

# РИСОВОДСТВО

## НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

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

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

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

Редакционная коллегия:

#### 4.1.1. Общее земледелие, растениеводство

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

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

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

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

#### 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

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

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

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

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

#### 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство

и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки, биологические науки, технические)

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

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

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

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

#### 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

(сельскохозяйственные науки, биологические науки, технические)

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

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

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

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

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

Адрес редакции:

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3

E-mail: arrr\_kub@mail.ru, «В редакцию журнала»

Научный редактор: тел.: 8(861)205-15-55

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

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

# RICE GROWING

## SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION MAGAZINE

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

Published since 2002. Periodicity 4 issues a year

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

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

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

Editorial board:

#### 4.1.1. General agriculture, crop production

(agricultural sciences, biological sciences)

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

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

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

#### 4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology of plants

(agricultural sciences, biological sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.1.3. Agrochemistry, agrosil science, plant protection and quarantine

(agricultural sciences, biological sciences)

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

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

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

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

#### 4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

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

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

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

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

#### 4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

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

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

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

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

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

Address:

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

E-mail: arrr\_kub@mail.ru, «Attn. Editors of the Magazine»

Scientific Editor: tel. 8(861)205-15-55

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

- Илюшко М. В., Гученко С. С., Лелявская В. Н., Безмутко С. В., Ромашова М. В.**  
Влияние фертильности пыльцы гибридных растений доноров на андрогенез in vitro риса *Oryza sativa* L. 6
- Гончарова Ю. К., Верещагина С. А., Харитонов Е. М.**  
Анализ эффективности каллусогенеза риса на средах разработанных на основе среды RZ 13
- Скаженник М. А., Ковалев В. С., Григорьев А. О., Пшеницына Т. С.**  
Формирование урожайности и элементов ее структуры сортов риса 19
- Балясный И. В., Скаженник М. А., Ковалев В. С., Пшеницына Т. С.**  
Сопряженность урожайности и элементов ее структуры агроценозов риса 25
- Маркарова Ж. Р., Гуленок Р. А., Черногор Л. А.**  
Селекция на важнейшие хозяйственно-ценные признаки и свойства мягкой озимой пшеницы 31
- Зеленский Г. Л., Ткаченко М. А., Гненный Е. Ю.**  
Полюс 5 – сорт риса с новым морфотипом растений 39
- Шапошникова Ю. В., Коробова Н. А., Коробов А. П., Лысенко А. А., Пучкова Е. В.**  
Сравнительная оценка безлисточковых и облиственных сортов гороха по продуктивности и ее основным элементам 47
- Гончарова Ю. К., Гончаров С. В., Чичарова Е. Е.**  
Вариабельность отечественных сортов риса по признакам, определяющим устойчивость к полеганию 54

**СОДЕРЖАНИЕ****Барчукова А. Я., Тосунов Я. К., Чернышева Н. В.**

Влияние применения регуляторов роста и микроэлементов в технологии выращивания картофеля на рост растений, формирование клубней, их урожайность и качество

61

**Чижиков В. Н., Шарифуллин Р. С.**

Картографирование почв рисовых полей по агрохимическим признакам с использованием геоинформационных систем

67

**Лазько В. Э., Варивода Е. А., Якимова О. В., Ковалева Е. В., Масленникова Е. С.**

Агроэкологическое испытание сортов дыни и арбуза в Краснодарском крае и Волгоградской области

71

**Лыско И. А., Радько Д. П.**

Черная бактериальная пятнистость перца (обзор)

77

**ЮБИЛЕИ УЧЕНЫХ**

Туманьян Н. Г.

## TABLE OF CONTENTS

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS

<b>Ilyushko M. V. , Guchenko S. S., Romashova M. V., Lelyavskaya V. N., Bezmutko S. V.</b> Pollen fertility effect of hybrid donor plants on androgenesis in vitro in rice <i>Oryza sativa</i> L.	6
<b>Goncharova Y. K., Vereshchagina S. A., Kharitonov E. M.</b> Analysis of the effectiveness of rice callusogenesis on media developed on the basis of the RZ medium	13
<b>Skazhennik M. A., Kovalyov V. S., Grigoriev A. O., Pshenitsyna T. S.</b> Formation of yield of rice varieties and elements of its structure	19
<b>Balyasny I. V., Skazhennik M. A., Kovalyov V. S., Pshenitsyna T. S.</b> Connectivity of yield and elements of its structure rice agriculturet	25
<b>Markarova Z. R., Gulenok R. A., Chernogor L. A.</b> Selection on the most important agricultural industry- valuable signs and properties winter soft wheat	31
<b>Zelensky G. L., Tkachenko M. A., Gnenny E. Y.</b> Polus 5 – a rice variety with a new plant morphotype	39
<b>Shaposhnikova Y. V., Korobova N. A., Korobov A. P., Lysenko A. A., Puchkova E. V.</b> Comparative evaluation of leafless and leafless pea varieties by productivity and its main elements	47
<b>Goncharova J. K., Goncharov S. V., Chicharova E. E., Simonova V. V.</b> Variability of domestic varieties of rice by signs determining resistance to lodging	54

**TABLE OF CONTENTS**

<b>Barchukova A. Y., Tosunov Y. K., Chernysheva N. V.</b> The effect of the use of growth regulators and trace elements in the technology of growing potatoes for plant growth, formation of tubers, their yield and quality	61
<b>Chizhikov V. N., Sharifullin R.S.</b> Mapping of rice field soils by agrochemical characteristics using geoinformation systems	67
<b>Vladimirov S. A., Lazko V. E., Varivoda E. A., Yakimova O. V., Kovaleva E. V., Maslennikova E. S.</b> Agroecological testing of melon and watermelon varieties in the krasnodar territory and the Volgograd region	71
<b>Lysko I. A., Radko D. P.</b> Black bacterial pepper spotting (review)	77

**ANNIVERSARIES OF SCIENTISTS**

Tumanyan N. G.

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-6-12  
УДК 633.18:631.524.86:632.4:577.2

**Илюшко М.В.**, канд. биол. наук,  
**Гученко С.С.**,  
г. Уссурийск, Россия  
**Леявская В.Н.**,  
**Безмутко С.В.**,  
с. Камень-Рыболов, Россия  
**Ромашова М.В.**, канд. с.-х. наук  
г. Уссурийск, Россия

### ВЛИЯНИЕ ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ ГИБРИДНЫХ РАСТЕНИЙ ДОНОРОВ НА АНДРОГЕНЕЗ IN VITRO РИСА ORYZA SATIVA L.

Проблема устойчивости *Oryza sativa* L. к пирикулярриозу на Дальнем Востоке России полностью не решена. В этой связи необходима интрогрессия в сорта риса эффективных для региона генов устойчивости к возбудителю заболевания *Pyricularia oryzae* Cav., в частности гена *Pib*. Коллекционный образец Оху 2х (США) обладает этим геном, что подтверждено с помощью молекулярных маркеров. Поставлены задачи: провести оценку устойчивости образца риса Оху 2х к приморским расам пирикуляррии; интрогрессировать ген *Pib* в дальневосточные сорта риса; ввести в культуру *in vitro* пыльники гибридных растений риса для получения удвоенных гаплоидов с геном *Pib*. Оценка иммунитета коллекционного образца Оху 2х подтвердила его устойчивый тип реакции к дальневосточным расам пирикуляррии (1,6 баллов поражения) в условиях искусственного заражения в течение шести лет исследования. Получено 18 гибридных растений  $F_1$  с участием образца Оху 2х в качестве отцовской формы. В ходе маркер ориентированной селекции отобрано 16 из них, которые несут в гетерозиготе аллель устойчивости гена *Pib*. В культуру *in vitro* введено 3688 пыльников. Значения каллусообразования оказались очень низкими: семь гибридов не образовали каллуса, у семи растений каллусообразование составило менее одного процента (0,32-0,89 %), два растения превысили три процента (3,08-3,36 %). После пересадки каллусов на регенерационную среду зеленых регенерантов не отмечено. Гибридные растения на вегетационной площадке образовали полноценные метелки главного и боковых побегов без видимых отклонений. После подсчета числа зерновок образцы  $F_2$  разделились на две группы. В первую группу вошли полученные с участием образца Оху 2х, стерильность колосков на боковых побегах в среднем составила 87,7 %. Во второй группе оказались две самоопыленные линии и гибриды без участия Оху 2х, средняя стерильность колосков 25,6 %. Таким образом, образец Оху 2х отрицательно влиял на фертильность гибридов  $F_1$ , в результате чего завязалось ограниченное число зерновок, в среднем 36 шт. на растение. Во второй группе в среднем сформировалось 207 шт. на гибриды. Завязываемость зерновок гибридов риса и интенсивность андрогенетических ответов *in vitro* – взаимозависимые процессы: при высокой стерильности растений в культуре пыльников снижается или отсутствует каллусообразование.

