень выявлено не было. При наличии клева многолетних трав и соблюдении технологии возделывания риса степень насыщенности севооборота рисом не оказывает существенного влияния на содержание гумуса. Можно отметить изменения в зависимости от предшественника: в рисовом звене содержание гумуса незначительно снижается, в богарном – увеличивается за счет минерализации растительных остатков и пополнения почвы свежим органическим веществом.

Таблица 1. Содержание гумуса, легкогидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия в почве при различной степени насыщения севооборота рисом

Вариант	Год	Срок отбора	Культура	Содержание				
				Гумус, %	N _{гр} , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г	
1	2016	весна	рис	2,64	6,6	6,44	16,99	
		осень		2,75	3,2	3,01	16,83	
	2017	весна	люцерна 1-й год	2,80	7,0	4,30	16,51	
		осень		2,82	7,4	6,29	16,89	
	2018	весна	люцерна 2-й год	2,76	8,3	8,13	17,05	
		осень		2,75	7,1	11,3	17,22	
	2019	весна	рис	2,94	10,8	9,49	17,34	
		осень		2,87	6,4	3,42	17,08	
	2020	весна	рис	2,90	5,8	6,82	17,53	
		осень		2,86	6,6	4,70	16,99	
	2	2016	весна	рис	2,67	4,2	3,97	15,67
			осень		2,71	6,2	2,89	15,89
2017		весна	озимая пшеница	2,88	3,1	3,91	15,86	
		осень		2,80	8,5	5,28	15,56	
2018		весна	рис	2,87	6,0	9,68	15,89	
		осень		2,94	6,3	3,17	15,67	
2019		весна	рис	2,74	5,0	6,70	16,01	
		осень		2,79	6,5	2,19	15,76	
2020		весна	занятой пар	2,82	5,7	7,14	16,25	
		осень		2,84	8,8	8,55	16,01	

Количество легкогидролизуемого азота, являющегося основным источником пополнения запасов минеральных соединений в почве, наоборот, характеризовалось сезонными изменениями. При выращивании риса наблюдалось резкое снижение содержания легкогидролизуемых форм азота за вегетационный период, что связано с его активным потреблением растениями [1, 3].

За межвегетационный период отмечается некоторое увеличение его содержания в почве за счет частичного разложения поукосных остатков. Накопление легкогидролизуемых форм азота в почве отмечено при двухлетнем возделывании многолетних трав. Причем, если в цикле весна-осень отмечаются сезонные изменения его содержания, то в цикле осень-весна происходит увеличение его запасов в почве, что указывает на разложение пожнивных и поукосных остатков люцерны. Таким образом, в травяном звене рисового севооборота происходит активное пополнение почвы легкогидролизуемыми формами азота, что улучшает условия минерального питания выращиваемых сельскохозяйственных культур.

В звене севооборота «рис-пшеница-рис» были отмечены похожие закономерности: резкое сокращение содержания легкогидролизуемых форм в результате возделывания риса по рису (с 6,2 до 3,1 мг/100 г., т.е. в два раза к исходному). В результате посева пшеницы активизировался процесс разложения органических остатков, что способствовало увеличению запасов легкогидролизуемых форм азота. В период активного роста и развития растений пшеницы отмечено снижение запасов легкогидролизуемого азота с последующим частичным его пополнением (с 6,0 до 6,3 мг/100 г.) в межвегетационный период. При возделывании риса после занятого пара вновь происходило сокращение обеспеченности им за вегетационный период (до 5,0 мг/100 г. или на 20,6 %), но темпы его снижения были намного ниже, чем при возделывании риса по рису. За осенне-зимний период произошло частич-

ное разложение растительных остатков, что нашло отражение в увеличении количества легкогидролизуемого азота в почве. Затем, при возделывании риса вновь происходило сокращение обеспеченности им за вегетационный период (до 5,7 мг/100 г.). Таким образом, пополнение почвы легкогидролизуемыми соединениями азота происходит в основном в богарном звене рисового севооборота.

Содержание подвижных форм фосфора в почве определялось сезонной динамикой и потреблением сельскохозяйственными растениями. В богарном звене севооборота наблюдалось увеличение содержания доступных фосфатов в почве. Так, за 2 года выращивания люцерны оно увеличилось с 4,3 до 11,3 мг/100 г., т.е. почти в 3 раза, что связано с активным просушиванием почвы и улучшением условий ее аэрации. Такие же закономерности отмечены и при выращивании других культур богарного земледелия. Напротив, в результате выращивания риса содержание подвижного фосфора снижается [2].

Изменения содержания подвижных форм калия в зависимости от степени насыщенности севооборота рисом выявлено не было, отмечены лишь сезонные его изменения. Следует отметить, что в севообороте с возделыванием люцерны его количество в почве было несколько выше. В целом обеспеченность этим элементом была низкой [5].

Аналогичные результаты получены в условиях производственного опыта. Для проведения исследований был выбран участок рисовой системы, включающий два поля севооборота (N 1 – 11 карт, N 2 – 14 карт), общей площадью 325 га. Чередувание культур рисового севооборота представлено в таблице 2.

Содержание гумуса в среднем по участку 1 было достаточно ровным в пределах массива и составило по годам исследования 3,16-3,19 % (табл. 2). В звене севооборота «рис - занятой пар - рис» оно было несколько ниже (2,95-3,06 %), но также практически не менялось по годам проведения исследований.

Таблица 2. Содержание гумуса, легкогидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия в почве рисового севооборота

Вариант	Год	Культура	Содержание			
			Гумус, %	N _{дг} , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
1	2017	люцерна 1-й год	3,16	6,3	1,79	20,94
	2018	люцерна 2-й год	3,19	6,5	7,86	16,65
	2019	рис	3,17	7,6	11,88	17,66
2	2017	Рис 3-й год	3,06	7,7	2,20	20,20
	2018	Занятой пар	3,00	8,2	4,36	25,06
	2019	рис	2,95	8,5	9,89	23,78

С содержанием гумуса тесно коррелирует обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом, которая в значительной степени определяет азотный режим почвы в течение вегетации. Как было показано выше, накопление легкогидролизуемых

соединений азота происходит в богарном звене севооборота, однако этот эффект проявляется не сразу. После 5-ти лет выращивания риса (вариант 1) его содержание составило 6,3 мг/100 г. После выращивания многолетних трав в течение 2-х лет

оно возросло на 1,3 мг/100 г. (20,6 %), т.е. необходимо время для трансформации растительных остатков. Поскольку основное их количество попадает в почву после заделывания поукосных остатков люцерны, то именно в этот период содержание этих соединений максимально (табл. 1, 2).

В звене севооборота «рис - занятой пар - рис» получена такая же зависимость. При этом накопление легкогидролизуемых соединений азота происходит не так интенсивно, как после двухлетнего возделывания люцерны. В данном случае основной прирост отмечен в первой части звена: интенсивные обработки почвы способствуют ее активному проветриванию, а повышение температуры воздуха – активизации микрофлоры почвы. В то же время после уборки парозанимающих культур в почву попадает меньшее количество послеуборочных остатков по сравнению с заделыванием люцерны, поэтому прирост легкогидролизуемых соединений азота за межвегетационный период не так высок.

Содержание в почве подвижных соединений фосфора полностью соответствует выявленным ранее закономерностям. Оно минимально после возделывания риса, максимальное накопление отмечается после двухлетнего возделывания люцерны, в звене «рис - занятой пар - рис» полностью повторяет выявленную закономерность: минимум после риса, увеличение содержания в период между уборкой риса и посевом парозанимающих культур и максимум перед последующим посевом риса.

Изменения содержания подвижных форм калия в зависимости от предшественника риса выявлено не было, отмечено незначительное варьирование его концентрации в почве, обусловленное потреблением этого элемента культурами севооборота.

Выводы

1. Двухлетнее возделывание многолетних трав способствует активному пополнению почвы легкогидролизуемыми формами азота, что улучшает условия минерального питания выращиваемых сельскохозяйственных культур.

2. При выращивании риса наблюдается резкое снижение содержания легкогидролизуемых форм азота за вегетационный период. Пополнение почвы легкогидролизуемыми соединениями азота происходит в основном в богарном звене рисового севооборота.

3. В богарном звене севооборота происходит увеличение содержания доступных фосфатов в почве. Так, за 2 года выращивания люцерны оно увеличилось почти в 3 раза, что связано с активным просушиванием почвы и улучшением условий ее аэрации. Напротив, в результате выращивания риса содержание подвижного фосфора снижается.

4. Изменения содержания подвижных форм калия выявлено не было, отмечены лишь сезонные его изменения.

5. На основании полученных результатов можно говорить о стабилизации плодородия почвы при возделывании риса в севообороте с клином многолетних трав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, И.Е. Обеспеченность рисовых почв легкогидролизуемым азотом в зависимости от предшественника риса / И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин // Научно-практическая конференция, посвященная году экологии в России «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» - г. Курск, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии», 20 апреля 2018 г. – С. 58-63.
2. Белоусов, И.Е. Обеспеченность рисовых почв подвижным фосфором в зависимости от предшественника риса - / И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин // Рисоводство. - 2019. – № 3 (44). – С. 84-87.
3. Белоусов, И.Е. Азотный режим лугово-черноземной рисовой почвы в паровом звене рисового севооборота / И.Е. Белоусов // Научно-практическая конференция, посвященная году экологии в России «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» г. Курск, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии», 24-25 апреля 2019 г. – С. 52-56.
4. Белоусов, И.Е. Изменение эффективного плодородия рисовых почв и их обеспеченности элементами минерального питания при возделывании риса в севообороте / И.Е. Белоусов // Рисоводство. - 2020. – № 3 (48). – С. 38-44.
5. Белоусов, И.Е. Обеспеченность рисовых почв подвижным калием в зависимости от предшественника риса - / И.Е. Белоусов // XV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» - г. Курск, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 28-29 апреля 2020 г. – С. 237-242.
6. Бочко, Т.Ф. Трансформация гумуса в почвах дельты р. Кубани при возделывании риса - / Т.Ф. Бочко, И.Д. Черниченко, К.М. Авакян // Почвоведение. - 1992. - № 9 – С. 152-158.
7. Кидин, В.В. и др. Практикум по агрохимии. - М., Колос, 2008. - 600 с.
8. Система рисоводства Краснодарского края /под общ. ред. Е.М. Харитоновой – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.
9. Шащенко, В.Ф. Люцерна и промежуточные культуры в рисовых севооборотах / В.Ф. Шащенко, В.Г. Нестеренко. - Краснодар, 1980. – 112 с.

10. Шеуджен, А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
11. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. ч. 2 Методика агрохимических исследований / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ. 2015. – 703 с.
12. Doberman, A. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management / A. Doberman, T.H. Fairhurst - Manila: IRRI, 2000. - 192 p.
13. Maruyama, K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan / K. Maruyama // Tropical agriculture research ser. – 1988. – V. 21. – P. 277
14. Champigny, M.L. Relation entre photosynthesis et nutrition azotes mineral / M.L. Champigny // C.r. Acad. Agr. – 1982. – V. 30. – N 11. – P. 883-891

REFERENCES

1. Belousov, I.E. The provision of rice soils with easily hydrolyzed nitrogen depending on the predecessor of rice / I.E. Belousov, N.M. Kremzin // Scientific and practical conference dedicated to the year of ecology in Russia "Actual problems of soil science, ecology and agriculture" - Kursk, FSBNU All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion," April 20, 2018- 2018.
2. Belousov, I.E. Whitebeards providing rice soils with mobile phosphorus depending on the precursor of rice / I.E. Belousov, N.M. Kremzin // Rice growing. - 2019. – № 3 (44). - P. 84-87.
3. Belousov, I.E. Nitrogen mode of meadow-black-earth rice soil in the steam link of rice crop rotation / I.E. Belousov / Scientific and practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia "Agroecological Problems of Soil Science and Agriculture" Kursk, FSBNU All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion," April 24-25, 2019 - P. 52-56.
4. Belousov, I.E. Soils and their availability of mineral nutrition in the cultivation of rice in crop rotation / I.E. Belousov // Rice growing. - 2020. – № 3 (48). - P. 38-44.
5. Belousov, I.E. Providing rice soils with movable potassium depending on the predecessor of rice / I.E. Belousov // XV International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture" - Kursk, FSBNU "Kursk Federal Agricultural Research Center," April 28-29, 2020 - P. 237-242.
6. Bochko, T.F. Transformation of humus in the soils of the delta of the Kuban river in the cultivation of rice - / T.F. Bochko, I.D. Chernichenko, K.M. Avakyan // Soil Science. - 1992. - № 9 – P. 152-158.
7. Kidin, V.V. et al. Workshop on agro-ichmies. - M., Kolos, 2008. - 600 p.
8. The system of rice production of the Krasnodar region / under the general ed. E.M. Kharitonov - Krasnodar: Rice Research Institute, 2011. - 316 p.
9. Shashchenko, V.F. Lucerne and intermediate crops in rice crop rotations / V.F. Shashchenko, V.G. Nesterenko - Krasnodar, 1980. – 112 p.
10. Sheudjen, A.H. Agrochemition and the physiology of rice nutrition / A.H. Sheudjen. - Maikop: GURIPP "Adygea," 2005. - 1012 p.
11. Sheudjen, A.H. Agrochemition. 2 Method of agrochemical research / A.H. Sheudjen, T.N. Bondareva. - Krasnodar: Kubgau. 2015. - 703 p.
12. Doberman A., Fairhurst T.H. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. Manila: IRRI, 2000. - 192 p.
13. Maruyama, K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan / K. Maruyama // Tropical agriculture research ser. – 1988. – V. 21. – P. 277
14. Champigny, M.L. Relation entre photosynthesis et nutrition azotes mineral / M.L. Champigny // C.r. Acad. Agr. – 1982. – V. 30. – № 11. – P. 883-891.

Игорь Евгеньевич Белоусов

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

Igor Yevgen'evich Belousov

Senior Researcher at the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science
E-mail: igor_bel06@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

FGBNU «FSC Rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-53-60
УДК: 631:816.11

Шеуджен А. Х., академик РАН,
Ковалёв С.С., аспирант,
Бондарева Т.Н., канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ОТЗЫВЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО НА МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ НА ЧЕРНОЗЁМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

Реакция агроценоза ячменя озимого на уровень обеспеченности азотом, фосфором и калием при выращивании на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом на лёссовидных тяжелых суглинках Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края изучалась в 2017-2019 гг. в следующих системах удобрения: $N_0P_0K_0$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. На основании анализа урожайности ячменя озимого, выноса элементов питания с урожаем, их затрат на формирование зерна и использование из вносимых удобрений установлено, что наиболее близка к оптимальной система удобрения включающая применение азотного, фосфорного и калийного удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$. При таких нормах урожайность повышается на 1,66 т/га (38,8 %) по сравнению с выращиванием без удобрений, что на 12,1 % и 4,5 % больше чем при внесении удобрений из расчета $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ соответственно. При изучаемых уровнях минерального питания наблюдается превышение выноса урожая азота (124,9-146,9 кг/га) и калия (91,1-105,0 кг/га) над поступлением их в почву с минеральными удобрениями ($N_{40-120}P_{30-90}K_{20-60}$), что указывает на отрицательный баланс этих элементов в черноземе выщелоченном опытного участка. Вместе с тем при выносе с урожаем 38,53-45,65 кг/га с удобрением вносится 20-60 кг/га фосфора. При нормах $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{80}P_{60}K_{40}$ растениями из удобрений использовалось одинаковое количество фосфора и калия, а различия по азоту составляли всего 4,5 %. При увеличении норм до $N_{120}P_{90}K_{60}$ использование растениями азота, фосфора и калия из удобрений уменьшилось практически в два раза, т. е. удобрения вносятся в количестве превышающем потребность агроценоза ячменя озимого.

Ключевые слова: ячмень озимый, минеральные удобрения, урожайность, содержание в растениях азота, фосфора и калия, вынос элементов питания.

RESPONSIVENESS OF WINTER BARLEY PLANTS TO MINERAL FERTILIZERS IN CONDITIONS OF WESTERN CISCAUCASIA ON LEACHED CHERNOZEM

The reaction of winter barley agrocenosis to the level of nitrogen, phosphorus and potassium supply when grown on leached chernozem, weakly humus, ultra heavy light clay on loess-like heavy loams of the Central agroclimatic zone of Krasnodar region was studied in 2017-2019 in the following fertilization systems: $N_0P_0K_0$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. Based on the analysis of the yield of winter barley, the removal of nutrients with the yield, their costs for grain formation and the use of the applied fertilizers, it was found that the fertilization system that includes the use of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers at the rate of $N_{80}P_{60}K_{40}$ is the closest to the optimal one. At such rates, the yield increases by 1.66 t / ha (38.8%) compared to cultivation without fertilizers, which is 12.1% and 4.5% more than when fertilizing at the rate of $N_{40}P_{30}K_{20}$ and $N_{120}P_{90}K_{60}$ respectively. At the studied levels of mineral nutrition, there is an excess of the nitrogen (124.9-146.9 kg / ha) and potassium (91.1-105.0 kg / ha) yield removal over their input into the soil with mineral fertilizers ($N_{40-120}P_{30-90}K_{20-60}$), which indicates a negative balance of these elements in the leached chernozem of the experimental site. At the same time, with the yield removal of 38.53-45.65 kg / ha, 20-60 kg / ha of phosphorus is applied with fertilizer. At the rates of $N_{40}P_{30}K_{20}$ and $N_{80}P_{60}K_{40}$ plants used the same amount of phosphorus and potassium from fertilizers, and the differences in nitrogen were only 4.5%. With an increase in the norms to $N_{120}P_{90}K_{60}$ the use of nitrogen, phosphorus and potassium from fertilizers by plants decreased almost two times, that is, fertilizers are applied in an amount exceeding the need for winter barley agrocenosis.

Key words: winter barley, mineral fertilizers, yield, nitrogen, phosphorous and potassium content in plants, nutrients removal.