**Ключевые слова:** *Oryza sativa* L., устойчивость к пирикулярриозу, *Pib*, образец Оху 2х, андрогенез *in vitro*, каллусообразование, стерильность колосков.

### POLLEN FERTILITY EFFECT OF HYBRID DONOR PLANTS ON ANDROGENESIS IN VITRO IN RICE ORYZA SATIVA L.

The problem of *Oryza sativa* L. resistance to *Pyricularia oryzae* Cav. in the Russian Far East has not been completely resolved. In this regard, it is necessary to introgress into rice varieties effective for the region resistance genes to the causative agent of the disease *P. oryzae*, in particular, the *Pib* gene. The collection sample Oxy 2x (USA) has this gene, which was confirmed using molecular markers. The following tasks were set: to assess the resistance of the rice sample Oxy 2x to coastal blast races; to introgress the *Pib* gene into Far Eastern rice varieties; introduce hybrid rice plants anthers into *in vitro* culture to obtain doubled haploids with the *Pib* gene. The collection sample Oxy 2x assessment of the immunity confirmed its resistant type of reaction to the Far Eastern races of blast (1.6 points of damage) under artificial infection conditions during the six years. 18  $F_1$  hybrid plants were obtained with the Oxy 2x sample participation as the paternal form. In the course of marker-oriented selection, 16 of them were selected; they carry the *Pi-b* gene resistance allele in the heterozygote. 3688 anthers were introduced into *in vitro* culture. The values of callus formation were very low: seven hybrids did not form callus, in seven plants the callus formation was less than one percent (0.32-0.89 %), two plants exceeded three percent (3.08-3.36 %). No green regenerants were noted after the transplantation of calli onto the regeneration medium. Hybrid plants in the growing area formed full-fledged panicles of the main and side shoots without visible deviations. After counting the number of grains  $F_2$  were divided into two groups. The first group included those obtained with the participation of the Oxy 2x sample – the spikelet sterility on lateral shoots averaged 87.7 %. The second group included two self-pollinated lines and hybrids without Oxy 2x, the average spikelets sterility was 25.6 %. Thus, the Oxy 2x sample had a negative effect on the fertility of  $F_1$  hybrids, as a result of which a limited number of grains set up, on average 36 pcs. on a plant. In the second group, on average, 207 pieces were formed for a hybrid. The grains set of rice hybrids and the intensity of androgenetic responses *in vitro* are interdependent processes: with high sterility of plants in the anther culture, callus formation is reduced or absent.

**Key words:** *Oryza sativa* L., blast resistance, *Pib*, Oxy 2x sample, androgenesis *in vitro*, callus formation, spikelet sterility.



### Введение

Юг Дальнего Востока и в большей части Приморский край являются единственной рисопригодной территорией на всем азиатском пространстве РФ с высоким потенциалом к расширению [14]. Дальневосточными селекционерами в последние годы выведен ряд высокоурожайных сортов риса *Oryza sativa* L., устойчивых к полеганию, осыпанию, с высокими технологическими показателями качества крупы [18]. Некоторые из них устойчивы к пирикулярриозу, другие остаются слабоустойчивыми [2, 9]. Среди грибных заболеваний, поражающих рис, пирикулярриоз – наиболее вредоносное и распространенное заболевание в мире, вызываемое несовершенным грибом *Pyricularia oryzae* Cav. (*Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr) [13, 20]. Это утверждение в полной мере относится к Приморскому краю. В отдельных хозяйствах распространенность возбудителя заболевания достигает 52,5 % [10]. Таким образом, селекция иммунных к пирикулярриозу сортов *O. sativa* в условиях юга Дальнего Востока остается актуальной задачей.

Определены эффективные гены устойчивости к пирикулярриозу риса в Приморском крае, к ним относят *Pita2*, *Pizt*, *Pib*, а так же *Pi9* и *Pi12(t)* [12, 16]. В районированных сортах риса проведена идентификация генов устойчивости к пирикулярриозу с помощью молекулярных маркеров: в пяти сортах обнаружен аллель устойчивости гена *Pita2*, в одном сорте гена *Pizt*. Аллелей устойчивости генов *Pib* и *Pi9* не выявлено. Детекцию гена *Pi12(t)* не проводили [6].

Среди коллекционных образцов риса ФГБНУ «ФНЦ агроботаники Дальнего Востока им. А.К. Чайки» выделены образцы Оху 2х (США), обладающий аллелем устойчивости гена *Pib* [6]. Кроме этого, в нем идентифицированы аллели локусов высоких значений удельной поверхностной плотности листа, отвечающих за увеличение фотосин-

тетических показателей отдельного листа [5]. В условиях Приморского края Оху 2х характеризуется позднеспелостью. При использовании рассадной технологии выращивания растений риса удается совмещать периоды цветения дальневосточных сортов и образца Оху 2х для гибридизации. Ускоренный перевод гибридных растений в гомозиготное состояние целевых генов проводится в андрогенезе *in vitro* с молекулярно-генетическим контролем [21].

### Цель исследований

Провести оценку устойчивости образца риса Оху 2х к приморским расам пирикулярриоза; интрогрессировать ген *Pib* в дальневосточные сорта риса; ввести в культуру *in vitro* пыльники гибридных растений риса для получения удвоенных гаплоидов с геном *Pib*.

### Материал и методы

Оценку устойчивости коллекционного образца Оху 2х к пирикулярриозу проводили в 2016–2021 гг. в условиях вегетационного домика по методике, разработанной для риса [11]. В качестве контроля привлечены следующие сорта: Приморский 29 – используется в госсортоиспытании в качестве контроля; Дальневосточный – наиболее давний из районированных сортов по 12 зоне (1975 г.); Долинный – один из последних устойчивых сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ агроботаники Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

В работе использовали наиболее жизнеспособные изоляты фитопатогена *P. oryzae* с высокой спорулирующей способностью из микологической коллекции центра и моноспорные изоляты, выделенные из гербарного материала, собранного в производственных посевах риса в Приморском крае. Набор изолятов в годы исследований различался на 40–92 % и составлял 5–16 шт. (табл. 1). Оценивали листовую форму поражения риса.

**Таблица 1. Изоляты возбудителя пирикулярриоза *Pyricularia oryzae* Cav., использованные для заражения образцов риса *Oryza sativa* L.**

Год	Расы	Общее число рас, шт.	Оригинальность штаммов, %
2016	Ндлч <sub>15-1</sub> , Лст <sub>12</sub> , Нду <sub>15-1</sub> , Лл <sub>06-1</sub> , Лугу <sub>14с15</sub> , Нвуч, Ндсл <sub>15</sub> , Нвл <sub>06</sub> , Вп <sub>11</sub> , Лл <sub>06-2</sub> , Ндлч <sub>15-2</sub> , Нду <sub>15-2</sub>	12	92
2017	М <sub>07-1</sub> , Впл <sub>09-1</sub> , Лл <sub>09</sub> , Хпч <sub>08-1</sub> , Ндл <sub>15</sub> , М <sub>08-1</sub> , Ндлс <sub>15-1</sub> , Хпч <sub>08-2</sub> , Впл <sub>09-2</sub> , Гр <sub>07</sub> , М <sub>08-2</sub> , Ндлс <sub>15-2</sub> , Пл <sub>16</sub> , Вп <sub>11-16</sub> , М <sub>07-2</sub> , Нду <sub>15</sub>	16	88
2018	Лл <sub>12-1</sub> , Л <sub>13</sub> , М <sub>08</sub> , Хпч, Пл <sub>16</sub>	5	40
2019	Л <sub>13</sub> , Впл <sub>10</sub> , В <sub>18а</sub> , В <sub>18с</sub> , Лл <sub>06-16</sub> , Пл <sub>17</sub> , Хпч <sub>18</sub> , Лст <sub>12-14</sub> , Пл <sub>16</sub> , НИОС <sub>17</sub>	10	60
2020	К-Р, Гр <sub>07</sub> , Нв <sub>ус</sub> , Р <sub>ост</sub> , 4с <sub>08</sub> , Л <sub>06</sub> , Пл <sub>17</sub> , Хпч, Ллк, Н <sub>ус08</sub> , М <sub>10-1</sub>	11	73
2021	Лст <sub>12</sub> , Гр <sub>07</sub> , Л <sub>05-1</sub> , Лу <sub>11</sub> , Л <sub>05-2</sub> , Чк <sub>20</sub> , Нус <sub>08</sub> , 4 <sub>ач</sub> , Чк <sub>20с</sub> , 4 <sub>б</sub> , Пл <sub>16</sub> , 5, Пл <sub>17</sub> , Лст <sub>12-14</sub>	13	69

Гибридизацию дальневосточных сортов риса с образцом Оху 2х проводили в условиях вегетационной площадки в 2021 г. Оху 2х использован в качестве отцовской формы. Кроме этого, в качестве отцовских форм были использованы сорта Дубрава

и Savia (Индия). Принятые в исследовании сокращения: Садко×Оху 2х (С×О), Луговой×Оху 2х (Л×О), Алмаз×Оху 2х (А×О), Дарий 23×Оху 2х (Д23×О), Ханкайский 429×Оху 2х (Х429×О), удвоенный гаплоид (Дон4237×Долинный)×Оху 2х (ДН×О), Ханкайский

52×Дубрава (Х52×Дб), Луговой×Savia (Л×Sv).

Гибридные зерновки  $F_1$  проращивали в чашках Петри и высаживали в автоклавированный грунт для дальнейшего дорастивания в условиях культуральной комнаты в 2022 г. В фазе трех листьев отбирали листья для ДНК-анализа и растения пересаживали в сосуды, наполненные полевой почвой, на вегетационную площадку. Маркер-ориентированную селекцию (MAS) гибридов по гену *Pib* проводили по методике, приведенной ранее [6].

Для получения андрогенетических ответов гибридов риса в условиях *in vitro* использовали главную метелку. Холодовую предобработку пыльников проводили при 5°C в течение недели. Изолированные недозрелые пыльники помещали на индукционную питательную среду  $N_6$  и культивировали в течение двух месяцев при температуре 25-27°C [19]. Каллусы высаживали на регенерационную среду  $N_6$ -рк [8].

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10. Достоверность различий средних определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

#### Результаты и обсуждение

Оценка иммунности коллекционного образца Оху 2х подтвердила его устойчивый тип реакции к дальневосточным расам пирикуляррии (0,6-1,9

баллов) в условиях искусственного заражения в течение пяти лет из шести изученных (табл. 2). В 2019 году средний балл поражения образца был 2,9, что соответствует промежуточному типу реакции на *P. oryzae*. Контрольные сорта в этот год продемонстрировали также нетипичные реакции, отличающиеся от других годов исследования: устойчивый сорт Долинный оказался среднеустойчивым (3,0); Приморский 29, обладающий промежуточным типом реакции, показал устойчивый тип реакции (2,1); восприимчивый сорт Дальневосточный оказался устойчивым (2,2). Расы пирикуляррии Впл<sub>10</sub>, В<sub>18ч</sub>, В<sub>18с</sub>, Лл<sub>06-16</sub>, Хпч<sub>18</sub>, НИОС<sub>17</sub> использовали только в 2019 г. Некоторые из этих шести рас, а возможно и все шесть, снижали иммунитет сорта Долинный и образца Оху 2х. Вместе с тем, более низкие значения баллов поражения сортов Дальневосточный и Приморский 29, в отличие от других годов исследования, могут свидетельствовать о наличии каких-то эффективных генов устойчивости к пирикулярриозу риса в этих образцах, которые еще не выявлены. Поэтому целесообразно с помощью молекулярных маркеров продолжить детекцию новых генов в сортах риса приморской селекции, например, гена *Pi12(t)*, согласно рекомендации дальневосточных специалистов по защите растений [16].

**Таблица 2. Поражаемость сортов риса *Oryza sativa* L. пирикулярриозом на искусственном инфекционном фоне, средний балл**

Сорт	Год						Среднее значение	Тип реакции
	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Оху 2х	1,1	1,4	1,5	2,9	0,6	1,9	1,6	уст.
Долинный	2,1	2,4	1,5	3,0	2,4	2,0	2,2	уст.
Приморский 29	–	4,9	4,5	2,1	5,0	4,0	4,1	промеж.
Дальневосточный	4,5	5,4	5,5	2,2	6,2	5,6	4,9	воспр.

Примечание - Приморский 29 и Дальневосточный превышают средние значения образца Оху 2х и сорта Долинный при  $p < 0,002$

В целом, по результатам длительной оценки выявлено, что коллекционный образец Оху 2х обладает устойчивым типом реакции на приморские расы *P. oryzae* за счет гена *Pib*, и поэтому имеет перспективу в селекции на иммунитет сортов риса *O. sativa* к пирикулярриозу.

В результате гибридизации в 2021 г. получено 43 зерновки  $F_1$ . После их проращивания в 2022 г. к этапу MAS осталось 18 растений, полученных от скрещивания с Оху 2х, два растения от скрещивания с Savia и одно растение от скрещивания с сортом Дубрава, всего 21 шт.

Молекулярно-генетический анализ подтвердил гибридность 16 растений, полученных с участием Оху 2х. У этих гибридов идентифицирован аллель устойчивости гена *Pib* в гетерозиготном состоянии. У двух растений Х429×О(2) и Х429×О(3) выявлен только аллель восприимчивости. Их отнесли к самоопыленным линиям. Растения Х52×Дб и Л×Sv оказались гетерозиготными по генам *Pi2* и *Pita2*. Аллели устойчивости этих двух генов присутству-

ют в сортах Ханкайский 52 и Луговой, соответственно [6].

Для получения удвоенных гаплоидов с геном *Pib* в культуру *in vitro* ввели пыльники 16 гибридных растений, полученных с участием образца Оху 2х (3688 шт.). Значения каллусообразования оказались очень низкими: семь гибридов не образовали каллуса, у семи растений каллусообразование составило менее одного процента (0,32-0,89 %), два растения превысили три процента (Л×О(3) – 3,08 % и Х429×О(1) – 3,36 %). После пересадки каллусов на регенерационную среду на трех из них образовалось 1-5 альбиносных растений. Зеленых регенерантов не отмечено.

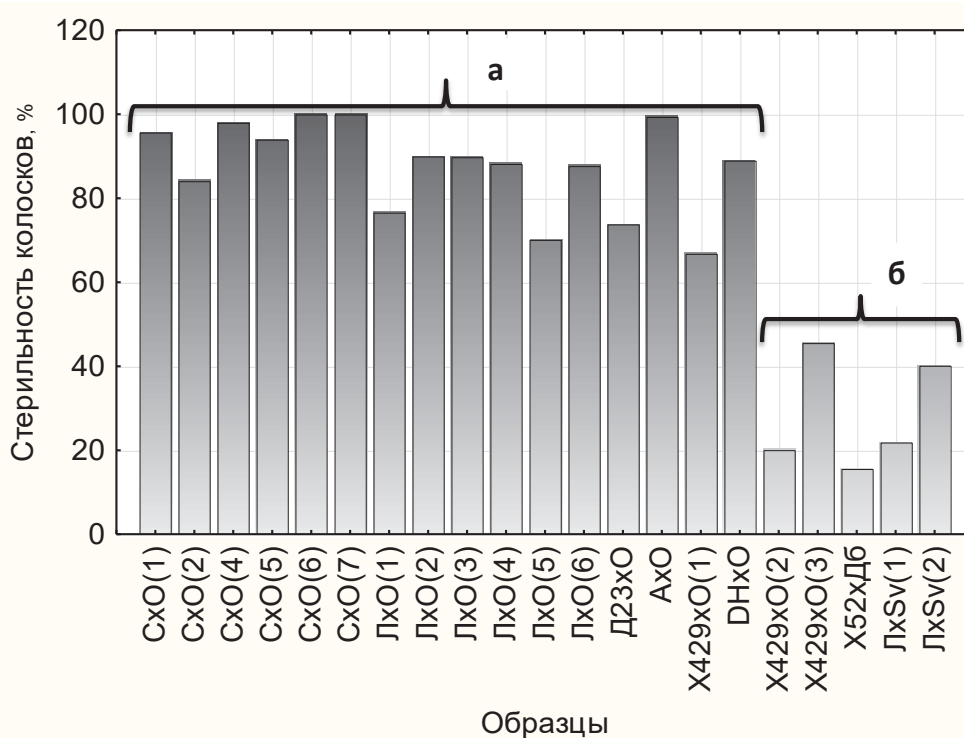
Использование приведенной технологии получения удвоенных гаплоидов в предыдущие годы исследований обеспечило стабильно высокое каллусообразование на пыльниках большинства гибридных растений, в отдельных случаях достигая 83 % [4, 7, 8, 21]. При любых протоколах андрогенеза *in vitro* *O. sativa* всегда находятся генотипы



с отрицательным результатом [1, 8, 22]. Однако, в нашем случае андрогенетические ответы в течение нескольких лет отмечены более чем у 90 % генотипов, что позволяет рассматривать технологию как эффективную.