Введение

Ячмень озимый (*Hordeum vulgare* L.) – ценнейшая зерновая культура не только в Российской Федерации, но и в мировом сельском хозяйстве [2, 11]. На Северном Кавказе ячмень озимый высевается

на площади около 450 тыс. га [1, 5, 6].

Эффективное ведение сельского хозяйства обеспечивают современные агротехнологии, одним из главных компонентов которых является система удобрения. Растения ячменя требовательны к пло-

дородию почвы, т. к. их корневая система не обладает высокой способностью извлекать из почвы элементы питания. В связи с этим для получения высокого урожая необходимо уделять повышенное внимание обеспечению агроценоза доступными для растений формами элементов питания в оптимальном количестве и соотношении. Из научной литературы известно, что на формирование 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции этой культуре необходимо 24-30 кг азота, 14-17 – фосфора и 19-26 кг калия. Элементы питания потребляются в процессе онтогенеза неравномерно – наиболее интенсивно в вегетативный период их развития. К фазе колошения растения потребляют до 90 % азота, 75 % – фосфора и практически 100 % калия от максимального их выноса [2, 14 - 16].

Больше всего ячмень в азоте нуждается в межфазный период от начала кущения растений до выхода в трубку. В это время закладываются и развиваются побеги кущения, формируется ассимилирующий аппарат. Недостаток азота нарушает у растений обмен веществ. В нижних листьях преждевременно происходит гидролиз белковых веществ, продукты их распада переносятся в более молодые верхние листья. Нижние листья раньше желтеют и отмирают. Растения, недостаточно обеспеченные азотом, рано переходят в репродуктивный период, приобретают характерную окраску: от светло-зеленой до желтоватой, иногда красновато-желтой. Избыточное его содержание в почве отрицательно сказывается на устойчивости растений к полеганию. При оптимальном обеспечении азотом растения лучше усваивают фосфор, калий и другие биогенные элементы.

Фосфор необходим ячменю в течение всего периода роста и развития растений, т. к. входит в состав органических и минеральных соединений растительной клетки. Оптимальная обеспеченность им молодых растений способствует хорошему развитию корневой системы и заложению крупного колоса; недостаток – задерживает рост и развитие растений. Фосфор повышает устойчивость растений ячменя к болезням и засухе. Внешним признаком фосфорного голодания у молодых растений является красновато-фиолетовая окраска листьев.

Важную роль в жизни растений ячменя, особенно в физико-биохимических процессах, играет калий. Он способствует передвижению продуктов ассимиляции из листьев в стебли, корни и репродуктивные органы. Калий регулирует водный и азотный обмен, повышает устойчивость к засухе, полеганию, болезням, ускоряет созревание зерна. Ячмень потребляет наибольшее количество калия в начальный период развития растений. В процессе онтогенеза растений из старых листьев калий перемещается в более молодые, недостаток его задерживает нормальный процесс образование углеводов и резко снижает урожай. Признаки недостатка калия – отставание растений в росте, бурая окраска краев [7, 8, 9, 12, 13, 14].

Совершенствование системы удобрения непрерывный процесс, обусловленный изменением климата, постоянной сменой ассортимента удобрений и сортов. Это определяет актуальность исследований направленных на оптимизацию минерального питания растений.

Нормы, сроки, формы и способы внесения удобрений на посевах ячменя озимого разрабатывались отечественными [1, 6, 14-16] и зарубежными [4, 9, 19-36] исследователями. Прежде всего, уделялось внимание изучению потребности растений ячменя озимого в элементах питания и динамики их потребления, влиянию на рост и развитие. Проведенные исследования также опираются на эти публикации.

Цель исследований

Изучить влияние различных норм минеральных удобрений на динамику содержания и накопления биогенных элементов в растениях ячменя озимого.

Материалы и методы

Эксперимент проводили в 2016-2019 гг. на стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина, расположенного в учхозе «Кубань». Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лёссовидных тяжелых суглинках со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 3,24-3,52 %, азота – 0,26 %, фосфора – 0,16 %, калия – 1,98 % [10, 18]. Погодные условия в годы проведения исследований были благоприятны для роста и развития растений ячменя озимого.

Изучали реакцию растений ячменя озимого на три уровня минерального питания, которые создавали внесением минеральных удобрений из расчета $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. Контроль – $N_0P_0K_0$ (без удобрений). Использовали аммонийную селитру (34,6 % N), суперфосфат двойной (43 % P_2O_5) и калий хлористый (60 % K_2O). Общая площадь делянок 162 м² (5,4×30 м), учетная – 63 м² (2,1×30 м); расположение вариантов – рендомизированное. Агротехника в опыте – общепринятая для Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края, сорт – Кураж. Урожай убирали в фазе полной спелости зерна путем сплошного обмолота учетной площади делянки с пересчетом на стандартную влажность и 100 % чистоту.

Реакцию растений ячменя озимого на уровень минерального питания оценивали по потреблению ими азота, фосфора и калия, а также выносу этих элементов с урожаем [3, 17]. Растительный материал озоляли по методу Куркаева концентрированной серной кислотой (H_2SO_4) с перекисью водорода с дальнейшим определением содержания азота – по Кьельдалю, фосфора – колориметрическим методом, калия – на пламенном фотометре.

Статистическая оценка результатов выполнена методом дисперсионного анализа [17].

Результаты и обсуждение

Потребность растений в азоте, фосфоре и калии определяется генотипом сорта, а реальное их со-

держание значительно зависит от обеспеченности ими агроценоза и почвенно-климатических условий произрастания. Анализируя динамику содер-

жания в растениях ячменя озимого азота, фосфора и калия установили ее зависимость от уровня минерального питания (табл. 1).

Таблица 1. Динамика содержания азота, фосфора и калия в растениях ячменя озимого при внесении макроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
Азот (N)					
$N_0P_0K_0$	3,36	2,16	1,68	0,72	1,92
$N_{40}P_{30}K_{20}$	4,02	2,28	1,71	0,75	1,99
$N_{80}P_{60}K_{40}$	4,06	2,45	1,76	0,78	2,10
$N_{120}P_{90}K_{60}$	4,10	2,52	1,78	0,79	2,09
Фосфор (P_2O_5)					
$N_0P_0K_0$	0,78	0,62	0,50	0,29	0,50
$N_{40}P_{30}K_{20}$	0,80	0,66	0,54	0,32	0,53
$N_{80}P_{60}K_{40}$	0,82	0,70	0,57	0,34	0,56
$N_{120}P_{90}K_{60}$	0,84	0,72	0,58	0,33	0,57
Калий (K_2O)					
$N_0P_0K_0$	2,42	2,04	1,54	1,48	0,48
$N_{40}P_{30}K_{20}$	2,60	2,06	1,56	1,54	0,51
$N_{80}P_{60}K_{40}$	2,68	2,10	1,65	1,59	0,52
$N_{120}P_{90}K_{60}$	2,70	2,11	1,61	1,60	0,53

Содержание биогенных элементов в растениях ячменя постепенно снижается от фазы кущения до полной спелости зерна. Это обусловлено совместным влиянием обеспеченности растений азотом, интенсивностью его потребления и роста растений. До фазы кущения растения увеличивают свою биомассу медленно, а обеспеченность их элементами минерального питания высокая. Как следствие, в этот период содержание элементов в вегетативных органах наибольшее. Далее, до фазы колошения, интенсивное нарастание биомассы растений ведет постепенному уменьшению в них относительного содержания азота, фосфора и калия. Так, к фазе кущения весной по сравнению с осенью в растениях ячменя озимого уменьшилось в зависимости до уровня минерального питания содержание азота на 1,2-1,74 %, фосфора – 0,12-0,16 %, калия – 0,38-0,58 %, а к фазе колошения еще на 0,48-0,74, 0,12-0,13 %, 0,5 % соответственно. После фазы колошения рост растений ячменя озимого прекращается. Накопленные в вегетативных органах и поступающие из почвы и удобрений элементы минерального питания направляются в зерновки. В листостебельной массе содержание азота сокращается по сравнению с фазой колошения на 0,96-0,99 %, фосфора – 0,21-0,25 %, а калия на 0,02-0,06 %, т. е. остается на прежнем уровне.

Во все фазы роста и развития растений ячменя озимого больше азота, фосфора и калия, как в вегетативных органах, так и зерне, отмечено в вариантах с внесением минеральных удобрений. При

этом с повышением нормы удобрений от $N_{40}P_{30}K_{20}$ к $N_{80}P_{60}K_{40}$ и далее к $N_{120}P_{90}K_{60}$ в растениях увеличивалось их содержание. Следует обратить внимание, что при переходе от норм $N_{80}P_{60}K_{40}$ к $N_{120}P_{90}K_{60}$ содержание элементов питания увеличивается в меньшей мере, чем при переходе от $N_{40}P_{30}K_{20}$ к $N_{80}P_{60}K_{40}$. Это свидетельствует об избыточном внесении удобрений в количестве $N_{120}P_{90}K_{60}$.

В растениях ячменя озимого элементы питания накапливаются от начала вегетации к ее окончанию. Максимальное их количество обнаруживается в фазе полной спелости. При выращивании без удобрений к фазе кущения растения потребляют 37 % азота от общего количества за весь вегетационный период, кущению весной – 56 % а к фазе колошения – 66 %. Улучшение обеспеченности растений азотом наблюдаемое при внесении минеральных удобрений не изменяет характер динамики потребления азота растениями, но отражается на количественных показателях этого процесса. При увеличении нормы удобрения до $N_{80}P_{60}K_{40}$ поглощение растениями азота увеличивается по сравнению с неудобренным вариантом в фазе кущения осенью на 26,1 мг/раст. (87,4 %), кущения весной – 29,1 (64,7 %), колошения – 40,5 (76,4), полной спелости на 66,1 мг/раст. (82,3 %). При повышении нормы вносимых удобрений до $N_{120}P_{90}K_{60}$ значимых отличий от варианта $N_{80}P_{60}K_{40}$ до фазы колошения по потреблению азота не наблюдалось, а в фазе полной спелости зерна уменьшилось на 8,3 %. Это может быть обусловлено отклонением продукционного процесса от оптимальных значений,

например, вследствие избыточного кушения растений и недостатка элементов питания на формирование из них продуктивных побегов (табл. 2). Наиболее энергично накапливали азот растения при внесении удобрений из расчета $N_{40}P_{30}K_{20}$. К фазе колошения в них содержалось 74 % азота от максимального его потребления. Это, если учесть полученный урожай, является следствием недостатка азота для растений ячменя озимого во второй половине онтогенеза. С

незначительно меньшей интенсивностью растения поглощали азот при наибольшей из изучаемых норм внесения удобрений – $N_{120}P_{90}K_{60}$. Больше всего азота в период налива зерновок потребляли растения из агроценоза сформированного при внесении минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$. Вероятнее всего, именно в этом агроценозе растения обеспечены элементами питания в количестве близком к оптимальному.

Таблица 2. Потребление азота, фосфора и калия растениями ячменя озимого при применении макроудобрений, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кушение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
Азот (N)					
$N_0P_0K_0$	29,90	44,93	53,09	21,10	59,14
$N_{40}P_{30}K_{20}$	46,23	69,31	80,71	28,88	80,60
$N_{80}P_{60}K_{40}$	56,03	73,99	93,63	38,14	108,15
$N_{120}P_{90}K_{60}$	56,17	74,24	94,34	35,18	103,25
НСР ₀₅	1,80	3,15	3,98	1,90	5,23
Фосфор (P_2O_5)					
$N_0P_0K_0$	6,94	12,90	15,80	8,50	15,40
$N_{40}P_{30}K_{20}$	9,20	20,06	25,49	12,32	21,46
$N_{80}P_{60}K_{40}$	11,32	21,14	30,32	16,63	28,84
$N_{120}P_{90}K_{60}$	11,51	21,24	30,74	15,48	28,16
НСР ₀₅	0,42	0,90	1,19	0,87	1,38
Калий (K_2O)					
$N_0P_0K_0$	21,54	42,43	48,66	48,11	14,78
$N_{40}P_{30}K_{20}$	29,90	62,62	73,63	67,58	20,66
$N_{80}P_{60}K_{40}$	36,98	63,42	87,78	86,02	26,78
$N_{120}P_{90}K_{60}$	36,99	62,24	85,33	79,93	26,18
НСР ₀₅	1,29	2,97	3,65	4,33	1,32

В растениях из неудобренного агроценоза на всем протяжении вегетационного периода фосфора накапливалось меньше в сравнении с удобренными. Так, в фазе кушения осенью его количество в опытных растениях было больше на 2,26-4,57 мг/раст. (32,6-65,9 %), кушения весной – 7,16-8,34 (55,5-64,7), колошения – 9,69-14,9 мг/раст. (61,3-94,6 %), чем контрольных. В фазе полной спелости 63-65 % накопленного в растениях азота сосредоточивается в зерновках ячменя озимого. На это распределение практически не влияет уровень минерального питания, на котором они произрастают. Фосфор поглощался растениями относительно равномерно на протяжении всего вегетационного периода. К фазе осенью растения накапливали 25-29 % фосфора от общего его потребления, кушению весной – еще 22-32 %, колошению – 12-22, полной спелости – 25-34 %. Следовательно, перед уходом в зиму растения использовали 25-29 %, к фазе кушения весной – 46-59 %, колошения – 66-75 % от всего использованного на формирование урожая фосфора. Полученные результаты по динамике накопления

фосфора в растениях ячменя озимого свидетельствуют о наиболее равномерном поступлении фосфора в растения при их выращивании на фоне внесения минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$, что может указывать на достаточную обеспеченность агроценоза элементами питания.

Поступление калия в растениях зависит, как известно, прежде всего от их обеспеченности доступными для растений формами элемента. Во все фазы вегетации отмечено накопление калия в растениях в большем количестве при увеличении нормы внесения минеральных удобрений до $N_{80}P_{60}K_{40}$ и остается практически таким же, т. е. неизменным при повышении норм удобрений до $N_{120}P_{90}K_{60}$. В растениях с максимальным накоплением калия его количество было на 50-80 % больше, чем в контрольных ($N_0P_0K_0$). Можно предположить, что это тот дефицит доступного растениям ячменя озимого калия присутствующий в черноземе выщелоченном опытного участка. Калий энергично поглощается в начале онтогенеза растений. Уже перед уходом в зиму в растениях сосредоточено 33-35 % от суммарного его количества, потребляе-

мого за весь вегетационный период, в фазе кушения весной – 59-71 %, колошения – 77-83 %. В фазе полной спелости 75-77 % калия сосредоточено в вегетативных органах растений и лишь 23-25 % в зерновках.

Таким образом, анализ накопления в растениях азота, фосфора и калия выявил их дефицит для формирования высокопродуктивного агроценоза ячменя озимого в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Наиболее эффективно используются минеральные удобрения при их внесении в количестве $N_{80}P_{60}K_{40}$. Растения на этом фоне характеризуются как наибольшим содержанием макроэлементов, так и их накоплением. Это указывает на формирование хорошо развитых растений ячменя озимого, которые энергично поглощают и используют элементы минерального питания в метаболизме.

Окончательный вывод об обеспеченности и сбалансированности элементами питания растений можно сделать лишь на основании оценки урожайности, а об эффективности использования удобрений – вноса

элементов урожаем, их затрат на формирование единицы урожая и использования из удобрений. На протяжении всего периода изучения внесение минеральных удобрений даже самой низкой нормой ($N_{40}P_{30}K_{20}$) оборачивалось увеличением урожайности зерна ячменя озимого на 0,53-1,48 т/га, в среднем на 0,94 т/га или 22,0 % (рис. 1). При увеличении норм удобрений в два раза ($N_{80}P_{60}K_{40}$) урожайность по сравнению с контролем возрастала на 1,08-2,23 т/га, в среднем на 1,66 т/га или 38,8 %. При дальнейшем их увеличении ($N_{120}P_{90}K_{60}$) рост урожайности не только прекратился, но и формировался меньший, чем при внесении удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$. На этом основании, а также данных по содержанию и накоплению азота, фосфора и калия в растениях приходим к заключению, что оптимальный уровень минерального питания для агроценоза ячменя озимого формируемого на черноземе выщелоченном центральной агроклиматической зоны Краснодарского края создается при внесении удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$.

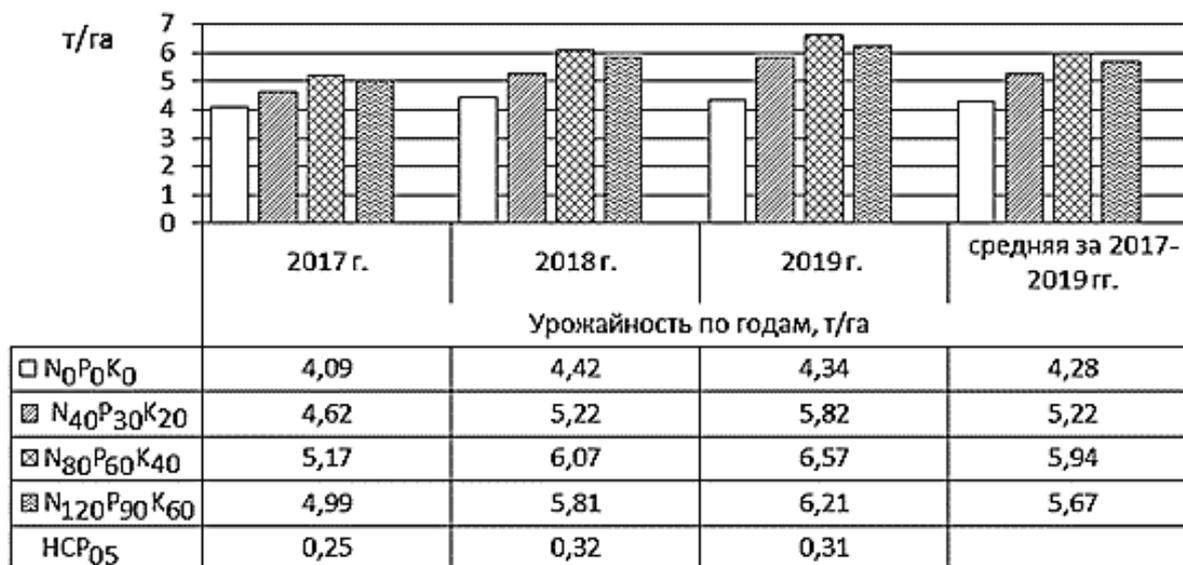


Рисунок 1. Урожайность ячменя озимого при внесении макроудобрений, т/га

Вынос азота, фосфора и калия растениями определяется их содержанием и величиной урожая. Наибольший их вынос отмечен при внесении удобрений в количестве $N_{80}P_{60}K_{40}$. На этом варианте вынос увеличился по сравнению с естественным фоном азота на 51,4 %, фосфора – 58,1, калия – 49,4 % (рис. 2). При нормах $N_{120}P_{90}K_{60}$ вынос этих элементов несколько снижился, что обусловлено главным образом уменьшением урожайности. Превышение выноса урожаем азота и калия над поступлением их в почву с минеральными удобрениями указывает на отрицательный баланс этих элементов в черноземе выщелоченном. Вместе с тем фосфор при выносе с урожаем 43,5-52,5 кг/га с минеральным удобрением вносится 30-90 кг/га.

Затраты элементов на формирование урожая ячменя озимого практически не зависели от обеспеченности ими растений. Это свидетельствует

об оптимальном их соотношении. При изучаемых уровнях минерального питания на формирование 1 т зерна ячменя использовалось 26,1-28,4 кг азота, 7,8-8,8 кг фосфора и 18,9-20,5 кг калия.

Кэффициент использования растениями элементов питания из удобрений определяется биологическими особенностями сорта, метеоусловий, нормами внесения удобрений, содержанием в почве, обменными и микробиологическими процессами в почве [6]. При повышении норм внесения удобрений коэффициент использования элементов питания из них снижается. При нормах $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{80}P_{60}K_{40}$ растениями из удобрений использовалось практически одинаковое количество азота и фосфора, различия по калию составляли 11,7 %. При увеличении норм удобрений до $N_{120}P_{90}K_{60}$ коэффициент использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений уменьшился практически в два раза.

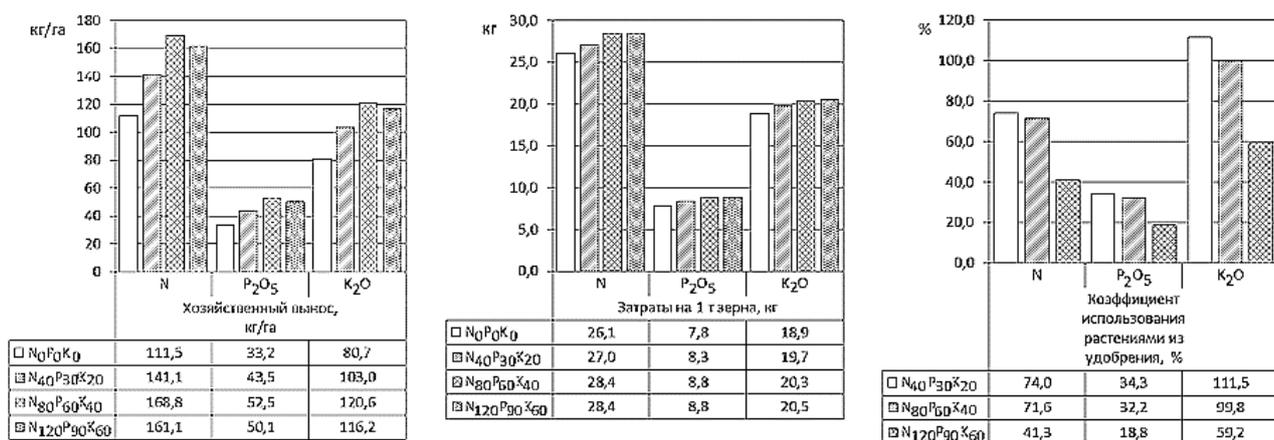


Рисунок 2. Вынос биогенных элементов урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование урожая и использование из удобрений

Выводы

1. Наиболее близка к оптимальной система удобрения ячменя озимого включающая N₈₀P₆₀K₄₀. При таких нормах урожайность повышается на 1,66 т/га (38,8 %) по сравнению с выращиванием без удобрений, что на 12,1 % и 4,5 % больше чем при внесении удобрений из расчета N₄₀P₃₀K₂₀ и N₁₂₀P₉₀K₆₀ соответственно.

2. При изученных нормах внесения удобрений наблюдается превышение выноса урожаем азота (141,1-168,8 кг/га) и калия (103,0-120,6 кг/га) над поступлением их в почву с минеральными удобрениями (N₄₀₋₁₂₀P₃₀₋₉₀K₂₀₋₆₀), что указывает на отрицательный баланс этих элементов в черноземе выщелоченном опытного участка. Вместе с тем фосфора

при выносе с урожаем 43,5-52,5 кг/га с минеральным удобрением вносится 30-90 кг/га, т. е. при норме P₆₀ компенсируется вынос элемента из почвы.

3. При нормах N₄₀P₃₀K₂₀ и N₈₀P₆₀K₄₀ растениями из удобрений использовалось практически одинаковое количество азота и фосфора, различия по калию составляли 11,7 %. При увеличении норм удобрений до N₁₂₀P₉₀K₆₀ коэффициент использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений уменьшился практически в два раза, т. е. удобрения вносятся в количестве, превышающем потребность агроценоза ячменя озимого при выращивании в Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края на черноземе выщелоченном.

ЛИТЕРАТУРА

- Агеев, В.В. Системы удобрений в севооборотах Юга России [Текст] / В.В. Агеев, А.И. Подколзин. – Ставрополь: СтГСХА, 2001. – 352 с.
- Борисоник, З.Б. Ячмень яровой [Текст] / З.Б. Борисоник. – М.: Колос, 1974. – 255 с.
- Дзюин, Г.П. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота / Г.П. Дзюин, А.Г. Дзюин // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5. – С. 83-90.
- Дэвид, А. Культура ячменя в Соединенных Штатах Америки / А. Дэвид, Р.Г. Шандс, К.А. Сансон // Ячмень. Перевод с англ. Ю.С. Демина. – М.: Колос, 1973. – С. 61-73.
- Жиленко, С.В. Плодородие и продуктивность черноземов Кубани [Текст] / С.В. Жиленко. – М.: МГУ, 2011. – 288 с.
- Жиленко, С.В. Агроэкологические основы формирования продуктивности зерновых культур в условиях Краснодарского края / С.В. Жиленко // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволжского региона. – сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Казанский филиал МИИТ, 2015. – С. 85-90.
- Квасов, Н.А. Регуляторы роста и продуктивности озимых зерновых культур на Ставрополье [Текст] / Н.А. Квасов. – Ставрополь: «АГРУС», 2010. – 184 с.
- Лыков, С.В. Адаптация элементов технологии при возделывании озимого ячменя в присивашном Крыму / С.В. Лыков, А.В. Рогозенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет» Серия: Технические науки, 2014. – № 163. – С. 170-176.
- Райнер, Л. Озимый ячмень [Текст] / Л. Райнер, И. Штайнбергер, У. Дееке. Перевод с немецкого В.И. Пономаревой. – М.: Колос, 1980. – 214 с.
- Слюсарев, В.Н. Динамика физико-химических свойств чернозема выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга / В.Н. Слюсарев, В.И. Терпелец, М.И. Мышко // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. – Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2008. – Вып. № 431 (459). – 352 с.
- Трофимовская, А.Я. Ячмень [Текст] / А.Я. Трофимовская. – Л.: Колос, 1972. – 216 с.
- Тютюма, Н.В. Зерновые культуры Нижнего Поволжья [Текст] / Н.В. Тютюма, В.П. Зволинский, А.Ф. Туманян. – Астрахань: ПАФНЦ РАН, 2019. – 292 с.
- Федотов, В.А. Пивоваренный ячмень России [Текст] / В.А. Федотов, С.В. Гончаров, А.Н. Рубцов. – М.:

«Агролига России», 2006. – 272 с.

14. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Ячмень [Текст] / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ООО «АЯКС», 2010. – 20 с.
15. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур [Текст] / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 231 с.
16. Шеуджен, А.Х. Агротехнические основы применения удобрений [Текст] / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2013. – 571 с.
17. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований статистическая оценка их результатов: учеб. пособ. 2-е изд. перераб. и доп. [Текст] / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.
18. Шеуджен, А.Х. Влияние микроудобрений на продуктивность агроценоза ячменя озимого при его размещении на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. С. Ковалев, М. А. Осипов // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 310-летию Йогану Готтшальку Валлериусу и 90-летию академика Ефимова Виктора Никифоровича, Краснодар, 05–06 сентября 2019 года / Ответственный за выпуск А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 156-165.
19. BVVA, Bay. Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft, Weihenstephan Die Düngung von Acker und Grünland nach Bodenuntersuchungsergebnissen 1975. – P. 86-94.
20. Fischer, V. Magnesiumversorgung kontrollieren / V. Fischer // Landw. Zeitschr Rheinland, Bonn, 1975. – 34. – P. 1646.
21. Fetzer, J. Pflanzenbauversuche / J. Fetzer // Aml Für Land wirtschaft und Bodenkultur, Ingolstadt. – 1972-1975.
22. Hoffmann, H. Gulle – ein vorzüglicher Dünger im Ackerbau / H. Hoffmann // Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, Oldenburg, 1975. – 37. – P. 9-12.
23. Jahn Deesbach. Wochenblatt f / Jahn Deesbach, W. Landw // Westfalen, 1966. – Nr. 40. P. 11-12.
24. Klaser, M. Den Wintergerstenertrag sichern / M. Klaser // Landw. Zeitschrift Rheinland, Bonn, 35/1975. – 1975. – P. 1686-1687.
25. Klaser, M. Berichte über die Ergebnisse der Landessortenversuche mit Wintergerste. 1972–1975.
26. Kurten, P.W. Getreide, Mehl und Brot / P.W. Kurten. – 1973. – 27. – P. 176-183.
27. Kurten, P.W. Mehrjährige Versuchserfahrungen mit Ammonitrat–Harnstoff-Lösung (RUSTICA Liquamon 28) im Getreidebau / P.W. Kurten. – Landw For-schung, 1973, 30/II, Sonderheft 25-28.
28. Kurten, P.W. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes / P.W. Kurten, A. Kemper. – 1974. – 26. – 39-42.
29. Kurten, P.W. Württembergisches Wochenblatt für Landwirtschaft / P.W. Kurten. – 1974. –Nr. 9, 2.3.
30. Kurten, P.W. Probleme der optimalen Stickstoffdüngung zu Getreide – aus der Sicht der Industrierversuche / P.W. Kurten. – Vortrag DLG – Fachbereich Pflanzliche Produktion am 15.1 1975 in Wiesbaden.
31. Kurten, P.W. Strohdüngung zur Wintergerste / P.W. Kurten. – Landw. Forschung Hanninghof. Dulmen / Westfalen.
32. Kurten, P.W. Wirkung gesteigerter N-Gaben zum Ahrenschieben auf korn- und Proteinertrag von Wintergerste bei verschiedenen Bodenarten / P.W. Kurten. – Landw. Forschung. Hanninghof. Dulmen Westfalen. 1976a.
33. Kunze, A. Einfluß der Lagerungsdichte des Bodens auf Keimung und Entwicklung der Sommergerste / A. Kunze, M. Kaiser, A. Stranak. – Al-brechl ThAer-Archiv, Berlin, 1966. 10, 936 f.
34. Spielhaus, G. Über die Beziehungen zwischen Bodenreaktion und den Erträgen einiger Kulturpflanzen auf Braunerden und Marschen / G. Spielhaus. – Schleswig-Holsteins, Diss. 1964.
35. Vetter, Klasink. Faustzahlen für die Landwirtschaft / Klasink Vetter. 1974. – 195 p.
36. Volkemer, H., Hubner G. Ergebnisse von 3-jährigen Feldversuchen in Rheinland-Pfaiz 1970-1972 / H. Volkemer, G. Hubner. – Minist. F. Landw. Weinbau und Umweltschutz. 1975. 114 ff.

REFERENCES

1. Ageev, V.V. Fertilizer systems in crop rotations in the South of Russia [Text] / V.V. Ageev, A.I. Podkolzin. – Stavropol: StGSKhA, 2001. – 352 p.
2. Borisonik, Z.B. Spring barley [Text] / Z.B. Borisonic. – M.: Kolos, 1974. – 255 p.
3. Dzyuin, G.P. Coefficients of the use of nitrogen, phosphorus and potassium from mineral fertilizers, manure and soil by crops in crop rotation / G.P. Dzyuin, A.G. Dzyuin // International Journal of Experimental Education, 2016. – No. 5. – P. 83-90.
4. David, A. Barley crop in the United States of America / A. David, R.G. Shands, K.A. Sanson // Barley. Translation from English by Yu.S. Demin – M.: Kolos, 1973. – P. 61-73
5. Zhilenko, S.V. Fertility and productivity of chernozems of the Kuban [Text] / S.V. Zhilenko. – M.: Moscow State University, 2011. – 288 p.
6. Zhilenko, S.V. Agroecological foundations of the formation of grain crops productivity in the conditions of Krasnodar region / S.V. Zhilenko // Actual problems of social, economic and environmental safety of the Volga region. – Collection of materials of the VII international scientific-practical conference, Kazan branch of MIIT, 2015. – P. 85-90.
7. Kvasov, N.A. Growth and productivity regulators of winter grain crops in the Stavropol region [Text] / N.A. Kvasov. – Stavropol: “AGRUS”, 2010. – P. 184.
8. Lykov, S.V. Adaptation of technology elements in the cultivation of winter barley in the adjacent Crimea / S.V. Lykov, A.V. Rogozenko // Scientific works of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine “Crimean Agrotechnological University” Series: Technical Sciences, 2014. – No. 163. – P. 170-176.
9. Rainer, L. Winter barley [Text] / L. Rainer, I. Steinberger, U. Deeke // Translated from German by V.I. Ponomareva. – M.: Kolos, 1980. – 214 p.
10. Slyusarev, V.N. Dynamics of physical and chemical properties of leached chernozem in the system of agroecological monitoring / V.N. Slyusarev, V.I. Terpelets, M.I. Myshko // Agroecological monitoring in agriculture of

Krasnodar region. – Proceedings of KubSAU. – Krasnodar, 2008. – Issue. No. 431 (459). – 352 p.

11. Trofimovskaya, A. Ya. Barley [Text] / A.Ya. Trofimovskaya. – L.: Kolos, 1972. – 216 p.
12. Tyutyuma, N.V. Grain crops of the Lower Volga region [Text] / N.V. Tyutyuma, V.P. Zvolinsky, A.F. Tumanyan. – Astrakhan: PAFNTs RAS, 2019. – 292 p.
13. Fedotov, V.A. Russian brewing barley [Text] / V.A. Fedotov, S.V. Goncharov, A.N. Rubtsov. – M.: «Agroliga of Russia», 2006. – 272 p.
14. Sheudzhen, A.Kh. Nutrition and fertilization of grain crops. Barley [Text] / A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: LLC «AYAKS», 2010. – 20 p.
15. Sheudzhen, A.Kh. Nutrition and fertilization of grain, cereal and leguminous crops [Text] / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva, L.M. Onishchenko. – Krasnodar: KubSAU, 2012. – 231 p.
16. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemical basis for the application of fertilizers [Text] / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – Maikop: JSC Polygraph-YUG, 2013. – 571 p.
17. Sheudzhen, A.Kh. Methodology of agrochemical studies, statistical evaluation of their results: textbook. 2nd edition revised and enlarged [Text] / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva. – Maikop: JSC Polygraph-YUG, 2015. – 664 p.
18. Sheudzhen, A.Kh. Influence of microfertilizers on the productivity of agrocenosis of winter barley when it is placed on leached chernozem of the Western Ciscaucasia / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva, S.S. Kovalev, M.A. Osipov // Enthusiasts of agricultural science : A collection of articles based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical conference dedicated to the 310th anniversary of Johan Gottschalk Vallerius and the 90th anniversary of Academician Viktor Nikiforovich Efimov, Krasnodar, 05-06 September 2019 / Responsible for the release of A.H. Sheudzhen. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2019. – P. 156-165.
19. BHVA, Bay. Hauptversuchsanstalt fur Landwirtschaft, Weihenstephaa Die Dungung von Acker und Grunland nach Bodenuntersuchungsergebnissea 1975. – P. 86-94.
20. Fischer, V. Magnesium versorgung kontrollieren / V. Fischer // Landw. Zeitsehr Rheinland, Bonn, 1975. – 34. – P. 1646.
21. Fetzer, J. Pflanzenbauversuche / J. Fetzer // Aml Fur Land wirtschaft und Bodenkultur, Ingolstadt. – 1972-1975.
22. Hoffmann, H. Gulle – ein vorzuglicher Dunger im Ackerbau / H. Hoffmann // Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, Oldenburg, 1975. – 37. – P. 9-12.
23. Jahn Deesbach. Wochenblatt f / Jahn Deesbach, W. Landw // Westfalen, 1966. – Nr. 40. P. 11-12.
24. Klaser, M. Den Wintergerstenertrag sichern / M. Klaser // Landw. Zeitschrift Rheinland, Bonn, 35/1975. – 1975. – P. 1686-1687.
25. Klaser, M. Berichte uber die Ergebnisse der Landessortenversuche mit Wintergerste. 1972-1975.
26. Kurten, P.W. Getreide, Mehl und Brot / P.W. Kurten. – 1973. – 27. – P. 176-183.
27. Kurten, P.W. Mehrjahrige Versuchserfahrungen mit Ammonitrat-Harnstoff-Losung (RUSTICA Liquamon 28) im Getreidebau / P.W. Kurten. – Landw For-schung, 1973, 30/II, Sonderheft 25-28.
28. Kurten, P.W. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes / P.W. Kurten, A. Kemper. – 1974. – 26. – 39-42.
29. Kurten, P.W. Wurttembergisches Wochenblatt fur Landwirtschaft / P.W. Kurten. – 1974. –Nr. 9, 2.3.
30. Kurten, P.W. Probleme der optimalen Stickstoffdungung zu Getreide – aus der Sicht der Industrieversuche / P.W. Kurten. – Vortrag DLG – Fachbereich Pflanzliche Produktion am 15.1 1975 in Wiesbaden.
31. Kurten, P.W. Strohdungung zur Wintergerste / P.W. Kurten. – Landw. Forschung Hanninghof. Dulmen / Westfalen.
32. Kurten, P.W. Wirkung gesteigerter N-Gaben zum Ahrenschieben auf korn- und Proteinertrag von Wintergerste bei verschiedenen Bodenarten / P.W. Kurten. – Landw. Forschung. Hanninghof. Dulmen Westfalen. 1976a.
33. Kunze, A. Einflub der Lagerungsdichte des Bodens auf Keimung und Entwicklung der Sommergerste / A. Kunze, M. Kaiser, A. Stranak. – Al-brechl THaer-Archiv, Berlin, 1966. 10, 936 f.
34. Spielhaus, G. Uber die Beziehungen zwischen Bodenreaktion und den Ertragen einiger Kulturpflanzen auf Braunerden und Marschen / G. Spielhaus. – Schleswig-Holsteins, Diss. 1964.
35. Vetter, Klasink. Faustzahlen fur die Landwirtschaft / Klasink Vetter. 1974. – 195 p.
36. Volkemer, H., Hubner G. Ergebnisse von 3-jahrigen Feldversuchen in Rheinland-Pfaiz 1970-1972 / H. Volkemer, G. Hubner. – Minist. F. Landw. Weinbau und Umweltschutz. 1975.114 ff.