Все гибридные растения на вегетационной площадке в год эксперимента образовали полноценные метелки главного и боковых побегов без видимых отклонений. Проведен подсчет числа зерновок на гибридах  $F_2$ . Гибридные растения разделились на две группы (рис.). В первую группу вошли  $F_2$ , полученные с участием образца Оху 2х – стерильность колосков на боковых побегах в среднем составила 87,7 % и колебалась в преде-

лах 66,8-100,0 % (рис., группа а). Во второй группе оказались две самоопыленные линии и гибриды  $F_2$  без участия Оху 2х (рис., группа б). Средняя стерильность колосков в группе б на боковых побегах 25,6 %. Так как эти растения не вводили в культуру *in vitro*, подсчитали стерильность в целом для растения с главной метелкой – 23,4 %. Различия между группами высокозначимы при  $p=0,0000001$ . Таким образом, образец Оху 2х отрицательно влиял на фертильность гибридов  $F_1$ , в результате чего завязалось ограниченное число зерновок, в среднем 36 шт. на растение (группа а). В то время как во второй группе (группа б) в среднем сформировалось 207 шт. на гибрид.



**Рисунок. Стерильность колосков риса *Oryza sativa* L., % : а – гибриды, полученные с участием образца Оху 2х; б – самоопыленные линии и гибриды без Оху 2х. Различия между группами значимы при  $p=0,0000001$**

В предыдущие годы исследований предпринимались единичные малорезультативные попытки получить удвоенные гаплоиды в андрогенезе *in vitro* с участием Оху 2х в  $F_1$ . Один из гибридов комбинации Рассвет×Оху 2х сформировал 390 удвоенных гаплоидов только из гибридов  $F_2$  [21]. Это согласуется с представлениями о большей отзывчивости гибридов  $F_2$  в культуре пыльников *in vitro*, чем гибридов  $F_1$  [22]. Удвоенные гаплоиды от гибрида Рассвет×Оху 2х не получили практического применения из-за осыпаемости зерновок. Крайне низкое каллусообразование и отсутствие регенерации у 16 гибридных растений свидетельствует о системном отрицательном характере воздействия отцовского генотипа на андрогенетические ответы

*in vitro*. Вместе с тем на этих же гибридах отмечена высокая стерильность колосков риса – в среднем 87,7 %.

Стерильность колосков риса подробно обсуждалась в связи в межподвидовой гибридизацией риса *O. sativa* [17]. Высказано мнение, что отсутствуют достоверные морфологические индикаторы разделения образцов на подвиды. Между тем скрещивание растений риса подвидов *japonica* и *indica* приводит к высокой стерильности колосков. Поэтому можно предположить, что одной из причин стерильности в нашем эксперименте стала несовместимость на уровне подвидов риса. В качестве материнских форм представлен широкий спектр сортов с различным индексом зерновки,

в том числе длиннозерный сорт Ханкайский 429. Тем не менее, все гибриды  $F_0$  с участием Оху 2х оказались высокостерильными. Причинами стерильности межподвидовых гибридов называют определенные комбинации аллелей генов широкой совместимости и генетические события, такие как вставки, делеции, замены нуклеотидов [17]. Карิโอотипы подвидов *japonica* и *indica* считаются идентичными, что подтверждается отсутствием кариотипической блокады для получения фертильных межподвидовых гибридов [3].

На результативность андрогенеза *in vitro* оказывает влияние комплекс факторов. Считается, что определяющим является влияние генотипа на способность пыльников к андрогенезу в условиях оптимального состава индукционной среды [15, 22]. Выделены ядерные и цитоплазматические гены, ответственные за разные этапы андрогенетических ответов [15, 22]. Однако влияние генотипа может проявляться еще при микроспорогенезе. Наличие генетических событий в виде замен нуклеотидов, вставок и делеций, вероятно

все же может препятствовать нормальному расхождению хромосом в мейозе и формированию микроспор еще до этапа одноядерной клетки компетентной к переключению программы с гаметофитного пути на спорофитный. Это вполне объясняет не только высокую стерильность колосков, но и крайне низкое каллусообразование, в среднем 0,64 %.

#### Выводы

1. Сорт риса Оху 2х с аллелем устойчивости гена *Pib* обладает устойчивостью к дальневосточным расам пирикуляррии, средняя поражаемость за шесть лет 1,6 баллов.

2. При использовании сорта риса Оху 2х в качестве отцовской формы, формируются гибриды с пониженной фертильностью (стерильность растений в среднем составляет 87,7 %).

3. Завязываемость зерновок гибридов риса и интенсивность андрогенетических ответов *in vitro* – взаимозависимые процессы: при высокой стерильности растений в культуре пыльников снижается или отсутствует каллусообразование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю.К. Использование метода культуры пыльников в селекции риса / Ю.К. Гончарова. – Краснодар: ВНИИ риса, 2012. – 91 с.
2. Гученко, С.С. Селекция дальневосточных сортообразцов риса на устойчивость к пирикулярриозу / С.С. Гученко, Т.В. Суницкая, В.Н. Лелявская // Рисоводство. – 2019. – №1(42). – С. 47-49.
3. Иваненко, Е.Е. Молекулярно-физиологические признаки для характеристики подвидов *indica* и *japonica* вида *Oryza sativa* L. / Е.Е. Иваненко, М.А. Скаженник, Т.Л. Коротенко // Рисоводство. – 2012. – №2(21). – С. 3-6.
4. Илюшко, М.В. Внутрикаллусная изменчивость удвоенных гаплоидов риса, полученных в андрогенезе *in vitro* / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, J.-M. Zhang, L.-W. Deng, D.-J. Liu, R. Zhang, С.С. Гученко // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – №3. – С. 533-543.
5. Илюшко, М.В. Идентификация генов эффективности фотосинтеза в сортах и гибридах риса (*Oryza sativa* L.) дальневосточной селекции / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, С.С. Гученко // Аграрная Россия. – 2021. – №8. – С. 41-44.
6. Илюшко, М.В. Молекулярное маркирование генов устойчивости к пирикулярриозу в сортах риса дальневосточной селекции / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, С.С. Гученко // Аграрная Россия. – 2020. – №10. – С. 30-33.
7. Илюшко, М.В. Содержание ядерной ДНК у регенерантов риса (*Oryza sativa* L.), полученных в культуре пыльников *in vitro* / М.В. Илюшко, М.В. Скапцов, М.В. Ромашова // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – №3. – С. 531-538.
8. Илюшко, М.В. Создание регенерантных линий методом культуры пыльников *in vitro* для селекции риса на российском Дальнем Востоке / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – №4(44). – С. 37-45.
9. Илюшко, М.В. Устойчивость образцов конкурсного сортоиспытания и сортов риса *Oryza sativa* L. дальневосточной селекции к пирикулярриозу / М.В. Илюшко, С.С. Гученко, В.Н. Лелявская, С.В. Безмутко, М.В. Ромашова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – №1. – С. 19-22.
10. Клименкова, Т.Г. Оценка сортообразцов и сортов риса на устойчивость к пирикулярриозу / Т.Г. Клименкова, Т.А. Михайлик, В.Н. Лелявская // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №4(48). – С. 67-74.
11. Коваленко, Е.Д. Методические указания по оценке устойчивости сортов риса к возбудителю пирикулярриоза / Е.Д. Коваленко, Ю.В. Горбунова, А.А. Ковалева, З.Г. Ершова, Н.А. Чернова, А.Ф. Жарова, Ж.Г. Наскидашвили, Л.А. Водяной, Т.М. Коломиец, Л.И. Константинова, М.И. Киселева, Н.М. Воробьева, Л.Ф. Плеханова, В.П. Кратенко. – М.: ВНИИФ, 1988. – 30 с.
12. Ковалева, А.А. Эффективные гены устойчивости к пирикулярриозу риса в Приморском крае / А.А. Ковалева, В.Н. Лелявская, Т.И. Лукьянович // Современные иммунологические исследования, их роль в создании новых сортов и интенсификации растениеводства. – Большие Вязьмы, 2009. – С. 127-132.
13. Коротенко, Т.Л. Резистентность к возбудителю пирикулярриоза и морфологические особенности генотипов коллекции *Oryza sativa* L. из разных эколого-географических групп в условиях Кубанской зоны рисосеяния / Т.Л. Коротенко, О.А., Брагина, И.И. Супрун, Ж.М. Мухина, Ю.В. Епифанович, А.А. Петрухненко, Т.А. Хорина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – №1. – С. 69-78.
14. Ознобихин, В.И. История рисосеяния на Российском Дальнем Востоке / В.И. Ознобихин, А.С. Тур, Б.М. Першин, А.И. Мизенин // Проблемы рисосеяния Российского Дальнего Востока: (Коллективная монография). – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. – 1999. – С. 11-34.
15. Першина, Л.А. Изучение особенностей андрогенеза в культуре пыльников сортов и перспективной формы яровой мягкой пшеницы западносибирской селекции, различающихся наличием или отсутствием пшенично-чу-

жеродных транслокаций / Л.А. Першина, Т.С. Осадчая, Е.Д. Бадаева, И.А. Белан, Л.П. Росеева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – №1. – С. 40-49.