Асхад Хазретович Шеуджен

Заведующий кафедрой агрохимии
E-mail: a_kh_sheudjen@mail.ru

Askhad Khazretovich Sheudzen

Head of agrochemistry department
E-mail: a_kh_sheudjen@mail.ru

Сергей Сергеевич Ковалёв

Аспирант
E-mail: serj.kovalev.93@mail.ru

Sergey Sergeevich Kovalev

Post-graduate student
E-mail: serj.kovalev.93@mail.ru

Татьяна Николаевна Бондарева

Доцент кафедры агрохимии
E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

Tatyana Nikolaevna Bondareva

Associate professor of agrochemistry department
E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-52-3-61-66
 УДК: 632.51:582.657.2]:633.18

Зеленская О. В., канд. биол. наук,
Москвитин С. А., канд. биол. наук,
Швыдкая Н. В., канд. биол. наук
 г. Краснодар, Россия

СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА *POLYGONACEAE* JUSS. НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Фитосанитарный мониторинг полей севооборота на рисовых системах Краснодарского края позволяет своевременно выделить группы сорных растений, имеющих тенденцию к увеличению численности и распространению. В настоящее время к таким растениям относятся представители семейства *Polygonaceae*. Исследования ученых разных стран мира выявляют зависимость распространения на рисовых полях отдельных видов гречишных от технологии возделывания культуры. В статье представлены результаты изучения биологических и экологических особенностей сорных растений данного семейства, их приуроченность к различным элементам рисовой системы, отмечено их хозяйственное значение. Установлено, что определяющими факторами для распространения изучаемых сорных растений на посевах риса и других культур севооборота являются высота слоя воды в чеках и плотность стеблестоя риса. На изреженных посевах эти сорняки способны занимать до 20 % площади чека. Обсуждается потенциальная вредоносность видов рода *Persicaria*, их конкурентоспособность по отношению к культуре риса. Отмечена индикаторная значимость растений данного рода по определению уровня воды в чеках и каналах рисовых систем.

Ключевые слова: сорные растения, *Polygonaceae*, *Persicaria*, фитосанитарный мониторинг, экологическая группа, рисовые системы

WEEDY PLANTS OF *POLYGONACEAE* JUSS. FAMILY ON RICE IRRIGATION SYSTEMS OF KRASNODAR REGION

Phytosanitary monitoring of crop rotation fields in the rice systems of Krasnodar region allows timely identification of groups of weeds that tend to increase in numbers and distribution. Currently, such plants include representatives of the *Polygonaceae* family. Scientists from different countries of the world reveal the dependence of the distribution of certain types of buckwheat in rice fields on the technology of cultivation. The article presents the results of studying the biological and ecological characteristics of weeds of this family, their association with various elements of the rice system, their economic importance is noted. It was found that the determining factors for the spread of the studied weeds on rice and other crops of crop rotation are the height of the water layer in the checks and rice planting density. On sparse crops, these weeds can occupy up to 20% of the check area. The potential harmfulness of *Persicaria* species and their competitiveness in relation to rice cultivation are discussed. The indicator significance of plants of this genus is noted for determining the water level in checks and canals of rice irrigation systems.

Keywords: weeds, *Polygonaceae*, *Persicaria*, phytosanitary monitoring, ecological group, rice systems

Введение

Семейство *Polygonaceae* (Гречишные) содержит около 30 родов и 800 видов растений, широко распространенных по всем континентам. По жизненным формам в основном это однолетние и многолетние травы. Некоторые из них считают сеgetальными, поскольку они засоряют посеvy культурных растений в разных странах мира. На рисовых полях при использовании различных технологий выращивания риса на урожайность культуры влияют отдельные виды этого семейства, относящиеся к родам *Persicaria* и *Rumex*.

В тропической зоне при использовании рассадной культуры риса, в азиатских странах, горец земноводный является одним из основных засорителей посевов. Семена растений этого вида способны сохраняться в почве до 10 лет [17]. В Индии Р. М. Pragada и V. Malliboyana (2010) при проведении фи-

тоценотических исследований сорных растений рисовых полей по системе Браун-Бланке описывают 4 вида горцев, в том числе горцы земноводный, пятнистый и перечный. Наиболее вредоносным из них с индексом 2,35 был указан горец перечный. При этом отмечается общая тенденция к его распространению на полях [15]. Этот же вид засорял посеvy риса в Бангладеш, Индонезии, Малайзии и Непале [13]. В Китае помимо рассадной культуры приняты технологии прямого высева семян, как в сухую почву, так и по воде. При применении данной технологии горец перечный на рисовых полях встречается редко [10]. В Непале, где 70 % риса растет за счет дождевых осадков, А. Nowak и сотр. (2016) в составе сеgetальной флоры отметили еще одного представителя семейства Гречишные *Polygonum barbatum* L., причем по шкале Браун-Бланке проективное покрытие вида

велико и составляет 5-25 % [14]. На полях в Бангладеш, где в севообороте с пшеницей в зимний период времени, с ноября по май, выращивают так называемый «зимний рис» (*winter rice*), этот вид является одним из пяти доминирующих сорных видов [12]. Во Вьетнаме, Бангладеш, Индии и некоторых других азиатских странах на рисовых полях обычен, но незначительно вредоносен, горец пятнистый [13].

В странах умеренного климата сорные растения семейства Гречишные, как правило, не влияют на урожайность культуры риса и занимают местообитания по краям чеков, в дренажах и каналах, где препятствуют свободному движению воды. Так, на рисовых полях Италии зафиксировано 6 видов горцев, два из них многолетние растения, остальные – однолетние [16]. При фитосанитарном обследовании рисовых полей северного Ирана М. J. Golmohammadi и сопр. (2018) зафиксировано 4 вида этого семейства с низкой плотностью популяций (от 0,019 до 0,225 раст./м²): щавель конский и горцы пятнистый, перечный и перечновидный (*Persicaria hydropiperoides* (Michx.) Small) [11]. Последний из упомянутых видов также характерен для рисовых полей на юге Бразилии [9].

Горец птичий в сообществе с амброзией полыннолистной отмечался как доминирующий вид на залежах в Темрюкском и Славянском районах на участках рисового севооборота, где культурные растения не высевали в течение двух лет [4]. При рекультивации залежных мелиорированных земель (рисовых чеков) под пруды и возделывании впоследствии на ложе прудов бахчевых культур в Камызякском районе Астраханской области горцы земноводный и птичий, а также щавель конский отмечены как основные сорняки в сообществе с канатником Теофраста, тростником южным, марью

белой и клубнекамышом морским [8]. В целом хозяйственное значение растений семейства Гречишные на рисовых системах изучено недостаточно.

Цель исследований

Изучить биологические и экологические особенности сорных растений семейства *Polygonaceae*, их конкурентоспособность и тенденции к распространению на рисовых системах Краснодарского края.

Материалы и методы

Обследование полей проводили маршрутным методом в рисовой зоне Краснодарского края. Для количественного учета засорения посевов риса в течение вегетации риса на каждом поле по ходу маршрута обследовали по 10 площадок площадью 5 м². Для изучения приуроченности сорных растений к определенной части поля проводили стратификационную выборку, разделяющую среду обитания растений на части, имеющие разные экологические характеристики, а именно: по краям чеков вдоль дренажей на полосе шириной 5 м и по центру поля. Для определения и ботанического описания видов использовали «Определитель высших растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья» И. С. Косенко (1970) [5]. Жизненные формы растений указаны по К. Раункиеру. Ареалы и происхождение видов описаны с использованием монографии В. В. Протопоповой (1991) [7].

Результаты и обсуждение

При проведении маршрутных исследований на рисовых системах в Краснодарском крае отмечено 8 видов семейства *Polygonaceae*. Шесть из них относится к подсемейству гречишные и представлены тремя родами (*Fallopia*, *Persicaria*, *Polygonum*). Два вида принадлежат роду *Rumex* подсемейства щавелевые. Общие характеристики видов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики видов семейства *Polygonaceae*, встречающихся на рисовых системах

Вид	Происхождение, местообитание	Ареал	Хозяйственное значение
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love Гречишка вьюнковая	Археофит, эпифит, Азия	Голарктический	Пищевое, сорное
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S. F. Gray Горец земноводный	Гемиапофит	Голарктический	Техническое, лекарственное, кормовое, сорное
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach Горец перечный	Эвапофит, прибрежный	Голарктический	Пищевое, лекарственное, ядовитое, сорное
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) S. F. Gray Горец развесистый (син. горец щавелелистный)	Гемиапофит, прибрежный	Евразийский	Пищевое, сорное
<i>Persicaria maculosa</i> S. F. Gray Горец пятнистый (син. горец почечуйный)	Эвапофит, прибрежный	Голарктический	Кормовое, лекарственное, техническое, ядовитое, сорное
<i>Polygonum aviculare</i> L. Горец птичий, спорыш	Эвапофит, выгонов	Космополит	Кормовое, лекарственное, сорное
<i>Rumex confertus</i> Willd. Щавель конский	Гемиапофит, луговой	Европейско-средиземноморский	Пищевое, техническое, сорное
<i>Rumex crispus</i> L. Щавель курчавый	Эвапофит, луговой	Голарктический	Кормовое, лекарственное, сорное

Согласно данным, представленным в таблице 1, подавляющее большинство видов являются представителями местной флоры (апофиты), исключение составляет только вид азиатского происхождения гречишка вьюнковая. Все представленные виды являются не только сорными растениями, но и имеют хозяйственное значение как кормовые, пищевые, технические, лекарственные и медоносы [2, 3].

Представители всех изученных родов семейства

Гречишные имеют различные экологические требования и приурочены к разным элементам рисовой системы (табл. 2). Так, гречишка вьюнковая и спорыш встречаются вдоль дорог на валах рисовой системы, так же как и представители рода *Rumex*. Горец земноводный приурочен к оросительной системе, но наземная форма может заходить в посевы риса, реже отмечается на валах. Остальные виды горцев засоряют поля севооборота, в том числе и посевы риса.

Таблица 2. Экологические особенности растений семейства *Polygonaceae* на рисовых системах

Вид	Жизненная форма	Экологическая группа	Способ распространения семян
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love	Однолетник, терофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит	Барохор Антропохор
<i>Persicaria amphibian</i> (L.) S. F. Gray	Многолетник, гемикриптофит	Гигрогидрофит Эвтроф Гелиофит	Гидрохор Эндозоохор
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	Однолетник, терофит	Гигрофит Эвтроф Гелиофит	Гидрохор Эндозоохор
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) S. F. Gray	Однолетник, терофит	Гигромезофит Мезотроф Сциогелиофит	Анемохор Гидрохор Антропохор
<i>Persicaria maculosa</i> S. F. Gray	Однолетник, терофит	Гигрофит Эвтроф Сциогелиофит	Эндозоохор Антропохор
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Однолетник, терофит	Ксеромезофит Эвтроф Гелиофит	Зоохор Анемохор Антропохор
<i>Rumex confertus</i> Willd.	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Эвтроф Гелиофит	Эндозоохор Анемохор
<i>Rumex crispus</i> L.	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Эвтроф, нитрофил Гелиофит	Эндозоохор Анемохор

Изучение жизненных форм растений показывает, что все они являются стержнекорневыми травами, 63 % которых монокарпические (однолетники), остальные – поликарпические (многолетние). По системе К. Раункиера два вида многолетних растений относятся к криптофитам, один – гемикриптофит; остальные – терофиты, переживающие неблагоприятный период в стадии семян.

По способу опыления щавели являются анемофилами, горцы – энтомофильные растения. Способы распространения семян гречишных различны: они разносятся водой и ветром, птицами. Антропохория отмечается в виде эргазиохории (непреднамеренный разнос семян сельскохозяйственными машинами) и спейрохории (непреднамеренный разнос семян с посевным материалом культурных растений).

Анализ экологических требований растений выявил преобладание видов, не выносящих затенения и предпочитающих богатые минеральными соединениями почвы (75 %). Экологические груп-

пы растений по отношению к влаге соответствуют предпочитаемым местам обитания: ксеромезофиты и мезофиты встречаются на валах, гигрофиты, будучи влаголюбивыми растениями, приурочены к берегам каналов, откосам и краям чеков, водная форма горца земноводного является гидрофитом и обитает в каналах и дренажах.

Представители рода *Persicaria* засоряют оросительную систему и посевы риса. Они являются фитоиндикаторами водного режима в чеках. Там, где слой воды в процессе вегетации риса не более 15-20 см, произрастают горцы пятнистый и развесистый; от 15-20 до 30 см – горец перечный, где выше 40 см (в дренажах по краю чека) – горец земноводный [1].

Persicaria maculosa S. F. Gray (горец пятнистый) занимает значительные площади на полях севооборота как пожнивный сорняк, отмечен на молодых залежах, в низинах. Выдерживает затопление до 20 см, что позволяет ему занимать местообитания на рисовых чеках, так же как и *Persicaria*

lapathifolia (L.) S. F. Gray (горцу развесистому). При этом оба эти вида относительно теневыносливы и, соответственно, могут расти в условиях затенения в посевах риса. Но при плотном стеблестое культуры не конкурентоспособны.

Растения горца пятнистого имеют восходящий или прямостоячий ветвистый стебель высотой 20–80 см, реже до 120 см. Листья очередные, ланцетные, с темными пятнами. Цветки на концах стебля и ветвей в густых, сравнительно толстых (5–8 мм), прямых и коротких (2–3 см) кистях. Околоцветник розовый, реже беловатый, у основания зеленый. Созревает горец одновременно с рисом и семена осыпаются, засоряя почву. Плодовитость одного растения составляет около 2500 семян, но свежесозревшие семена имеют низкую всхожесть.

По сообщению П. И. Костылева и К. С. Артохина (2010), горец пятнистый может формировать чистые заросли или сообщества с другими влаголюбивыми растениями. В настоящее время вид стал активно распространяться на рисовых чеках в Ростовской области. Особенно много его на посевах многолетних трав в севообороте рисовых систем, хотя встречается и в посевах риса на залитой водой почве [6]. Микроэволюционные процессы обуславливают появление более приспособленных к условиям рисовых полей форм горца пятнистого, что может привести к быстрому распространению сорняка. Эти наблюдения совпадают с нашими данными по фитосанитарной оценке состояния рисовых полей в Краснодарском крае. Отмечено увеличение численности горца пятнистого по краям чеков до 3–5 шт./м² и значительное его распространение на паровых полях.

Persicaria amphibia (L.) S. F. Gray (горец земноводный) в Краснодарском крае на рисовых системах встречается повсеместно в двух формах. У водной формы стебель до 150 см длиной, ветвистый, полый, погруженный. Листья длинночерешковые, плавают на поверхности воды. Листовые пластинки продолговатые, 5–17 см длиной и 1–5 см шириной, голые, блестящие. Цветки собраны в густые широкие колосовидные кисти. Околоцветник розовый, реже белый. Цветет в июне–сентябре.

У наземной формы стебель до 70 см высотой, прямостоячий или восходящий. Листовые пластинки ланцетные, 5–15 см длиной и 1–4 см шириной, с обеих сторон волосистые, острые, черешковые. Соцветия более узкие, на волосистых цветоносах, цветки и плоды – как у водной формы, но обычно растение не цветет. Плод – орешек 2,5–3 мм длиной, округлый, с обеих сторон выпуклый, черный, блестящий, с неясно морщинистой поверхностью.

Водная форма горца земноводного обычна по краям чеков и в сбросных каналах в сообществе с сальвинией плавающей, ряской малой, рдестом плавающим, роголистником погруженным. Наземная форма встречается по валам, откосам и бере-

гам каналов рисовых систем. Водная форма из-за плавающего стебля конкуренции рису не составляет, в посевах заходит редко, так как растение светолюбивое. Наземная форма по экологическим требованиям к влаге аналогична рису (гигрофит), переносит условия затопления чеков в период вегетации культуры и имеет тенденцию к распространению в изреженных посевах.

Persicaria hydropiper (L.) Spach (горец перечный, или водяной перец) встречается на участках чеков, неровных из-за неправильной планировки со слоем воды до 20–30 см. Стебель растения 20–70 см высотой, прямостоячий или восходящий, голый, красноватый, обычно ветвистый. Листья продолговато-ланцетные или ланцетные, горько-перечные на вкус. Цветки собраны в узкие колосовидные рыхлые кисти, в нижней части прерывистые, с поникающей верхушкой, цветоносы голые. Околоцветник розовый или белый. Плоды – трехгранные коричневые орешки. Каждое растение в среднем дает 300–500 семян.

Горец перечный засоряет посева зерновых, пропашных культур, многолетних трав, как на мелиоративных, так и на неорошаемых полях. Примесь семян горца перечного к зерну снижает качество муки из-за жгучего вкуса. На рисовых системах Краснодарского края встречается повсеместно, в незначительном количестве, по берегам каналов, по краям чеков, иногда заходит в посева. Начиная с 2012–2013 гг., отмечена тенденция к распространению этого вида на посевах риса Краснодарского края, чаще по краям чеков, но при своевременном применении гербицидов он не наносит ущерб урожаю риса.

Изучение конкурентоспособности горцев по отношению к культурным растениям, прежде всего к рису, на полях севооборота показало, что при соблюдении рекомендаций по возделыванию культур они не относятся к вредоносным сорным растениям, снижающим урожай. Однако при получении изреженных всходов, при неправильной планировке чеков на понижениях все виды влаголюбивых горцев способны быстро распространяться и увеличивать численность популяций, накапливая банк семян в почве. Особенно часто это происходит на полях, где ограничено применение гербицидов (например, вблизи населенных пунктов и под линиями электропередач).

Обследование элементов рисовых систем показало, что увлажненные места, дренажные каналы по краям чеков, а также берега каналов являются местообитанием *Rumex confertus* Willd. (щавель конский) и *Rumex crispus* L. (щавель курчавый). Эти растения хорошо переносят заиление и временное затопление. Обычно встречаются единичные экземпляры, но возможно и размещение щавелей полосой по краю чека в посевах риса. В Славянском районе в 2011 г. отмечали распространение

этих растений полосами в посевах риса суммарно до 5 % от площади чека на участках, где рис не возделывался в течение трех лет. В целом, представители рода *Rumex* не относятся к злостным засорителям риса при применении общепринятой в крае технологии возделывания риса.

Выводы

В 2019-2021 гг. отмечена тенденция к распространению различных видов горцев на рисовых полях Красноармейского и Славянского районов. На изреженных посевах они способны занимать до 20 % площади чека. Основной банк семян горцев формируется на элементах рисовой системы,

в том числе на паровых полях. Экологическая пластичность различных видов горцев по отношению к условиям увлажнения почвы способствует распространению их на посевах риса, при этом определяющими факторами для распространения являются высота слоя воды в чеках и плотность стеблестоя риса. Виды рода *Persicaria* являются индикаторами уровня воды в чеках. Для оценки сложившейся ситуации и разработки методов контроля необходимо включить виды горцев в регулярный фитосанитарный мониторинг и установить порог вредоносности сорняков в культурах полей рисового севооборота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимова, Г. В. Характер засоренности рисовых полей Кубани / Г. В. Ефимова, Б. А. Крыжко // Земледелие. – 1982. – № 5. – С. 50-51.
2. Зеленская, О. В. Лекарственные растения в составе агрофитоценозов рисовых полей Краснодарского края / О. В. Зеленская // Рисоводство. – 2009. – № 14. – С. 94-98.
3. Зеленская, О. В. Хозяйственное значение прибрежно-водных растений рисовых систем / О. В. Зеленская // Рисоводство. – 2009. – № 15. – С. 61-64.
4. Зеленская, О. В. Анализ синантропной флоры рисовых систем Краснодарского края / О. В. Зеленская // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 09 (93). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/08.pdf>.
5. Косенко, И. С. Определитель высших растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья / И. С. Косенко. – М.: Колос, 1970. – 613 с.
6. Костылев, П. И. Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов юга России: справ. и учеб.-метод. пособие / П. И. Костылев, К. С. Артохин. – М.: Печатный Город, 2010. – 368 с.
7. Протопопова, В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / В. В. Протопопова. – Киев: Наукова думка, 1991. – 204 с.
8. Соколов, А. С. Основная обработка почвы для возделывания бахчевых культур после рыбоводных прудов на мелиорированных залежных землях нижнего Поволжья / А. С. Соколов, Г. Ф. Соколова // Вестник АГАУ. – 2017. – № 11 (157). – С. 36-41.
9. Andres, A. Weed Resistance to Herbicides in Rice Fields in Southern Brazil / A. Andres, G. Theisen, G. Concenço, L. Galon // Herbicides Current Research and Case Studies in Use / ed. by A. J. Price and J. A. Kelton, 2013. – IntechOpen, DOI: 10.5772/55947. Available from: <https://www.intechopen.com/books/herbicides-current-research-and-case-studies-in-use/weed-resistance-to-herbicides-in-rice-fields-in-southern-brazil>
10. Chen, G. Comparison of Weed Seedbanks in Different Rice Planting Systems / G. Chen, Q. Liu, Y. Zhang, J. Li, L. Dong // Agron. J. – 2017. – № 109. – P. 620 - 628. DOI:10.2134/agronj2016.06.0348
11. Golmohammadi, M. J. Rice Weed Community Composition and Richness in Northern Iran: A Temperate Rainy Area / M. J. Golmohammadi, H. R. Mohammaddoust Chamanabad, B. Yaghoubi, M. Oveisi // Applied Ecology and Environmental Research. – 2018. – № 16 (4). – P. 4605-4617. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_46054617
12. Huda, M. Weed composition study on wheat and boro rice in research and farmers' fields / M. Huda, M. Begum, M. Rahman, F. Akter // J. Bangladesh Agril. Univ. – 2017. – №15 (2). – P. 148-157.
13. Moody, K. Weeds. Reported in rice in South and Southeast Asia / K. Moody. – IRRI, Los Baños, 1989. – 442 p.
14. Nowak, A. Spring weed communities of rice agrocoenoses in central Nepal / A. Nowak, S. Nowak, M. Nobis // Acta Bot. Croat. – 2016. – № 75 (1). – P. 99-108. DOI: 10.1515/botcro-2016-0004
15. Pragada, P. M. Phytosociological Attributes of Weeds in Rice Fields of North Costal Andhra Pradesh, India / P. M. Pragada, V. Malliboyana // International Journal of Current Research. – 2010. – Vol. 7. – P. 001-004.
16. Viggiani, P. Vegetazione spontanea di risaie e canali / P. Viggiani, M. Tabacchi, R. Angelini. – Bayer Crop Science, 2003. – 375 p.
17. Weed management in rice / ed. by B. A. Auld, K.-U. Kim // FAO Plant Production and Protection Paper. – Rome, 1996. – №139. – 272 p.

REFERENCES

1. Efimova, G.V. The nature of weediness in the rice fields of the Kuban / G.V. Efimova, B.A.Kryzhko // Agriculture. – 1982. – № 5. – P. 50-51.
2. Zelenskaya, O.V. Medicinal plants in the composition of agrophytocoenoses of rice fields in Krasnodar region / O.V. Zelenskaya // Rice growing. – 2009. – № 14. – P. 94-98.

3. Zelenskaya, O.V. Economic value of coastal aquatic plants of rice irrigation systems / O.V. Zelenskaya // Rice growing. - 2009. - № 15. - P. 61-64.
4. Zelenskaya, O.V. Analysis of synanthropic flora of the rice systems of Krasnodar region / O.V. Zelenskaya // Scientific journal of the KubSAU [Electronic resource]. - Krasnodar: KubSAU, 2013. - № 09 (93). - Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/08.pdf>.
5. Kosenko, I.S. Determination of higher plants of the North-West Caucasus and Ciscaucasia / I. S. Kosenko. - M.: Kolos, 1970. - 613 p.
6. Kostylev, P.I. Weed plants, diseases and pests of rice agrocenoses in the south of Russia: scientific and reference guidelines / P.I. Kostylev, K.S. Artokhin. - M.: Pechatny Gorod, 2010. - 368 p.
7. Protopopova, V. V. Synanthropic flora of Ukraine and the ways of its development / V. V. Protopopova. - Kiev: Naukova Dumka, 1991. - 204 p.
8. Sokolov, A.S. The main tillage for cultivation of melon crops after fish ponds on reclaimed fallow lands of the lower Volga region / A.S. Sokolov, G.F. Sokolova // Bulletin of ASAU. - 2017. - № 11 (157). - P. 36-41.
9. Andres, A. Weed Resistance to Herbicides in Rice Fields in Southern Brazil / A. Andres, G. Theisen, G. Concenço, L. Galon // Herbicides Current Research and Case Studies in Use / ed. by A. J. Price and J. A. Kelton, 2013. - IntechOpen, DOI: 10.5772/55947. Available from: <https://www.intechopen.com/books/herbicides-current-research-and-case-studies-in-use/weed-resistance-to-herbicides-in-rice-fields-in-southern-brazil>
10. Chen, G. Comparison of Weed Seedbanks in Different Rice Planting Systems / G. Chen, Q. Liu, Y. Zhang, J. Li, L. Dong // Agron. J. - 2017. - № 109. - P. 620-628. DOI:10.2134/agronj2016.06.0348
11. Golmohammadi, M. J. Rice Weed Community Composition and Richness in Northern Iran: A Temperate Rainy Area / M. J. Golmohammadi, H. R. Mohammaddoust Chamanabad, B. Yaghoubi, M. Oveisi // Applied Ecology and Environmental Research. - 2018. - № 16 (4). - P. 4605-4617. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_46054617
12. Huda, M. Weed composition study on wheat and boro rice in research and farmers' fields / M. Huda, M. Begum, M. Rahman, F. Akter // J. Bangladesh Agril. Univ. - 2017. - № 15 (2). - P. 148-157.
13. Moody, K. Weeds. Reported in rice in South and Southeast Asia / K. Moody. - IRRI, Los Baños, 1989. - 442 p.
14. Nowak, A. Spring weed communities of rice agrocoenoses in central Nepal / A. Nowak, S. Nowak, M. Nobis // Acta Bot. Croat. - 2016. - № 75 (1). - P. 99-108. DOI: 10.1515/botcro-2016-0004
15. Pragada, P. M. Phytosociological Attributes of Weeds in Rice Fields of North Costal Andhra Pradesh, India / P. M. Pragada, V. Malliboyana // International Journal of Current Research. - 2010. - Vol. 7. - P. 001-004.
16. Viggiani, P. Vegetazione spontanea di risaie e canali / P. Viggiani, M. Tabacchi, R. Angelini. - Bayer Crop Science, 2003. - 375 p.
17. Weed management in rice / ed. by B. A. Auld, K.-U. Kim // FAO Plant Production and Protection Paper. - Rome, 1996. - № 139. - 272 p.

Ольга Всеволодовна Зеленская

Доцент кафедры ботаники и общей экологии
факультета агрономии и экологии
E-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

Olga Vsevolodovna Zelenskaya

Associate Professor of the Department of Botany and
General Ecology, Faculty of Agronomy and Ecology
E-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

Сергей Андреевич Москвитин

Доцент кафедры ботаники и общей экологии
факультета агрономии и экологии

Sergey Andreevich Moskvitin

Associate Professor of the Department of Botany and
General Ecology, Faculty of Agronomy and Ecology

Наталья Владимировна Швыдкая

Доцент кафедры ботаники и общей экологии
факультета агрономии и экологии

Natalia Vladimirovna Shvydkaya

Associate Professor of the Department of Botany and
General Ecology, Faculty of Agronomy and Ecology

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

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

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ЛУКОВ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КУБАНИ**

Изучены ботанические и биологические особенности дикорастущих луков группы анзуров: лук Афлатунский (*A. aflatunense* B. Fedtsch.), Гигантский (*A. giganteum* Regel), Суворова (*A. suvorovi* Rege1), Беловолосистый (или Христофи) (*A. albopilosum* C.H.W) и Лук Моли *Allium moli* L., сходных по биолого-морфологическим признакам растений, однако имеющих различные формы луковиц, розеток листьев, размер и характер опушенности листьев, высоту цветоносного стебля, количество цветков в соцветии и их окраску. Представлены результаты фенологических наблюдений по фазам роста растений. Определено начало и продолжительность цветения каждого изучаемого образца лука, которое начинается с конца апреля и заканчивается в начале июня. Цветение длится в течение 14-26 дней. Следовательно, эти луки могут украшать цветники в течение двух месяцев. Высота цветоносных побегов у луков разная и варьирует от 18-25 см до 95-100 см, что позволяет составлять многоярусные композиции. Для размножения луков определена семенная продуктивность растений. Потенциальная семенная продуктивность у изучаемых луков составляет 55-74 %. Количество семян на соцветии зависит от его размера. На одном соцветии в зависимости от вида лука, формируется от 500 до 1900 штук семян. Максимальное количество семян в соцветии у лука Беловолосистого – 1900 штук. У остальных видов меньше – 500-820 штук. У изучаемых диких луков формируются крупные семена. Масса 1000 семян, в зависимости от вида лука составляет 4,0–9,0 г. Изученные дикорастущие луки можно использовать в украшении и озеленении города, дач, подворья.

Ключевые слова: дикие луки, анзур, луковица, ландшафтный дизайн, соцветие, семенная продуктивность.

**USE OF WILD ONION FOR LANDSCAPING IN THE CONDITIONS
OF THE CENTRAL ZONE OF KUBAN**

The botanical and biological characteristics of wild-growing onions of the Anzur group have been studied; Aflatunsky onion (*A. aflatunense* B. Fedtsch.), Giant (*A. giganteum* Regel), Suvorov (*A. suvorovi* Rege1), White-haired (or Christofi) (*A. albopilosum* CHW) and *Allium moli* L. Onion, similar in biological - morphological characteristics of plants, however, having different forms of bulbs, rosettes of leaves, the size and nature of leaf pubescence, the height of the flowering stem, the number of flowers in the inflorescence, and their color. The results of phenological observations on the phases of plant growth are presented. The beginning and duration of flowering of each studied sample of onion, which starts from late April to early June, has been determined. Flowering lasts for 14-26 days. Consequently, these bows can decorate flower beds for two months. The height of flower-bearing shoots in onions is different and varies from 18-25 cm to 95-100 cm, which allows you to make multi-tiered compositions. For the reproduction of onions, the seed productivity of plants was determined. The potential productivity of the studied bows is 55-74%. The number of seeds per inflorescence depends on the size of the inflorescence. On one inflorescence, depending on the type of onion, from 500 to 1900 seeds are formed. and there are more seeds for White-haired onions - 1900 pieces. Other species have less - 500-820 pieces. The wild onions under study develop large seeds. The mass of 1000 seeds is from 4.0 to 9.0 g. The studied wild-growing onions can be used in decorating and landscaping cities, dachas, and farmsteads.

Key words: wild onions, anzur, bulb, landscape design, inflorescence, seed productivity.

Введение

Лук (*Allium* L.) - один из наиболее многочисленных ботанических родов, насчитывающий около 600 видов растений, из которых 230 видов встречаются в природной флоре нашей страны. Культивируется в основном шесть видов лука: лук реп-

чатый, чеснок, шалот, батун, порей, многоярусный. Остальное многообразие луков известно лишь узкому кругу специалистов-ботаников, флористов и практически не выращивается в культуре.

Благодаря исключительной пластичности луки растут в разнообразных климатических зонах. В

нашей стране луки встречаются повсеместно - от южных республик до Заполярья, где в зоне вечной мерзлоты в естественной флоре произрастает шнитт-лук, используемый местным населением как пищевое и лекарственное растение.

В последние годы становятся все более популярными декоративные луки, которые благодаря разнообразной окраске цветков, оригинальной форме соцветий, красивым листьям используются для оформления цветников, альпинариев, газонов, составления букетов и цветочных композиций [6].

Важнейший резерв расширения ассортимента декоративных луков - интродукция дикорастущих видов растений. Одним из богатейших источников видов для интродукционной работы являются горные районы Юго-Востока и Средней Азии, растительные ресурсы которых еще недостаточно используются. В этих местах произрастают анзуры - группа видов, сходных по биолого-морфологическим признакам растений, однако имеют различные формы луковиц, розетку, размер и характер опушенности листьев, высоту цветonoсного стебля, количество цветков в соцветии. В эту группу относятся лук Афлатунский (*A. aflatunense* B. Fedtsch.), Гигантский (*A. giganteum* Regel), Суворова (*A. suvorovi* Rege1) и другие дикорастущие луки, которые широко используются местным населением Средней Азии в пищу для приготовления консервов [3, 5, 8, 13].

Дикорастущие виды лука, отличающиеся полезными, декоративными свойствами и своеобразием биологических признаков, заслуживают введения в культуру [14, 15]. Для успешного выращивания любого растения необходимо знать его биологические особенности, требования к условиям внешней среды, ритм развития [4, 16].

Богатейшее разнообразие рода *Allium*, высокая степень полиморфизма позволяют выделить и использовать наиболее перспективные виды.

Введение этих видов в культуру, изучение и размножение диктуется и второй, не менее важной задачей сохранения этих видов, поскольку в естественных условиях произрастания ареалы их резко сокращаются из-за хозяйственной деятельности человека и просто хищнического истребления. Многие из них уже находятся на грани исчезновения и поэтому занесены в Красную книгу РФ, то есть взяты под охрану государства [2, 8, 9].