16. Санкин, А.Ю. Актуальные в селекционном процессе гены устойчивости к пирикулярнозу риса в условиях Приморского края / А.Ю. Санкин, В.Н. Лелявская, И Таль Сун // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2 – № 10. – С. 26-28.

17. Харитонов, Е.М. Стерильность при межподвидовой гибридизации риса *Oryza sativa* L. в связи с поиском генов широкой совместимости и отнесением образцов к подвидам *indica* и *japonica* / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – №5. – С. 61-68.

18. Чайка, А.К. Аграрная наука в Приморье (XX-XXI вв.) / А.К. Чайка, А.П. Ващенко. – Владивосток: Рея. – 228 с.

19. Chu, C. The N<sub>6</sub> medium and its applications to another culture of cereal crops / C. Chu // Proceedings of the Symposium on Plant Tissue Culture. – Peking: Science Press, 1978. – P. 43-50.

20. Dean R. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology / R. Dean, L.V. Kan, Z.A. Preportus, K.E. Hammond-Kosack, A. Pietro, P.D. Spanu, J.J. Rudd, M. Dickman, R. Kahmann, J. Ellis, G.D. Foster // Molecular Plant Pathology. – 2012. – Vol. 13. – № 4. – P. 414-430.

21. Ilyushko, M.V. Intra-callus genetic variability of rice *Oryza sativa* L. doubled haploids regenerated through androgenesis *in vitro* / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, S.S. Guchenko // Lecture Notes in Networks and systems. – 2022. – Vol. 353. – P. 9-18.

22. Sarao, N. In vitro androgenesis for accelerated breeding in rice / N. Sarao, S. Gosal // S. Biotechnologies of crop improvement, Volume 1. – Springer, Cham. – 2018. – P. 407-435.

## REFERENCES

- Goncharova, J.K. Use of another culture method in rice breeding. – Krasnodar: ARRI, 2012. – 91 p. [In Russian].
- Guchenko, S.S. Breeding of Far-East rice varieties for resistance to blast / S.S. Guchenko, T.V. Sunitskaya, V.N. Lelyavskaya // Rice Growing. – 2019. – № 1(42). – P. 47-49. [In Russian].
- Ivanenko, E.E. Molecular-physiological Иваненко, Е.Е. Молекулярно-физиологические признаки для характеристики подвидов *indica* и *japonica* вида *Oryza sativa* L. / Е.Е. Иваненко, М.А. Skazhennik, Т.Л. Korotenko // Rice Growing. – 2012. – № 2(21). – P. 3-6. [In Russian].
- Ilyushko, M.V. Intra-callus variability of rice doubled haploids generated through *in vitro* androgenesis / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, J.-M. Zhang, L.-W. Deng, D.-J. Liu, R. Zhang, S.S. Guchenko // Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]. – 2020. – Vol. 55. – № 3. – P. 533-543.
- Ilyushko, M.V. Identification of photosynthesis efficiency genes in varieties and hybrids of *Oryza sativa* L. of Far Eastern selection / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, S.S. Guchenko // Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]. – 2021. – № 8. – P. 41-44. [In Russian].
- Ilyushko, M.V. Molecular marking of resistance genes against *Pyricularia oryzae* in *Oryza sativa* L. varieties of Far Eastern selection / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, S.S. Guchenko // Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]. – 2020. – № 10. – P. 30-33. [In Russian].
- Ilyushko, M.V. Nuclear DNA content in rice (*Oryza sativa* L.) regenerants derived from anther culture *in vitro* / M.V. Ilyushko, M.V., Skaptsov, M.V. Romashova // Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]. – 2018. – Vol. 53. – № 3. – P. 531-538.
- Ilyushko, M.V. Creation of regenerant lines by the method of another culture *in vitro* for rice breeding in the Russian Far East / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova // Far East Agrarian Herald. – 2017. – № 4(44). – P. 37-45. [In Russian].
- Ilyushko, M.V. Resistance of Far Eastern rice *Oryza sativa* L. varieties and competitive testing samples to *Pyricularia oryzae* Cav. / M.V. Ilyushko, S.S. Guchenko, V.N. Lelyavskaya, S.V. Bezmuto, M.V. Romashova // Russian Agricultural Sciences. – 2022. – Vol. 48. – № 1. – P. 8-12.
- Klimenkova, T.G. Assessment of rice variety samples and rice varieties in relation to rice blast resistance / T.G. Klimenkova, T.A. Michalik, V.N. Lelyavskaya // Far East Agrarian Herald. – 2018. – № 4(48). – P. 67-74. [In Russian].
- Kovalenko, E.D. Metodicheskie ukazaniya po otsenke ustoychivosti sortov risa k vospuditeyu pirikulyarioza [Methodical recommendations for estimating resistance of rice varieties to a blast pathogen] / E.D. Kovalenko, Yu.V. Gorbunova, A.A. Kovaleva, Z.G. Ershova, N.A. Chernova, A.F. Zharova, Zh.G. Naskidashvili, L.A. Vodyanoi, T.M. Kolomiets, L.I. Konstantinova, M.I. Kiseleva, N.M. Vorob'eva, L.F. Plekhanova, V.P. Kratenko. – M.: VNIIF, 1988. 30 p. [In Russian].
- Kovaleva, A.A. Effective rice blast tolerance genes in Primorsky Krai / A.A. Kovaleva, V.N. Lelyavskaya, T.I. Luk'yanovich // Materialy Vserossiiskoi nauchno-proizvodstvennoi konferentsii "Sovremennye immunologicheskie issledovaniya, ikh rol' v sozdanii novykh sortov i intensivatsii rasteniyevodstva" (Proc. All-Russian Sci. Prod. Conf. "Modern Immunological Studies, Their Role in the Creation of New Varieties and Intensification of Crop Production). – Bol'shie Vyaz'my, 2009. – P. 127-132. [In Russian].
- Korotenko, T.L. Resistance to the blast agent and the morphobiological features of genotypes in the *Oryza sativa* L. collection from various ecological and geographical groups in conditions of Kuban zone of rice growing / T.L. Korotenko, O.A. Bragina, I.I. Suprun, Zh.M. Mukhina, Yu.V. Epifanovich, A.A. Petrukhenko, T.A. Khorina // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22. – № 1. – P. 69-78. [In Russian].
- Oznobikhin, V.I. Istoriya risosen'ya na Rossiiskom Dalnem Voskoke (History of Rice Growing in the Russian Far East) / V.I. Oznobikhin, A.S. Tur, B.M. Pershin, A.I. Mizenin // Problemy risosen'ya Rossiiskogo Dalnego Voskoka (Problem of Rice Growing in the Russian Far East): (Collectiv monography). – Vladivostok: Idatelstvo Dalnevostochnogo universiteta. – 1999. – P. 11-34. [In Russian].
- Pershina, L.A. Features of androgenesis in anther cultures of varieties and a promising accession of spring common wheat bred in West Siberia differing in the presence or absence of wheat-alien translocations / L.A. Pershina, T.S. Osadchaya, E.D. Badaeva, I.A. Belan, L.P. Rosseeva // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2013. – Vol. 17. – № 1. – P. 40-49. [In Russian].
- Sankin, A.Y. Relevant in the selection of varieties resistance genes piricularia rice in Primorsky Krai / A.Y. Sankin,

V.N. Lelyavskaya, I Tal Soon // *Uspekhi sovremennoi nauki*. – 2017. – Vol. 2 – № 10. – P. 26-28. [In Russian].

17. Kharitonov, E.M. Sterility of interspecific hybrids of *Oryza sativa* L. in connection with search of genes of wide compatibility and correct reference of samples to subspecies *indica* and *japonica* / E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova // *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]*. – 2013. – № 5. – P. 61-68. [In Russian].

18. Chaika, A.K. *Agricultural science in Primorye (XX-XXI)* / A.K. Chaika, A.P. Vashenko. – Vladivostok: Reya. – 228 p. [In Russian].

19. Chu, C. The N<sub>6</sub> medium and its applications to another culture of cereal crops / C. Chu // *Proceedings of the Symposium on Plant Tissue Culture*. – Peking: Science Press, 1978. – P. 43-50.

20. Dean R. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology / R. Dean, L.V. Kan, Z.A. Preportus, K.E. Hammond-Kosack, A. Pietro, P.D. Spanu, J.J. Rudd, M. Dickman, R. Kahmann, J. Ellis, G.D. Foster // *Molecular Plant Pathology*. – 2012. – Vol. 13. – № 4. – P. 414-430.

21. Ilyushko, M.V. Intra-callus genetic variability of rice *Oryza sativa* L. doubled haploids regenerated through androgenesis *in vitro* / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, S.S. Guchenko // *Lecture Notes in Networks and systems*. – 2022. – Vol. 353. – P. 9-18.

22. Sarao, N. *In vitro* androgenesis for accelerated breeding in rice / N. Sarao, S. Gosal // *S. Biotechnologies of crop improvement, Volume 1*. – Springer, Cham. – 2018. – P. 407-435.