Во время экспедиций по сбору и изучению дикорастущих видов луковых растений, совершенных сотрудниками кафедры овощеводства Кубанского СХИ в семидесятые годы прошлого века в районы Северного Прибалхашья, Туркмении, Узбекистана, Западного Тянь-Шаня, Памира и Кавказа, были собраны многочисленные виды лука. Были привезены на Кубань три группы луков: луки с дудчатыми листьями, которые использовали в селекционной работе с луком репчатым, а также декоративные

луки с плоскими листьями и луки с килевидными листьями. На равнине их выращивали в коллекционном питомнике опытного поля Кубанского сельскохозяйственного института в учхозе «Кубань» [8, 9]. При переводе в культуру луки показали высокую адаптивность в культуру показали высокую адаптивность в новой экологической среде Кубани, большую силу роста и продуктивность [9].

Из всего разнообразия рода заслуживают внимание виды с хозяйственно полезными свойствами. Эти виды можно будет после изучения размножать и вводить в культуру как селекционный материал, для употребления в пищу, тем самым обогащая ассортимент витаминной продукции, как декоративные цветочные растения.

Дикорастущие луки - многолетние луковичные растения. Они сходны по строению надземных органов. Их листья прикорневые, дудчатые или плоские, широкие, длиной от 35 до 60 см. Форма листа и наличие опушения типичны для вида. Листья содержат витамины, микроэлементы, сахара, белки и обладают значительной фитонцидностью.

Дикорастущие луки формируют только одну безлистную цветочную стрелку высотой от 50 до 150 см, в зависимости от возраста и массы луковиц. Цветонос прямой, с небольшой внутренней полостью. Соцветие - простой шаровидный или полушаровидный зонтик диаметром 6-15 см, число цветков от 120 до 250 шт. и более. Цветки декоративных луков имеют самую разнообразную окраску - белую, розовую, пурпурную, желтую, фиолетовую, голубую. Опыляемость цветков в зависимости от вида лука от 20 до 80 %. Плод - 3-гнездная коробочка. Семена большинства дикорастущих растений видов лука более крупные, чем у репчатого лука. завязываемость семян высокая - до 80 %. Масса 1000 семян находится в пределах 4-9 г [8, 10]. Семена черные, округлые, морщинистые, покрыты толстой роговидной бугорчатой чешуей, имеют определенный виду рисунок на поверхности, более крупные, чем, например, у лука репчатого. Луковицы у декоративных луков обладают разнообразной формой, чаще всего они яйцевидные, шаровидные, чуть приплюснутые; размеры их также различны: от 1 см до 10-12 см в диаметре.

У основания стрелки образуется одна-две крупные луковицы или разделенные на зубки. Окраска сухих чешуй серовато-белая. Мякоть луковицы плотная, белого цвета.

В природных условиях многолетние дикорастущие луки являются эфемероидами, которые характеризуются непродолжительной вегетацией в весенний влажный период на аридных почвах с сухим климатом центра происхождения и длинным периодом относительного покоя. Произрастают они на мягких почвах в среднем и нижнем поясе гор Копет-Дага и Памиро-Алтая на высоте до 1500 м над уровнем моря [5, 10, 13].

Морфологические признаки и особенности биологии эфемероидных луков являются как бы отпечатком экологических условий Среднеазиатских гор, находящихся в зоне резко континентального аридного климата. Их активные ростовые процессы начинаются при средней температуре воздуха 2-5 °С и почвы на глубине 10 см 1-4 °С. На протяжении всего короткого цикла роста и развития происходит быстрая смена фаз. Луковицы формируются в течение 30-40 дней при сравнительно низких температурах воздуха (4 - 12°С) апреля и начала мая. Затем, с наступлением жары и засухи (дождей обычно не бывает до середины сентября), большинство растений переходит в состояние покоя [8, 12].

В условиях Кубани дикорастущие луки хорошо растут и развиваются, формируют крупные луковицы и дают много семян. Для быстрого получения цветущих растений лучше использовать подземные луковицы, которые высаживают на Кубани в конце октября, разделяя их на зубки. Высаживают на рыхлых плодородных почвах, рядовым способом с расстоянием между рядами 20 см, между луковицами в ряду 12-15 см. Глубина посадки 8-10 см от поверхности почвы до верхней части луковиц.

При посеве семенами образование луковицы проходит медленно. Она достигает диаметра 3-5 см лишь на 3-5 год и только в это время начинает стрелковаться, делиться и формировать другие луковицы.

Для преодоления покоя семенам необходимы низкие положительные температуры (0-5 °С) в течение 5 мес. Поэтому семена высевают в поле в конце октября, всходы появляются весной, во второй половине марта. В первый год жизни образуется лишь семядольный листок. В середине мая, при наступлении жарких дней, семядольный листок усыхает, и растение уходит в фазу покоя, луковичка при этом достигает размера 0,5 см. Луковички убирают в начале июня. Убранные жемчужинки осенью (октябрь) необходимо высеять в поле. Они хорошо перезимовывают, в марте отрастают и вегетируют до второй половины мая. В конце мая созревают, достигая размера 1,5 см в диаметре. Созревшие луковички убирают, а осенью снова высаживают в поле. На следующий год, в конце мая, луковицы достигают товарных размеров и пригодны для озеленения. Таким образом, продолжительность развития дикорастущих декоративных луков от семени до семени составляет 4-5 лет.

В условиях культуры для ускорения прорастания семена стратифицируют. По сообщению В.А. Комиссарова и др., стратификация семян лука Суворова проходила в течение 60 дней при температуре 2-5 °С.

Уход за растениями заключается в прополках

и рыхлении почвы. Уборку луковиц и семенников проводят после полного усыхания листьев, обычно в середине июля. До осени луковицы хранят в обычных условиях: в комнате, сарае, на чердаке в планчатых ящиках, не допуская увлажнения.

Адаптация дикорастущих видов лука в условиях Кубани выражена активизацией ростовых процессов, повышением продуктивности и открывает большие перспективы использования их в сельскохозяйственном производстве Северного Кавказа [8].

Декоративное использование дикорастущих луков. В связи с красивыми соцветиями и ранним сроком цветения дикорастущие луки перспективны для декоративного садоводства. Иностранцы еще в прежние времена запрашивали семена этих луков в ботаническом саду Петербургской академии наук. Луки эффектно смотрятся в альпинариях, рокариях, на каменистых горках, в групповых посадках на фоне темной зелени. Соцветия, срезанные в начале распускания первых цветков, стоят в воде не менее 2 недель. После созревания семян зонтики можно поставить в вазу без воды, они высохнут и могут использоваться для составления зимних букетов, особенно подходят для этого крупные шаровидные соцветия.

Высокие луки (Гигантский, Мировая сенсация, Афлатунский, Суворова) рекомендуется сажать отдельными группами на открытом газоне или вблизи кустарников в сочетании с другими многолетниками. Небольшие и карликовые луки можно применять в одиночных посадках, на каменистых горках для создания ковриков. Многие декоративные луки с успехом выращивают на дачных и приусадебных участках, на клумбах, в бордюрах или в рабатках. Крепкие цветоносы луков переносят непогоду, не ломаются. Особенно хороши в качестве срезочных растений, так как соцветия стоят в вазах более трех недель, причем постепенно распускаются все бутоны в соцветиях. Последние можно легко засушить, при этом они легко сохраняют естественную окраску и вполне пригодны для зимних букетов [6].

Цель исследований

Изучить рост, развитие и продуктивность многолетних декоративных луков в условиях Кубани, детально исследовать биологию эфемероидных луков для введения их в культуру для озеленения парков, скверов, дачных участков.

Материалы и методы

Опыты проводили в течение 2016-2017 гг. на опытном поле отдела овощеводства ФНЦ риса (г. Краснодар, пос. Белозерный).

Объектом исследований послужили шесть видов дикорастущих луков (рис. 1-6):

1. Лук Беловолосистый (или Христофи) *Allium albopilosum* С.Н.В/



**Рисунок 1. Растение лука
Беловолосистый,
ФНЦ риса, 2016 г.**



**Рисунок 2. Растения лука
Суворова,
ФНЦ риса, 2016 г.**



**Рисунок 3. Растения лука
Афлатунский,
ФНЦ риса, 2016 г.**



**Рисунок 4. Растения лука
Мирровая сенсация,
ФНЦ риса, 2016 г.**



**Рисунок 5. Растения лука
Гигантский,
ФНЦ риса, 2016 г.**



**Рисунок 6. Растения лука
Моли желтого,
ФНЦ риса, 2016 г.**

2. Лук Суворова *Allium Suvorovii* Rgl
3. Лук Афлатунский *Allium aflatunense* B. Fedtschj
4. Лук Мирровая сенсация *Allium*
5. Лук Гигантский *Allium giganteum* Rgl
6. Лук Моли *Allium moli* L.

Почвы представлены западно-предкавказскими сверхмощными малогумусными слабовыщелоченными и выщелоченными черноземами. Механический состав легкоглинистый. Содержание гумуса в верхних слоях почвы 4,5. Почвы достаточно богаты элементами минерального питания. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, со слабой щелочностью в нижних горизонтах.

Особенностью физических свойств западно-предкавказских выщелоченных черноземов является пониженная скважность. Преобладание капиллярной скважности над некапиллярной затрудняет газообмен, аэрацию почв, поэтому во время вегетации луковых культур необходимо про-

ведение рыхлений почвы после полива и дождей. Водно-физические свойства почв обуславливают медленный прогрев их ранней весной. Почва медленно «спеет». С наступлением же устойчивого потепления наблюдается быстрое повышение ее температуры [3].

По температурному режиму и увлажнению зона проведения исследования характеризуется умеренно-континентальным, умеренно-влажным и теплым климатом. Характерной особенностью этого района является умеренное увлажнение – за год выпадает 600-700 мм осадков. За период вегетации сумма температур составляет 3400°. Среднегодовая температура воздуха – 9,9-10,6°С тепла, длина безморозного периода 190-220 дней, продолжительность солнечного сияния около 2000 часов в год [1].

Осень сравнительно поздняя. Переход температуры через +10 °С в сторону понижения 26 ок-

тября, через +5°C – 16 ноября. Первая половина осени сухая, вторая – влажная.

Зима умеренная, со средней месячной температурой в январе – минус 2,0-4,6°C. Зимние осадки выпадают в виде снега и дождя. Снежный покров неустойчив. Накопление влаги в почве происходит в основном за счет осадков холодного периода. Этому способствует слабое промерзание почвы и частые оттепели в зимний период. Весна ранняя (наступает во второй или третьей декаде февраля), но часто затяжная, с медленным нарастанием положительных температур. Переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С (начало вегетации озимых) – 17 марта. Лето начинается уже в мае (переход температуры через +10° С – 13 апреля, через +15° С – 6 мая) и часто бывает жарким и сухим. Нарастание высоких температур происходит быстро.

Посадку луковиц дикорастущих луков проводили в первой декаде ноября во влажную почву. Условия для перезимовки в первый год исследования были благоприятны по температурному режиму и осадкам, поэтому перезимовка высаженных луковиц составила 100 %.

Гидротермический коэффициент за весенне-летний период с апреля по июль 2016 года (до уборки луковых культур) = 1,63 и характеризует как влажный. Следовательно, погодные условия в центральной зоне Краснодарского края в период вегетации 2016 года для растений луковых культур были хорошими.

Зима второго года исследования (2017 г.) характеризовалась неустойчивым температурным режимом с частой сменой холодных и теплых периодов. Минимальная температура опускалась в декабре до минус 17 °С, в январе до минус 4,6 °С, в феврале до минус 13,8 °С. При таких низких температурах в воздухе в почве на глубине 20 см (глубина нахождения донца луковицы с точками роста) температура была низкая положительная. Поэтому перезимовка маточников была удовлетворительной. Перезимовали все луковицы.

За период с апреля по июнь (до уборки луковых культур) в весенне-летний период вегетации луковых культур гидротермический коэффициент ГТК = 2,43, что характеризует как избыточно увлажненный. Следовательно, погодные условия в центральной зоне Краснодарского края в период вегетации 2017 года для растений луковых культур были хорошими.

Учетная площадь делянки 1,4 м². Размещение делянок ярусное. Схема посадки рядовая с междурядьем 70 см, расстояние в ряду 12-15 см. Луковицы высаживали в первой декаде ноября. Глубина посадки 8-10 см над плечиками луковиц. Уборка 3 - 8 июня.

При выполнении экспериментальной части работы руководствовались положениями общепри-

нятых методик [9].

В течение вегетации проводили следующие учеты и наблюдения:

1. Фенологические: даты посадки луковиц, отрастания, появления стрелок, цветения, созревания семян.

2. Биометрические: количество листьев на растении, длина и ширина листьев, высота цветоноса, диаметр соцветия.

3. Уборка: сначала убрали стрелки при единичном раскрытии коробочек на соцветии, через неделю, после полного подсыхания листьев, выкапывали подземные луковицы с учетом их количества и массы. Проведен структурный анализ соцветий: количество коробочек, цветков и семян на соцветии.

4. Урожайные данные обработаны методом математической статистики.

Посадочный материал в первый год исследования приобретали через интернет-магазин Zaczsemena.ru. Во второй год исследования опыты были заложены собственными выращенными луковицами.

Большинство декоративных луков светолюбиво. Поэтому участки для них надо выбирать солнечные, открытые, на южных склонах. Лучшая освещенность определяет интенсивность окраски цветков и листьев. К почве луки не требовательны. Следует избегать плохо дренированных участков, так как луки не переносят застоя грунтовых вод.

Участок под луки был обработан мотоблоком. В октябре нарезали борозды через 70 см. В начале ноября была произведена посадка луковиц.

Уход за луками состоял из прополок и рыхлений в рядках, культиваций междурядий. Уборка проводилась в начале растрескивания коробочек на соцветиях.

Результаты и обсуждение

Отрастание луковиц, высаженных в начале ноября, происходило в первой декаде марта (табл. 1). Листья за счет запаса питательных веществ в луковице отрастают быстро. Используя запасные питательные вещества луковицы, листья за очень короткий период 20–25 дней отрастают до 30–40 см. В первое время листья декоративных луков имеют розоватую окраску, обусловленную высокой концентрацией в клетках антоцианов, в значительной степени определяющих холодостойкость листьев. По мере роста растений и повышения температуры воздуха концентрация антоцианов снижается, листья зеленеют, одновременно уменьшается и их холодостойкость [15]. Растения луков уже с момента отрастания и до начала стрелкования на участке смотрятся эффектно (рис. 7).

С окончанием роста листьев и началом их усыхания быстро растет цветоносный стебель и формируется соцветие. Стрелкование луков начинается в первой декаде апреля. В фазу цветения луки вступили в разное время (табл. 2).

Таблица 1. Фенология и состояние диких луков по датам учета, Белозерный 2016 г.

Вид лука	Отрастание	27 апреля	6 мая	17 мая	26 мая	3 июня
Беловолосистый	3-4 марта	Не цветет	Начало цветения. Высота (Н) стрелок 25-30 см, диаметр (Д) соцветия 8 см, лист зеленый	Лист зеленый. Высота стрелок 32 см. Диаметр соцветия 17, 18, 23 см. Массовое цветение. Много бутонов внутри соцветия. Цветки как звездочки с длинными лепестками венчика.	цветет	Уборка луковиц
Суворова	«»	Масс. цветение, 75%	Н. 100 см, Д. 8-9 см. Цвет бл.фиолет. Начало образ. коробочек. Нач. усах. листьев	коробочки		«»
Афлатунский	«»	Един. Цветение, 31%	Н. 55-80 см. Д. 10-12 см. т.фиолет. Нач. образ. коробочек. Усохло 1/5 часть листа	коробочки		«»
Мировая сенсация	«»	Един. цветение, 11%	Н. 50-70 см. Д. 8-9-11 см. т.фиолет. нач. образ. короб. Усохло 1/5 часть листа	коробочки		«»
Гигантский	«»	Не цветет	Н. 70-80 см. Д. 7-8 см. лист засох на 1/3	коробочки		«»
Моли	«»	Начало стрелкования Не цветет	Н. стр. 10-25 см, не цветет	Нач. цвет. 12 мая. Н. 18-20-25 см – желтых и 8-10 – красных. По 1 листу зеленому. Длина листа 18-20 см, диам. листа 2-3 см	Цветет желтый	



Рисунок 7. Отрастание и состояние диких луков в весенний период

Таблица 2. Динамика цветения дикорастущих видов лука, 2016-2017 гг., Белозерный

Вид лука	апрель					май														июнь		
	2016 год																					
	21	27	28	29	30	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	3
Суворова																						
Афлатунский Гол																						
Мировая сенсация																						
Гигантский																						
Беловолосистый																						
Моли																						
	2017 год																					
Суворова																						
Афлатунский Гол																						
Мировая сенсация																						
Гигантский																						
Беловолосистый																						
Моли																						

Цветение продолжалось в течение 14-26 дней. Раньше зацвел лук Суворова (21 апреля), у которого 27 апреля отмечено массовое цветение. На эту дату отмечено единичное цветение у луков Афлатунский и Мировая сенсация. У лука Моли в это время только появляются стрелки. С 5 мая цвел лук Гигантский, и с 7 мая – лук Беловолосистый. Позже всех в фазу цветения вступает лук Моли желтый и красный. Важным показателем декоративности растений лука является продолжительность цветения, которая у декоративных луков разная. Луки Суворова, Афлатунский и Мировая сенсация цветут в течение 20 дней, 17 мая заканчивается их цветение. Лук Гигантский заканчивает цветение 21 мая и продолжительность его цветения 16 дней. Лук Беловолосистый цветет 20 дней и заканчивает цветение позже других видов – 27 мая. Лук Моли зацветает позже всех луков – 17 мая и цветет до самой уборки – 3 июня (16 дней).

После цветения стрелки и соцветия сначала

сохраняют зеленый цвет, затем становятся светло-коричневыми. Растения до созревания семян также эффектно смотрятся. Следовательно, эти луки могут украшать цветники в течение двух месяцев, с конца апреля до начала июня.

В течение вегетации были проведены наблюдения за ростом и развитием растений дикорастущих луков. На первую дату учета 22 марта наиболее облиственны растения лука Беловолосистого (6-9 листьев), меньше листьев у Лука Гигантского (5-6) (табл. 3). Листья разной длины: от 6-7 до 12-14 см. Наиболее длинные листья у луков Суворова (12-14 см) и Гигантского (11-12 см).

Ширина листовой пластинки от 1 до 6 см. Наиболее широкие листья у луков Суворова (3-6 см) и Гигантского (2-3,5 см). У этих же луков и наибольшая площадь листьев на растении: у лука Суворова 348 см², лука Гигантского – 142 см². Самая низкая ассимиляционная поверхность на растениях лука Беловолосистого, у которого короткие и узкие листья.

Таблица 3. Динамика роста листовой поверхности луков 2016 г.

Вид лука	Кол-во листьев, штук		Длина листьев, см		Ширина листьев, см		Площадь листьев на 1 растении, см кв.
	мин-макс	средняя	мин-макс	средняя	мин-макс	Средняя	
3-я декада марта							
Беловолосистый	6,0-9,0	8,0	6,0-7,0	6,7	1,0-2,3	1,7	73,5
Суворова	6,0-7,0	6,8	12,0-14,0	13,0	3,0-6,0	4,1	348
Афлатунский	6,0	6,0	8,0-9,0	8,8	1,5-3,5	2,5	127
Мировая сенсация	5,0-6,0	5,7	8,0-9,0	8,6	1,5-3,0	2,4	111
Гигантский	4,0-5,0	4,5	11,0-12,0	11,6	2,0-3,5	2,7	142
Моли	-	-	-	-	-	-	-
3-я декада апреля							
Беловолосистый	8,0-10,0	9,0	34-40	37,0	3,5-4,0	3,8	1244
Суворова	7,0	7,0	21-31	25,0	6,0-8,0	6,3	1100
Афлатунский	5,0	5,0	27-40	34,0	3,0-6,0	5	845
Мировая сенсация	4,0-5,0	4,5	22-30	25,2	2,5-4,5	3,4	428
Гигантский	4,0-5,0	4,5	45-50	47,0	3,0	3	705
Моли	2,0	2,0	16-20	17,3	2,5-3,0	2	2,7

Дикие луки – эфемеры, отличаются быстрым ростом в ранневесенний период. Учеты, проведенные через 5 дней, показали, что количество листьев изменилось незначительно. Увеличились линейные размеры листьев у всех видов лука. Так на растениях лука Беловолосистого появилось 1-2 листа, длина листьев увеличилась в 5,5 раза. Ширина листа увеличилась в 2 раза и площадь листьев возросла в 17 раз и составила 1244 см². У остальных

луков также произошло значительное увеличение листовой поверхности, которая у диких луков смотрится нарядно и декоративно.

Начало стрелкования у луков отмечено 10-13 апреля. Дикорастущие луки отличаются между собой по размерам стрелок (табл. 4). Так, 27 апреля самые высокие стрелки были у лука Суворова – 75-90 см, одинаковые стрелки у лука Гигантского – 45-80 см и Афлатунского – 40-80 см.

Таблица 4. Биометрические показатели репродуктивных органов луков в период цветения и при уборке, 2016 г.

Вид лука	Высота стрелок, см		Диаметр соцветия, см	Окраска соцветия
	мин-макс.	средняя		
3-я декада апреля				
Беловолосистый	10-15	13	не цветет	не цветет
Суворова	75-90	86	5-6	бледно-фиолет
Афлатунский	40-80	58	10-12	розовая
Мировая сенсация	38-50	46	8-11	темно-розовая

Продолжение таблицы 4

Вид лука	Высота стрелок, см		Диаметр соцветия, см	Окраска соцветия
	мин-макс.	средняя		
Гигантский	45-80	58	не цветет	не цветет
Моли	5-7	6	не цветет	не цветет
3- декада мая				
Беловолосистый	30-32	31	17-23	светло-фиолетовая
Суворова	95-100	98	8-9	бледно-фиолетовая
Афлатунский	55-80	78	10-13	розовая
Мировая сенсация	50-70	63	9-12	темно-фиолетовая
Гигантский	70-80	77	7-8	темно-розовая
Моли	18-25	23	2-3	желтая, красная

Очень короткие стрелки у лука Беловолосистого – 10-15 см и у лука Моли - 5-7 см. Диаметр соцветий у цветущих луков на эту дату также разный. Крупные соцветия у лука Афлатунского – 10-12 см, затем у лука Мировая сенсация - 8-11 см и в 2 раза меньше у лука Суворова. Окраска цветущих соцветий луков несколько отличается: бледно-розовая, розовая, темно-розовая.

Через месяц размеры продуктивных органов луков увеличились, и достигли максимального значения. Разница между вариантами сохранилась. Самые короткие стрелки у лука Моли и у лука Бе-

ловолосистого. (рис. 8). Высокие стрелки у лука Суворова (95-100 см). У Беловолосистого самые крупные соцветия – 17-23 см. Эти растения во время цветения очень красиво смотрятся – цветущие шары на коротком цветоносе. Крупные соцветия у лука Афлатунского – 10-13 см. У остальных луков диаметр соцветий поменьше, но они также красиво смотрятся на высоких стрелках. Низкие стрелки и небольшой диаметр соцветий у лука Моли. Но размещать эти растения надо через 3-5 см и во время цветения этого лука создается впечатление сплошного цветущего ковра из желтых и красных цветов.

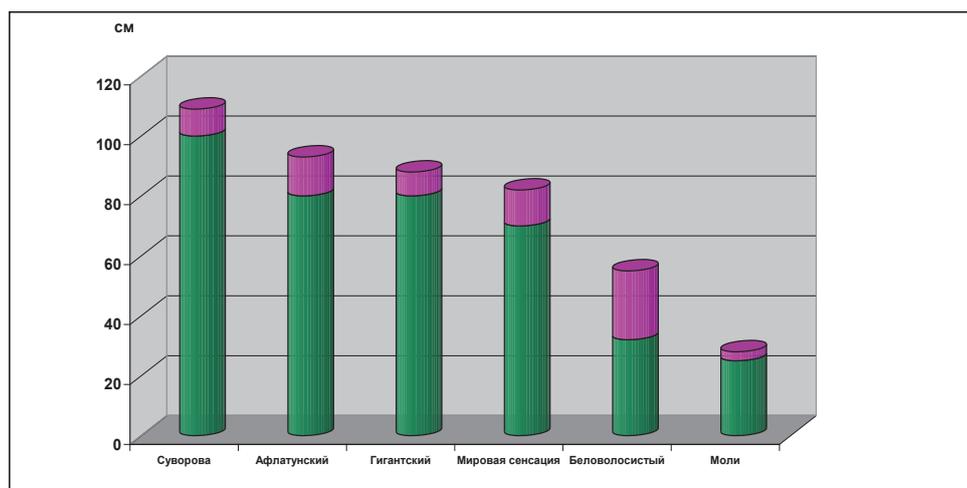


Рисунок 8. Высота стрелок и диаметр соцветия, см

Семенная продуктивность дикорастущих луков. Дикорастущие луки размножаются семенами и подземными зубками. Соцветия луков были убраны на всю длину стрелок при единичном растрескивании коробочек. После высушивания был проведен структурный анализ соцветий. Семенная продуктивность соцветий лука зависит от

ряда факторов: размера соцветия, количества цветков на соцветии, процента завязываемости коробочек и семян в коробочке. Количество цветков на соцветии находится в прямой зависимости от размера соцветий: чем больше диаметр соцветия, тем больше закладывается на нем цветков (табл. 5).

Таблица 5. Количество цветков и коробочек на соцветиях диких луков, 2016-2017 г.

Вид лука	Количество цветков, шт.	Количество коробочек, шт	Завязываемость-робочек, %	Диаметр соцветия, см
Беловолосистый	510	430	84	17-23
Суворова	140	140	100	8-9
Афлатунский	265	240	90,6	10-13
Мировая сенсация	232	212	91,4	9-12
Гигантский	245	230	94,2	7-8
Моли	-	-	-	2-3

Количество цветков на соцветии больше у лука Беловолосистого (510 штук), затем у лука Афлатунского (265 штук). Меньше всего цветков у лука Суворова – 140 штук.

Количество коробочек изменяется в такой же зависимости. Дикие луки, как и лук репчатый, являются перекрестно опыляемыми растениями. Основные опылители – это насекомые. В наших условиях их опыляют пчелы, шмели, разные мухи. Процент завязывания коробочек у диких луков высокий – 84 -100 %. На соцветии формируется от 140 до 430 шт. коробочек, в каждой из которых при полном опылении формируется по 6 семян. В

каждой коробочке при полном опылении формируется по 6 семян. Однако не все семяпочки образуют семена, и потенциальная продуктивность коробочек используется у изучаемых луков на 55-74 % (табл. 6). Количество семян на соцветии зависит от размера соцветия и семян больше у лука Беловолосистого – 1900 штук. У остальных видов меньше – 500-820 штук. У изучаемых диких луков формируются крупные семена. Крупные семена у лука Гигантского (масса 1000 семян 8,4 г), лука Суворова (масса 1000 семян 8,1 г) и лука Миртовая сенсация (7,9 г). Самые мелкие семена у лука Беловолосистого – 3,2 г и у лука Моли – 4,0 г.

Таблица 6. Семенная продуктивность соцветий луков дикорастущих, 2016-2017 гг.

Вид лука	Количество семян, штук	Семян в 1 коробочек, шт	Завязываемость семян, %	Масса семян на соцветии, г	Масса 1000 семян, г
Беловолосистый	1900	4,4	74,0	6,2	3,2
Суворова	500	3,5	58,3	4,1	8,1
Афлатунский	820	3,4	56,7	5,3	6,5
Миртовая сенсация	810	3,8	63,3	6,4	7,9
Гигантский	760	3,3	55,0	6,4	8,4
Моли	25	-	-	0,1	4,0

Для прорастания семенам диких луков требуется пониженная температура в течение двух месяцев. Поэтому для размножения луков через семена применяется подзимний посев семян. По этой же причине в работе не приводятся данные по энергии прорастания и всхожести семян. При невозможности посеять семена дикого лука под зиму можно намоченные семена два месяца продержать в

холодильнике и высеять их весной. Такие семена прорастают даже в холодильнике.

Дикорастущие луки в почве образуют луковицы, которые и используются для размножения (рисунки 9-13). Луковицы могут быть однозубковые или разделенные на зубки (табл. 7). У лука Беловолосистого луковица делится на 2-3 зубка. Луковица лука Суворова состоит из двух зубков, у луков Афлатунский



Рисунок 9. Луковицы лука Миртовая сенсация



Рисунок 10. Луковицы лука Афлатунский



Рисунок 11. Луковицы лука Суворова



Рисунок 12. Луковицы лука Гигантский



Рисунок 13. Луковицы лука Моли

и Мировая сенсация луковицы делятся до 3-4 зубков. Сильное деление у лука Гигантского – 4-8 зубков в луковице. И только все однозубковые луковицы формируются у лука Моли, у которого луковички мелкие, диаметром до 1 см, и вокруг высаженной луковицы формируется 5-10 луковичек.

Таблица 7. Структура подземных луковиц дикорастущих луков, 2016-2017 г.

Вид лука	Кол-во зубков в луковице, шт.		% однозубковых луковиц	Диаметр луковицы, см	
	мин-макс	среднее		мин-макс	средний
Беловолосистый	2-3	2,5	70	6-8	7,2
Суворова	2	2	60	7-9	8,7
Афлатунский	1-3	1.5	72	4-7	4,8
Мировая сенсация	1-4	2	50	4-5	4,7
Гигантский	4-8	5,6	38	6-9	7,0
Моли	Коеф. размнож. 5-10		100	0,7-1	0,8

Таблица 8. Масса подземных луковиц дикорастущих луков, 2016-2017 гг.

Вид лука	Масса одной луковицы, г		Масса, г	
	мин-макс	средняя	одного зубка	одной однозубковой луковицы
Беловолосистый	90-110	100	40	80
Суворова	90-110	100	50	50
Афлатунский	23-50	37	20	23
Мировая сенсация	24-35	30	17	24
Гигантский	11-63	49	11	36
Моли	1-2	1,7	-	-

Подземные луковицы у диких луков довольно крупные, диаметр их от 4 до 9 см. Средняя масса сборных луковиц 30-100 г, масса однозубковой луковицы 24-80 г, одного зубка - 11-40 г (табл. 8). Таким образом, луковицы являются основным способом размножения дикорастущих луков.

Основные показатели диких луков, необходимые для ландшафтного оформления пространства, представлены в таблице 9. Ориентируясь

на представленные результаты, цветовод-оформитель может составлять композиции с учетом временных факторов цветения, ярусности по высоте, размеру и цветовой гамме соцветий. Благодаря крупным и ярким соцветиям и разными по высоте цветоносам из диких луков можно составлять смешанные композиции, в виде отдельно стоящих групп, бордюров или как единичные растения.

Таблица 9. Основные показатели диких луков для использования в декоративном оформлении

Вид	Окраска цветка	Время цветения,	Высота цветоноса, см	Диаметр соцветия, см
Афлатунский	Светло-фиолетовая	30.04-17.05	55-80	10-13
Гигантский	Сиреневая	7.05-21.05	70-80	7-8
Суворова	Розово-фиолетовая	24.04 по 17.05	95-100	8-9
Моли	Желтая	17.05-3.06	18-25	2-3
Беловолосистый Альбопилосум	Сиреневая	9.05-27.05	30-32	18-23
Мировая сенсация	Т. малиновая	30.04-17.05	50-70	9-12

Таким образом, изученные дикорастущие луки можно использовать в украшении и озеленении города, дач, подворья и, кроме того, можно их выращивать на реализацию луковиц, получая определенный доход.

Выводы

1. Исследуемые дикорастущие декоративные луки отрастают весной в начале марта. В фазу цветения вступают в третьей декаде апреля, продолжительность цветения - до начала июня, т.е. цветут

в течение 1,5 месяцев.

2. Биометрические показатели изучаемых луков разные в зависимости от вида лука: листья у них длиной 6-14 см, шириной от 1 до 6 см. Высота стрелок 38-90 см, диаметр соцветий 7-23 см

3. В соцветиях формируется цветков 140-510 штук, окраска их разнообразна. Цветки у луков

фертильные, насекомоопыляемые, количество семян на соцветии 760-1900 штук.

4. Дикорастущие луки образуют крупные подземные луковицы массой 30-100 г. Коэффициент размножения луковиц 1,5-5,0. Изучаемые дикорастущие луки рекомендуется использовать в декоративное озеленение для украшения и озеленении города, дач, подворья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агrometeorологический бюллетень по Краснодарскому краю, 2015-2017 гг.
2. Вальков, В. Ф. Почвы Северного Кавказа / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штaмпель, В. И. Тюльпанов – Краснодар: «Советская Кубань», 2002. – 205 с.
3. Волкова, Г.А. Род *Allium L.* - Лук // Многолетние декоративные травянистые растения для культивирования в среднетаёжной подзоне Республики Коми. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2018. – С. 10-19.
4. Воронцов, В.В. Луковичные цветы. / В.В. Воронцов, Т.В. Евсюкова – М.: ЗАО «ФИТОН», 2001. – С. 109-112.
5. Интродукция растений в ставропольском ботаническом саду / под ред. кандидата сельскохозяйственных наук, доцента В.И. Кожевникова. Ставрополь: АГРУС, 2012, 124 с.
6. Исаенко, Т.Н. Декоративные луки и их использование в озеленении. / Т.Н. Исаенко // Вестник АПК Ставрополя, 2020. – № 1 (37). – С. 63-66.
7. Исаенко, Т.Н. Хозяйственно-биологические показатели рода *Allium L.* // Вестник АПК Ставрополя. - 2019. - № 1 (33). - С. 83-87.
8. Кокорева, В.А. Лук, чеснок и декоративные луки. Пособие для садоводов-любителей. / В.А. Кокорева, И.М. Титова. – Ниола 21 век, 2007. - 208 с.
9. Литвинов, С.С. Методика опытного дела в овощеводстве / С.С. Литвинов. – М., 2011, - 648 с.
10. Октябрьская, Т.А. Многолетние декоративные луки. / Т.А. Октябрьская, Л. Разинова. – МСП, 2006. - 32 с.
11. Пивоваров, В.Ф. Луковые культуры / В.Ф. Пивоваров, И.И. Ершов, А.Ф. Агафонов. – М.: ВНИИССОК, 2001. - С. 286-290.
12. Пивоваров, В.Ф. Овощи России / В.Ф. Пивоваров. – М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. – С. 202-207.
13. Тухватуллина, Л. А. К биологии *Allium flavum L.* в условиях интродукции в Уфимском ботаническом саду / Л.А. Тухватуллина // Известия Алтайского государственного университета. - 2012. - № 3-2 (75). - С. 68-70.
14. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of *Allium* vegetables / R. K. Upadhyay // Journal of Nutritional Therapeutics. - 2017. - Vol. 6. - № 1. - P. 18-37.
15. Asemani, Y. *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment / Y. Asemani, N. Zamani, M. Bayat, Z. Amirghofran // Phytotherapy Research. - 2019. - Vol. 33. - № 8. - P. 1-21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
16. Beretta, H. V. Relationships between bio-active compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six *Allium* vegetable species / H. V. Beretta, F. Bannoud, M. Insani, F. Berli, P. Hirschegger, C. R. Galmarini, P. F. Cavagnaro // Food Technology and Biotechnology. - 2017. - Vol. 55. - № 2. - P. 266-275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722

REFERENCES

1. Agrometeorological Bulletin for the Krasnodar Territory, 2015-2017.
2. Valkov, V.F. Soils of the North Caucasus / V.F. Valkov, Yu. A. Shtampel, V.I. Tyulpanov - Krasnodar: "Soviet Kuban", 2002. - 205 p.
3. Volkova, G.A. Genus *Allium L.* - Onion // Perennial ornamental herbaceous plants for cultivation in the middle taiga subzone of the Komi Republic. Syktyvkar: IB Komi Science Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018. – P. 10-19.
4. Vorontsov, V.V. Bulbous flowers. / V.V. Vorontsov, T.V. Evsyukova - M.: JSC FITON, 2001. - P. 109-112.
5. Introduction of plants in the Stavropol Botanical Garden / ed. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor V.I. Kozhevnikov. Stavropol: AGRUS, 2012, 124 p.
6. Isaenko, T.N. Decorative bows and their use in landscaping. / T.N. Isaenko // Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol, 2020. – № 1 (37). – P.63-66.
7. Isaenko T.N. Economic and biological indicators of the genus *Allium L.* // Bulletin of the agrarian and industrial complex of Stavropol. - 2019. - № 1 (33). - P. 83-87.
8. Kokoreva, V.A. Onions, garlic and decorative bows. A guide for amateur gardeners. / V.A. Kokoreva, I.M. Titov. - Niola 21st century, 2007. - 208 p.
9. Litvinov, S.S. Experimental methodology in vegetable growing / S.S. Litvinov. - M., 2011. - 648 p.
10. Oktyabrskaya, T.A. Perennial decorative bows. / T.A. Oktyabrskaya, L. Razinova. - MSP, 2006. - 32 p.
11. Pivovarov, V.F. Onion cultures / V.F. Pivovarov, I.I. Ershov, A.F. Agafonov. - M.: VNISSOK, 2001. - P. 286-290.
12. Pivovarov, V.F. Vegetables of Russia / V.F. Pivovarov. - M.: GNU VNISSOK, 2006. - P. 202-207.
13. Tukhvatullina, L.A. On the biology of *Allium flavum L.* under conditions of introduction in the Ufa Botanical Garden / L.A. Tukhvatullina // News of the Altai State University. - 2012. - № 3-2 (75). - P. 68-70.

14. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of Allium vegetables / R. K. Upadhyay // Journal of Nutritional Therapeutics. - 2017. - Vol. 6. - № 1. - P. 18-37.
15. Asemani, Y. Allium vegetables for possible future of cancer treatment / Y. Asemani, N. Zamani, M. Bayat, Z. Amirghofran // Phytotherapy Research. - 2019. - Vol. 33. - № 8. - P. 1-21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
16. Beretta, H. V. Relationships between bio-active compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six Allium vegetable species / H. V. Beretta, F. Bannoud, M. Insani, F. Berli, P. Hirschegger, C. R. Galmarini, P. F. Cavagnaro // Food Technology and Biotechnology. - 2017. - Vol. 55. - № 2. - P. 266-275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722

Виктор Эдуардович Лазько

Ведущий научный сотрудник лаборатории
бахчевых и луковых культур
E-mail: lazko62@mail.ru

Victor E. Lazko

Leading researcher of the laboratory of melon and
onion crops
E-mail: lazko62@mail.ru

Ольга Владимировна Якимова

Научный сотрудник лаборатории бахчевых и
луковых культур
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

Olga V. Yakimova

Researcher of the laboratory of melon and onion crops
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

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

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

НАШИ ЮБИЛЯРЫ



Более 40 лет, с 1978 года, работает в отрасли рисоводства еще один наш юбиляр. Заслуженный работник сельского хозяйства Кубани, Заслуженный деятель науки Кубани, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории земледелия отдела технологии возделывания риса, Уджуху Аскер Черимович, в августе он отметил свой юбилей.

Высокопрофессиональный ученый, отличающийся глубокими теоретическими познаниями, он прошел путь от младшего научного сотрудника лаборатории агрохимии до заведующего лабораторией агротехники риса и сопутствующих культур в севообороте.

Являясь высококвалифицированным специалистом, Уджуху А.Ч. пользуется уважением и авторитетом среди сотрудников института и специалистов рисосеющих хозяйств. Его оригинальные теоретические подходы в технологии возделывания риса, внедренные в хозяйствах Краснодар-

ского края, позволяют получать высокие урожаи этой культуры на Кубани. За время работы ученым впервые установлена эффективность применения медленнодействующих азотных удобрений, капсулированной мочевины и оксамида под рис, изучена возможность применения отходов гидролизной промышленности (ПДО) в качестве органического удобрения, разработана технология и оптимальные дозы их внесения. Под руководством Уджуху А.Ч. разработаны новые схемы рисовых севооборотов и нулевая обработка под рис.

Научные разработки Уджуху А.Ч. отражены более чем в 100 печатных работах. Аскер Черимович свою научную деятельность сочетает с педагогической работой. Он является научным руководителем двух аспирантов, профессором кафедры общего земледелия Кубанского Государственного аграрного Университета, под его руководством подготовлены и защищены 3 кандидатских диссертации.

Уважаемый Аскер Черимович, от чистого сердца примите от сотрудников «ФНЦ риса» массу пожеланий крепкого здоровья, благополучия, оптимизма и счастья. Пусть в Вашем доме всегда будет мир и согласие, а радость и удача сопутствуют Вам во всём.

И.Н.Чухирь
Председатель ППО,
кандидат
сельскохозяйственных наук



25 августа 2021 года своей очередной юбилей отметила руководитель патентно-лицензионной группы ФГБНУ «ФНЦ риса» Ладатко Ольга Васильевна.

Её многолетний труд является примером безграничной преданности любимому делу, подлинной заботы о развитии отрасли рисоводства.

Начав трудовую деятельность молодым специалистом во Всероссийском научно-исследовательском институте риса в марте 1978 года, благодаря упорству и трудолюбию, уже через короткое время Ольга Васильевна стала одним из ведущих работников, который в совершенстве владеет организацией правового использования результатов интеллектуальной деятельности в сельском хозяйстве. В 1996 году ею была защищена кандидатская диссертация на тему: «Научные основы методики оценки сортов риса на охраноспособность».

С 1992 года Ладатко О.В. возглавляет отдел научно-технических исследований, стандартизации и инновационной деятельности. Под ее руководством отдел достиг определенных успехов в улучшении изобретательской и рационализаторской активности сотрудников Центра, начата и активно проводится патентно-лицензионная работа (заключен 101 лицензионный договор), разработаны: Положение о вознаграждении за создание и использование селекционных достижений и объектов промышленной собственности во ВНИИ риса, формы лицензионных договоров и соглашений на селекционные достижения (сорта риса) и изобретения, передаваемые на использование хозяйствам, проведен расчет ставки роялти для сортов риса. Благодаря Ольге Васильевне Центр одним из первых защитил свои сорта риса патентами.

Ольга Васильевна пропагандирует изобретательскую и лицензионную деятельность института в публикациях и выступлениях. Она является автором 15 публикаций, в том числе трех книг и одной монографии. Неоднократно принимала участие в работе школы молодых селекционеров им. А.С. Кунакбаева (г. Уфа), школы «Экологическая генетика культурных растений» (г. Москва), школы молодых ученых по эколого-генетическим основам северного растениеводства (г. Киров) в качестве лектора.

Достойной оценкой её научного и творческого труда является награждение Почетной медалью «За инновации и развитие» (2021 г.), Почетной грамотой РАСХН (2010 г.), Почетной грамотой Законодательного собрания Краснодарского края (2001 г.), Почётной грамотой Департамента образования и науки Краснодарского края, Почетной грамотой администрации Краснодарского края (2011 г.) Благодарностью главы Администрации Краснодарского края (2001 г.), а так же она является лауреатом премии администрации Краснодарского края в области науки за 2003 год за работу «Интеллектуальная собственность».

Ольга Васильевна является главой династии Ладатко, двое её сыновей и невестка кандидаты наук и руководители подразделений Центра, а так же она замечательная бабушка двоих внуков и внучки.

Дорогая Ольга Васильевна, примите наши искренние поздравления и пожелания крепкого здоровья, оптимизма, счастья и благополучия. Пусть в Вашем доме всегда будет мир и согласие, а радость и удача сопутствуют Вам во всём.

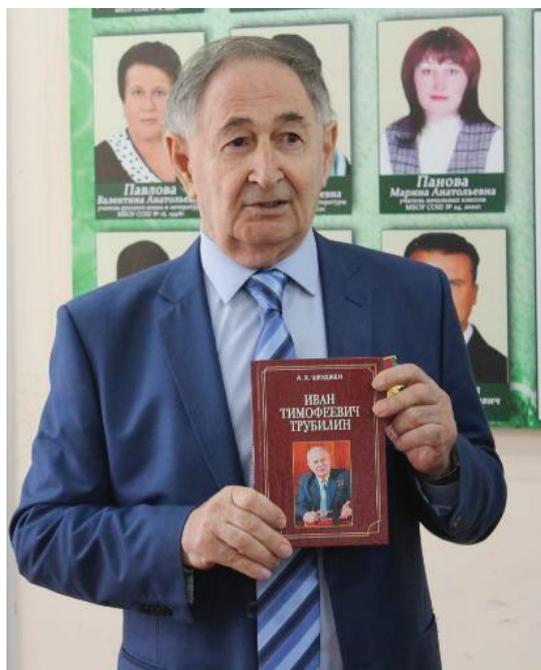
И.Н.Чухирь
Председатель ППО, кандидат
сельскохозяйственных наук

23 СЕНТЯБРЯ 2021 ГОДА СОСТОЯЛАСЬ ПРЕЗЕНТАЦИЯ КНИГИ А.Х. ШЕУДЖЕНА «ИВАН ТИМОФЕЕВИЧ ТРУБИЛИН»

23 сентября 2021 года в музее Управления образованием администрации муниципального образования МО Куцневский район состоялась презентация книги о заслуженном деятеле науки России, Герое Труда Кубани, Герое Социалистического Труда, уроженце станицы Шкуринской Иване Тимофеевиче Трубилине.

Во встрече приняли участие педагоги образовательных организаций района, специалисты управления образованием, методисты МКУ "ЦРО", директор СОШ № 2 им. Трубилина И.Т.

Поделится личными воспоминаниями и представил книгу Асхад Хазретович Шеуджен - доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, заслуженный деятель науки РФ, Герой Труда Кубани; доктор сельскохозяйственных наук, Герой Труда Кубани, депутат ЗСК Сергей Кизинёк, а так же автор предисловия к книге Евгений Алексеенко - действительный государственный советник Краснодарского края, выпускник Кубгау, и Олег Подколзин, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой почвоведения Кубанского аграрного университета имени И.Т. Трубилина.



ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ АВТОРСКИХ ОРИГИНАЛОВ

К публикации принимаются ранее не опубликованные статьи на русском и английском языках. Рукописи предоставляются на твердом и электронном носителях или по e-mail на адрес **arri_kub@mail.ru** с пометкой «**В редакцию журнала**». Название файла должно содержать указание полугодия и года выпуска номера и фамилию автора латиницей, например, «**1(2014)Ivanova.doc**». Допустимые форматы файлов: **.doc, .docx, .rtf**. В отдельных случаях редакция может попросить представить отдельные файлы изображений или текст также в формате **.pdf**, либо в печатном варианте.

Структура статьи

- УДК;
- инициалы и фамилия, ученая степень автора/авторов и указание города и страны;
- название статьи, аннотация и ключевые слова на русском и английском языках;
- текст статьи;
- список литературы;
- информация об авторе/авторах с указанием их фамилии, имени и отчества (полностью), должности и контактных данных (информация о месте работы, почтовый адрес, e-mail, контактный телефон) на русском и английском языках.

Статью рекомендуется четко структурировать. Примерная структура: обзор, проблема, гипотезы, материал и методы, изложение, аргументация, обсуждение, выводы. Формально структуру статьи желательно отразить в заголовках внутри текста, выделенных **полужирным** шрифтом.

В случае необходимости перевод редактируется или осуществляется редакцией журнала.

Форматирование текста

Пожалуйста, избегайте собственного форматирования. Окончательное форматирование осуществляется редакцией.

- поля: верхнее, нижнее, правое – 1,5 см, левое – 2 см; шрифт – Times New Roman, 12 кегль; интервал полуторный; абзацный отступ – 1,25 см; без переносов;
- используйте *курсив* или **полужирный курсив** для примеров, а также наиболее важных терминов и понятий;
- избегайте использования подчёркиваний;
- таблицы и рисунки должны иметь отдельную нумерацию (например, **Таблица 1**, **Рисунок 1**) и быть озаглавлены, ссылки на них обязательны в тексте статьи. Название таблиц размещается над левым верхним углом таблицы, название рисунка – под рисунком по центру;
- в случае необходимости можно использовать обычные (не концевые!) пронумерованные сноски

Оформление ссылок и списка литературы

Библиографический список приводится в конце статьи в алфавитном порядке в виде пронумерованного списка источников под названием **ЛИТЕРАТУРА**. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

- Книги Сметанин, А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар, 1972. – 156 с.
Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. / А. А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с; Т. 2. – 785 с.
Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
Система рисоводства Краснодарского края / под. ред. Е. М. Харитоновой. – Краснодар, 2011. – 316 с.
- Авторефераты Ляховкин, А. Г. Мировой генофонд риса (*Oryza sativa* L.) в связи с проблемами селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. Г. Ляховкин. – Ленинград, 1989. – 58 с.
- Диссертации Ковалев, В. С. Селекция сортов риса для Краснодарского края и Адыгеи и разработка принципов их рационального использования: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме научного доклада : 06.01.05 : защищена 25.03.1999 / В. С. Ковалев. – Краснодар, 1999. – 49 с.
- Газеты, журналы Рисоводство: научно-производственный журнал / учредитель: ГНУ «ВНИИ риса» Россельхозакадемии. – 2013, № 1 (22). – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – ISSN 1684-2464.
- Статьи Кумейко, Ю. В. Влияние ингибитора нитрификации на показатели, характеризующие режим азотного питания растений риса / Ю. В. Кумейко // Рисоводство. – Краснодар, 2013. – № 1 (22). – С. 66-70.
Чижикова, Н. П. Эволюция минералогического состава и микростроения основных типов почв Кубани при рисосеянии / Н. П. Чижикова, М. П. Верба // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: Материалы 2-го съезда Белорусского общества почвоведов. – Минск, 2001. – Кн.1. – С. 232-233.
- Электронные ресурсы Зеленский, Г. Л. Российские сорта риса для детского и лечебного питания [Электронный ресурс] / Г. Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2011. - № 72 (08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/08/pdf/01.pdf> (Дата обращения: 1.10.2014).
- Зарубежные издания Satake, T. High Temperature-Induced Sterility in Indica Rice in the Flowering Stage / T. Satake, S. Yoshida // Japanese Journal of Crop Science. – 1978. – № 47. – P. 6-17.

Ссылки на зарубежные издания размещаются в алфавитном порядке, после отечественных. В тексте статьи ссылка на источник делается путем указания в квадратных скобках порядкового номера цитируемой литературы, например, **[1]**.

Возвращение рукописи автору на доработку не означает, что статья принята к печати. После получения доработанного текста рукопись вновь рассматривается редколлегией. Доработанный текст необходимо вернуть вместе с ответом на все замечания рецензента. Датой поступления считается день получения редакцией финального варианта статьи.

Редколлегия сборника оставляет за собой право отклонять статьи, оформление и/или содержание которых не соответствует изложенным требованиям, а также статьи, получившие отрицательные оценки рецензентов.

Очередность публикации принятых материалов устанавливается в соответствии с внутренним планом редакции.

FORMATTING REQUIREMENTS

Preparing the manuscript

Editorial address

Please send your manuscripts as an e-mail attachment to the following address: **arri_kub@mail.ru**,
“Attn. Editors of the Magazine”.

Languages

Manuscripts can be written in English or in Russian. In view of academic globalization, English articles are especially welcome.

File format

Please prepare the text of your manuscript and submit it as a **.doc, .docx, .rtf file**. Sometimes we may ask for a **.pdf** file for our reference, or for separate **.jpg** files.

Manuscript materials should be ordered as follows:

- authors' names, academic credentials, city and country;
- abstract of approximately 100 words and its Russian translation 5-7 key words;
- body of work;
- list of references and sources;
- information about the authors including full names, affiliation and contacts including mailing and e-mail addresses;
- If needed, translation can be effected by the editors.

Basic formatting

- Do not format the text, use standard paper size to A4
 - Set line spacing to 1.5
 - Use the same font (Times New Roman, point 12) throughout the document
 - Use *italics* or **boldface italics** to draw the readers' attention to particular aspects of the text
 - Tables and figures should be numbered separately (**Table 1, Figure 1, etc.**)
 - Use footnotes
- Final formatting will be done by the editors.

Bibliographical references

At the end of the manuscript, provide a full bibliography with the heading: **REFERENCES**.

Arrange the entries **alphabetically** by surnames of authors.

Some examples of references are given below.

- | | |
|----------------------|---|
| Books and monographs | Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia / edited by R. B. Matthews, M. J. Kroppf, D. Bachelet, H. H. van Laar. – Wallingford: CAB INTERNATIONAL. – 289 p.
Yoshida, S. Fundamentals of Rice Crop Science / S. Yoshida. – Los Banos, 1981. – 269 pp. |
| Journal articles | Satake, T. High Temperature-Induced Sterility in Indica Rice in the Flowering Stage / T. Satake, S. Yoshida // Japanese Journal of Crop Science. – 1978. – № 47. – P. 6-17 |
| Online sources | Vaghefi, N. The Economic Impacts of Climate Change on the Rice Production in Malaysia [Electronic source] / N. Vaghefi, M. Nasir Shamsudin, A. Makmom, M. Bagheri // International Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 6, Issue 1. – Pp. 67-74. – Access mode: http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2011.67.74 (Accessed 1.10.2014). |

References in the text and in the footnotes should include the number of the publication as in the references list enclosed in square brackets, Eg.: **[1]**.

Подписано в печать 22.04.2021
Формат 60*84/8
Бумага офсетная
Усл. печатн. листов 12,5
Заказ № 1584. Тираж 500 экз.

Тираж изготовлен в типографии
ИП Копыльцов П.И.,
394052, г. Воронеж,
ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.