**Марина Владиславовна Илюшко**

Ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии  
E-mail: ilyushkoiris@mail.ru

**Marina Vladislavovna Ilyushko**

Leading Researcher of the Agricultural Biotechnology Laboratory  
E-mail: ilyushkoiris@mail.ru

**Светлана Сергеевна Гученко**

Научный сотрудник лаборатории селекции риса  
E-mail: lana\_svet8@mail.ru

**Svetlana Sergeevna Guchenko**

Scientist of the Rice Breeding Laboratory  
E-mail: lana\_svet8@mail.ru

**Марина Викторовна Ромашова**

Старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии  
E-mail: romashova\_1969@mail.ru

**Marina Viktorovna Romashova**

Senior research scientist of the Agricultural Biotechnology Laboratory  
E-mail: romashova\_1969@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»  
692539, Россия, Приморский край,  
п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

All: FSBSI «Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology of the Far East named A.K. Chaika»  
30, Volozhenina street, stl. Timiryazevsky, Ussuriysk, Primorsky krai, 692539, Russia

**Валентина Николаевна Лелявская**

Младший научный сотрудник лаборатории фитопатологии  
E-mail: dalniizr@mail.ru

**Valentina Nikolaevna Lelyavskaya**

Junior researcher of the Phytopatology Laboratory  
E-mail: dalniizr@mail.ru

**Светлана Владимировна Безмутко**

Научный сотрудник лаборатории фитопатологии  
E-mail: gsv709@mail.ru

**Svetlana Vladimirovna Bezmutko**

Researcher of the Phytopatology Laboratory  
E-mail: gsv709@mail.ru

Все: Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал «ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»  
692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов,  
ул. Мира, 42а

All: Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of «Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology of the Far East named A.K. Chaika»  
42a, ul. Myra, vl. Kamen-Rybolov, Primorsky krai, 692684, Russia



DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-13-18  
УДК:633.18:58

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

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЛЛУСОГЕНЕЗА РИСА НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ RZ

До сих пор нет единого мнения по составу питательных сред для различных генотипов, и совершенствование их состава все еще остается актуальной проблемой, решение которой способно значительно ускорит селекционный процесс, как в традиционной, так и в гетерозисной селекции. В связи с этим основной целью исследования было изучение новых вариантов питательных сред и установление взаимосвязи изменения компонентов питательной среды с эффективностью каллусообразования. Ранее нами было показано преимущество питательной среды RZ (Raina, Zapata. 1997) над питательной средой N (Nitsch, Nitsch 1969) для отечественных сортов и гибридов, но для дальнейшего повышения эффективности каллусогенеза разработано 5 вариантов на основе питательной среды RZ. Питательная среда R1 характеризовалась пониженным почти в три раза содержанием  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , однако полученные на ней результаты были достоверно лучше, чем на исходной питательной среде RZ. Питательные среды R2 и R3 превосходили другие варианты питательных сред по каллусообразованию, за исключением R1. Анализ состава питательных сред показал, что питательная среда R2 характеризовалась отсутствием содержания нафтил уксусной кислоты NAF (0), то есть снижение количества гормонов повысило выход каллуса. Питательная среда R3 характеризовалась повышенным содержанием 2,4D, результат на ней превзошел другие на этой питательной среде за исключением питательных сред R2 и R1. На питательной среде R4 снижено содержание  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  с 320 до 231,5 граммов, каллусогенез при этом увеличился по сравнению с исходным вариантом питательной среды. На питательной среде R5 снижено содержание  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  с 370 граммов до 185, каллусогенез при этом также увеличился по сравнению с исходным вариантом питательной среды.

**Ключевые слова:** рис, культура пыльников, питательные среды, каллусогенез.

### ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF RICE CALLUSOGENESIS ON MEDIA DEVELOPED ON THE BASIS OF THE RZ MEDIUM

There is still no consensus on the composition of nutrient media for various genotypes, and the improvement of their composition is still an urgent problem, the solution of which can significantly speed up and facilitate the breeding process, both in traditional and heterotic breeding. In this regard, the main goal of the study was to compile new variants of nutrient media and establish the relationship between changes in the components of the medium and the efficiency of callus formation. Previously, we showed the advantage of the RZ nutrient medium (Raina, Zapata. 1997) over the N nutrient medium (Nitsch, Nitsch 1969) for domestic varieties and hybrids, but to further increase the efficiency of callusogenesis, 5 variants based on the RZ nutrient medium were developed. The nutrient medium R1 was characterized by a reduced content of  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  by almost three times, however, the results obtained on it were significantly better than on the initial nutrient medium RZ. Nutrient media R2 and R3 were superior to other variants of nutrient media in callus formation, with the exception of R1. Analysis of the composition of nutrient media showed that the nutrient medium R2 was characterized by the absence of naphthyl acetic acid NAF (0), that is, a decrease in the amount of hormones increased the yield of callus. The nutrient medium R3 was characterized by an increased content of 2,4D, the result on it surpassed others on this nutrient medium with the exception of the nutrient media R2 and R1. On the nutrient medium R4, the content of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  с 320 grams was reduced to 231.5, while callus formation increased compared to the initial version of the nutrient medium. On the nutrient medium R5, the content of  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  was reduced from 370 grams to 185, while callus formation also increased compared to the original version of the nutrient medium.

**Key words:** rice, culture of anthers, nutritious media, callus formation.

#### Введение

Для различных генотипов необходимо различное количество и соотношение регуляторов роста [9, 13, 16]. Для риса подвида *indica* необходимы более высокие концентрации экзогенных гормонов, чем для риса подвида *japonica* [1, 5, 15]. Начиная с первых работ по культуре тканей риса, большинство исследователей в качестве дедифференци-

атора для индукции каллусов риса использовали 2,4D. Однако Chen С. и Lin М. установили, что 2,4D оказывает ингибирующее действие на органогенез в культуре пыльников риса [6, 7, 16]. В последнее время для культивирования пыльников риса предложено несколько новых питательных сред, которые отличаются от общепринятой среды N6 содержанием солей: повышенным  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,

MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O и более низким содержанием (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а также более высоким содержанием витаминов и регуляторов роста (табл. 1) [3, 4, 10]. Использование только аммонийной или нитратной формы азота приводило к снижению эффективности культивирования пыльников. Изменение в концентрации других солей не давало достоверного эффекта на выход регенерантов [11, 12, 14]. Подытоживая перечисленное ранее, можно сделать вывод, что до сих пор нет единого мнения по составу питательных сред для различных генотипов и совершенствование их состава все еще остается актуальной проблемой, решение которой способно значительно ускорить и облегчить селекционный процесс, как в традиционной, так и в гетерозисной селекции [2, 8, 17].

**Таблица 1. Состав стандартных питательных сред используемых для культивирования пыльников**

Код	Компоненты	RZ, мг/л	N6, мг/л	MS, мг/л
1	2	3	4	5
СТ 1	KNO <sub>3</sub>	3134	2830	1900
СТ 2	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	370	185	370
	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	22,3	4,4	22,3
	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	8,6	1,5	8,6
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	320	463	1650
СТ 3	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	540	400	170
	KI	0,8	0,8	0,83
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,2	1,6	6,2
СТ 4	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	440	166	400
СТ 5	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	27,9	27,8	27,8
	Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	37,3	37,3	37,3
	Na <sub>2</sub> MOO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,25		0,25
	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,025		0,025
	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,025		0,025
Витамины	тиамин HCl	2	1	0,4
	пиридоксин HCl	2	0,5	0,5
	никотин. кис-та	2	0,5	0,5
	глицин	2	2	2
Гормоны	2,4D	0,5	2	
	кинетин	0,5	0,5	
	NAA	2		
	Мальтоза	40г		
	Сахароза		30-60г	
	Агар	5г	7-8г	

### Цель исследований

Составить новые варианты питательных сред и установить взаимосвязи изменения компонентов среды с эффективностью каллусообразования.

### Материалы и методы

Отбор метелок проводили в утренние часы, основываясь на цитологических наблюдениях стадии развития микроспор и морфологических признаках: расстоянии между флажковым и последующим листьями, интенсивности окраски цветка и пыльников.

Метелки риса во влагище листа с микроспорами на поздней одноклеточной/ранней двухклеточной фазе развития срезали за 2-3 дня до выметывания, после обработки спиртом для стерилизации, помещали в стакан с водой, накрывали для предотвращения обезвоживания. Хранили в холодильнике при температуре 7-9°C в течение 7-12 дней. Метелки риса стерилизовали с использованием 4 % гипохлорита натрия (NaClO) в течение 20 минут и трижды промывали стерильной водой, автоклавированной при 1,5 атмосферах в течение 1 часа. В работе соблюдали все правила стерильности, разработанные для культивирования ткани. Манипуляции проводили в асептических условиях в боксе. Для стерилизации бокса использовали бактерицидные лампы, при этом проходила частичная стерилизация инструмента. В боксе пыльники помещали на среду, предварительно автоклавированную в течение 20-25 минут при 1,2 атмосфере. В чашки Петри высаживали 100 пыльников, инкубировали их при температуре 24-26 °C в темноте, подсчет каллуса начали на 30 день и проводили через 10 дней. Для повышения эффективности анализа провели разделение полученных результатов на группы по количеству каллуса. Первая группа от 1 до 5 каллусов на чашку Петри, вторая - от 5 до 10, третья от 10 до 15, четвертая - более 15 шт.

### Результаты и обсуждение

Ранее нами было показано преимущество питательной среды RZ над питательной средой N (Nitsch, Nitsch 1969) для отечественных сортов и гибридов, но для дальнейшего повышения эффективности каллусогенеза разработано 5 вариантов на основе питательной среды RZ (табл. 2).

**Таблица 2. Различия в составе используемых питательных сред**

Питательная среда	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	NAA	2,4D	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
RZ	440	2	0,5	320	370
R1	150	2	0,5	320	370
R2	440	-	0,5	320	370
R3	440	2	2	320	370
R4	440	2	0,5	231,5	370
R5	440	2	0,5	320	185



На все варианты питательных сред высаживали пыльники различных короткозерных и среднезер-

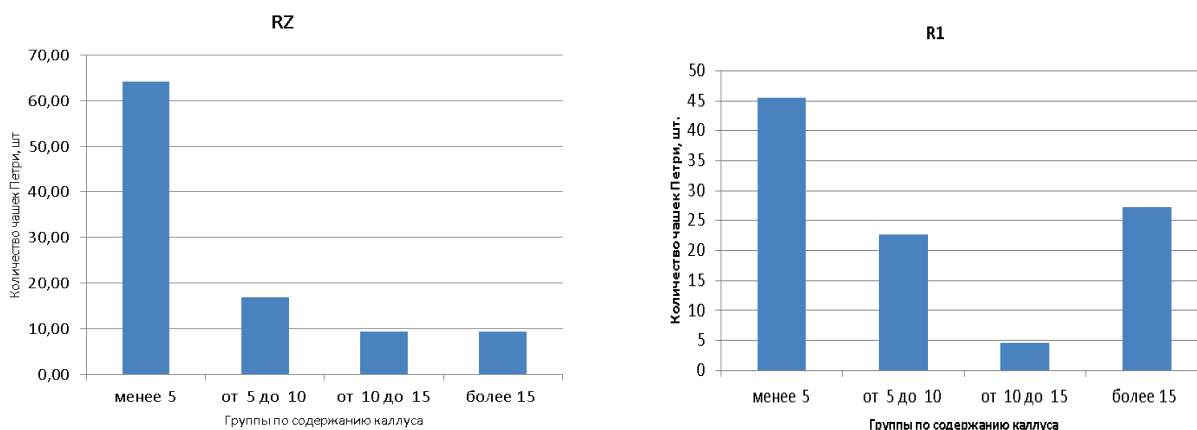
ных сортов отечественной селекции, полученные результаты представлены в таблице 3.

**Таблица 3. Варианты питательных сред, объем работы, достоверность различий питательных сред для каллусообразования**

Питательная а	Среднее значение, шт.	Количество чашек Петри, шт.	Стандартное отклонение, шт.	Ошибка средней, шт.
Rz	6,46	53	4,20	0,52
R1	8,59	22	4,60	0,41
R2	7,67	25	5,88	1,21
R3	7,57	28	4,84	0,91
R4	7,47	27	4,69	1,04
R5	7,48	21	4,93	1,07
Среднее значение	7,60	349	4,99	

Питательная среда R1 характеризовалась пониженным почти в три раза содержанием  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (рис. 1), однако полученные на ней результаты были достоверно лучше, чем на питательной сре-

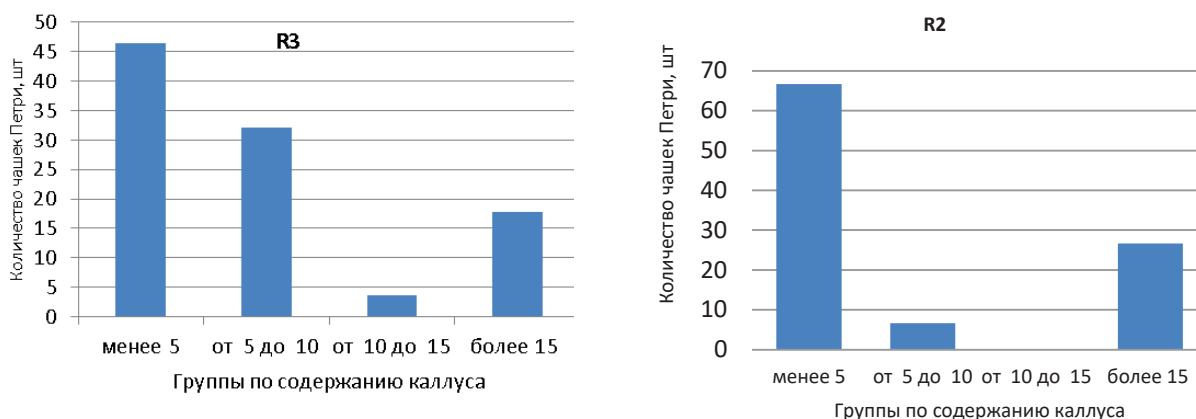
де RZ: повысилось количество чашек с большим содержанием каллуса, также каллусогенез на ней достоверно выше, чем на других вариантах питательных сред.



**Рис. 1. Каллусогенез на питательных средах RZ и R1 (%)**

Питательные среды R2 и R3 превосходили другие варианты по каллусообразованию, за исключением R1, однако из-за небольшой выборки это различие не было достоверным, в дальнейшей работе необходимо будет повторить эти варианты

с большей выборкой. На питательной среде R3 практически удвоилось количество чашек с каллусом более 15 шт., на питательной среде R2 этот показатель увеличился в 3 раза (количество чашек с каллусом более 15 шт.) (рис. 2).



**Рис. 2. Каллусогенез на питательных средах R2 и R3 (%)**

Анализ состава питательных сред показал, что питательная среда R2 характеризовалась отсутствием содержания нафтил уксусной кислоты NAF (0), то есть сочетание снижения количества гормонов повысило выход каллуса. Питательная среда R3 характеризовалась повышенным содержанием 2,4D, результат на ней превзошел другие на этой питательной среде за исключением питательных сред R2 и R1.

На питательной среде R4 снижено содержание  $(NH_4)_2SO_4$  с 320 граммов до 31,5, как на питательной среде С, каллусогенез при этом увеличился по сравнению с исходным вариантом питательной среды [9]. На питательной среде R5 снижено содержание  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  с 370 граммов до 185, как на питательной среде С, каллусогенез при этом также увеличился по сравнению с исходным вариантом питательной среды (рис. 3).

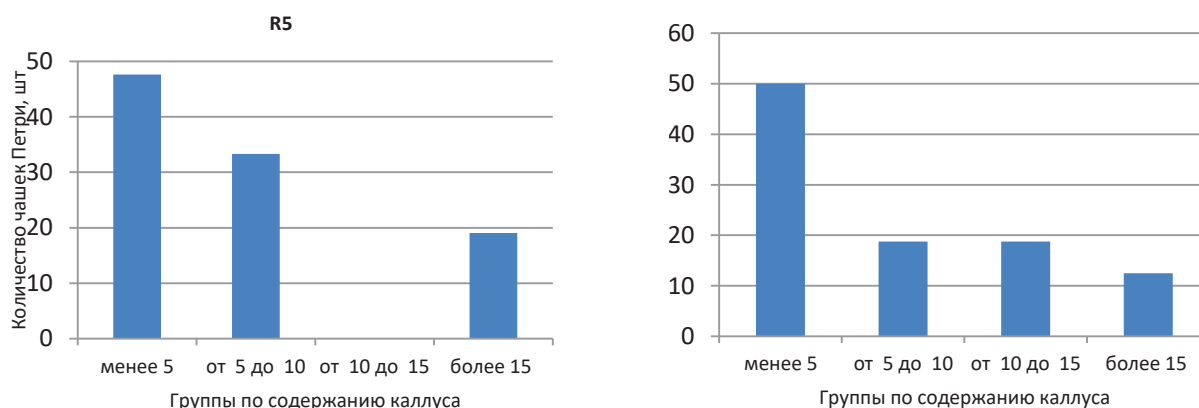


Рисунок 3. Каллусогенез на питательных средах R4 и R5 (%)

Из всего выше приведенного, заключили, что все варианты питательных сред показали положительный эффект, максимальное его значение было на

питательной среде R1 с в три раза сниженным содержанием  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ .

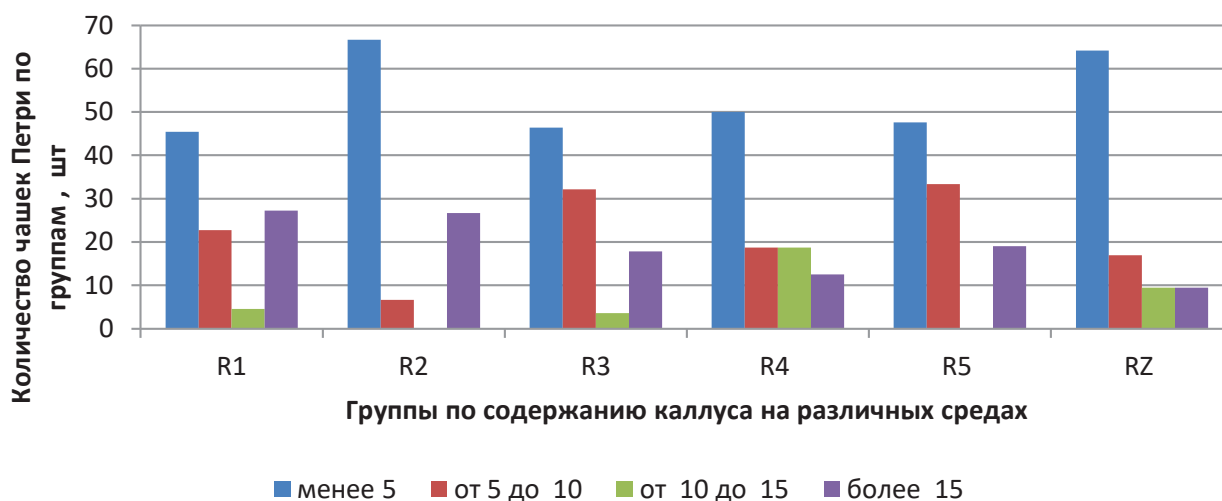


Рисунок 4. Каллусогенез на разработанных питательных средах в сравнении со стандартом Rz

Питательные среды R2 и RZ наиболее универсальны, большая часть генотипов образует каллус на этих питательных средах (рис. 4). Питательные среды R1, R2, более специфичны и позволяют получить большое количество каллуса в меньшем числе вариантов. Для отечественных короткозерных и среднезерных сортов среди разработанных питательных сред наиболее подходили питательные среды R5, RZ, R1. Причем питательные среды R1 и R5 показывали хороший результат не во всех комбинациях, питательная среда RZ подходили большему количеству образцов.

Достоверно за счет небольших выборок по каждому варианту питательных сред отличалась питательная среда R1, однако положительный эффект отмечен во всех 5 вариантах.

**Выводы**

Питательные среды R2 и RZ наиболее универсальны, большая часть генотипов образует каллус на этих питательных средах.

Питательная среда R1, более специфична и позволяет получить большое количество каллуса у меньшего числа образцов. Питательная среда R1 характеризуется пониженным почти в три раза содержанием  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , чем стандартная RZ.

Из-за менее значительного влияния на каллогенез других изменяемых компонентов среды, достоверного их влияния не установлено, тем не менее, отмечен их положительный эффект. Требуется дальнейшее увеличение выборки для подтверждения полученного результата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова, Ю.К. Использование метода культуры пыльников в селекции риса / Ю.К. Гончарова. – Краснодар, 2012.
2. Гончарова, Ю.К. Способ закрепления гетерозиса гибридов / Ю.К. Гончарова // Патент на изобретение № 2759222 С2, 11.11.2021. Заявка № 2019140920 от 11.12.2019.
3. Гончарова, Ю.К. Сравнительный анализ эффективности питательных сред для индукции каллусообразования у гибридов риса / Ю.К. Гончарова, Е.М. Харитонов, Н.Ю. Бушман, С.А. Верещагина // Доклады Россельхозакадемии. – 2013. - № 6. – С. 6-9.
4. Илюшко, М.В. Содержание ядерной ДНК у регенерантов риса (*ORYZA SATIVA L.*), полученных в культуре пыльников IN VITRO / М.В. Илюшко, М.В. Скапцов, М.В. Ромашова // Сельскохозяйственная биология – 2018. – Т. 53. – № 3. – С. 531-538.
5. Илюшко, М.В. Создание исходного материала для селекции риса методом культуры пыльников IN VITRO на Российском Дальнем Востоке / М.В. Илюшко // В сборнике: Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности Дальневосточного региона. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 75-79.
6. Chen, C.C. In vitro development of plant from microspores of rice IN VITRO / C.C. Chen // National Library of Medicine. – 1977. – V. 13. – P. 484-489.
7. Chen, Y. Anther and pollen culture of rice / Y. Chen // Haploids of higher plants in vitro. China academic publishers, Beijing. – 1986. – P. 3-25.
8. Croser, J.S. Toward doubled haploid production in the Fabaceae: progress, constraints, and opportunities / J.S. Croser, M.M. Lulsdorf, P.A. Davies, H.J. Clarke, K.L. Bayliss, N. Mallikarjuna, K.H.M. Siddique // Critical reviews in plant sciences. – 2006. – Vol. 25. – P. 139-157.
9. Goncharova, Y.K. Nutrient media for double haploid production in anther culture of rice hybrids / Y.K. Goncharova, S.A. Vereshagina, S.V. Gontcharov // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. – 2020. –V. 21. - № 23-24. - P.1215-1223.
10. Lentini, Z.P. Martinez R.C., Rosa W.M. Androgenesis of highly recalcitrant rice genotypes with maltose and silver nitrate / Z.P. Lentini, R.C. Martinez, W.M. Rosa // Plant Science. – 1995. – V. 110. – P. 127-138.
11. Nabors, M.W. Long-duration, high-frequency plant regeneration from cereal tissue cultures / M.W. Nabors, J.W. Heyser, O.A. Dykes, E.D. Mott // Planta. – 1983. – V. 157. –P. 385.
12. Ochatt, S. Abiotic stress enhances androgenesis from isolated microspores of some legume species (Fabaceae) / S. Ochatt, C. Pech, R. Grewal, C. Coreux, M. Lulsdorf, L. Jacas // Journal of plant physiology. – 2009. Doi: 10.1016/j.jplph.2009.01.011.
13. Raina, S.K. Enhanced anther culture efficiency of indica rice (*Oryza sativa L.*) through modification of the culture media / S.K. Raina, F.J. Zapata // Plant Breed. – 1997. – V. 116. – P. 305-315.
14. Savenko, E.G. Cyto-histological aspects of haploid androgenesis when obtaining haploids/doubled haploids in rice (*Oryza sativa L.*) anther culture in vitro / E.G. Savenko, Zh.M. Mukhina, V.A. Glazyrina, L.A. Shundrina // E3S Web of Conferences. - 2021. - V. 285. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502033>.
15. Silva, T.D. Indica rice anther culture: can the impasse be surpassed? / T.D. Silva // Plant Cell Tiss. Organ Cult. – 2010. – V. 100. – P. 1-11.
16. Zhuo, L.S. Phenylacetic acid stimulation of direct shoot formation in anther and somatic tissue cultures of rice (*Oryza sativa L.*) / L.S. Zhuo, H.M. Si, S.H. Cheng, Z.X. Sun // Plant Breeding. – 1996. – 115. – P. 295-300.

#### REFERENCES

1. Goncharova, Yu.K. The use of the anther culture method in rice breeding / Yu.K. Goncharova. – Krasnodar, 2012.
2. Goncharova, Yu.K. Method of fixing the heterosis of hybrids / Yu.K. Goncharova // Patent for invention. - № 2759222 С2, 11.11.2021. Application № 2019140920 dated 11.12.2019.
3. Goncharova, Yu.K. Comparative analysis of the effectiveness of nutrient media for the induction of callus formation in rice hybrids / Yu.K. Goncharova, E.M. Kharitonov, N.Y. Bushman, S.A. Vereshchagina // Reports of the Russian Agricultural Academy. – 2013. - № 6. – P. 6-9.
4. Ilyushko, M.V. The content of nuclear DNA in rice regenerants (*ORYZA SATIVA L.*) obtained in the culture of anthers IN VITRO / M.V. Ilyushko, M.V. Skaptsov, M.V. Romashova // Agricultural Biology – 2018. – Vol. 53. – p. 531-538.
5. Ilyushko, M.V. Creation of source material for rice breeding by the method of anther culture IN VITRO in the Russian Far East / M.V. Ilyushko // In the collection: The role of agricultural science in ensuring food security of the Far Eastern region. Collecting.
6. Chen, C.C. In vitro development of plant from microspores of rice IN VITRO / C.C. Chen // National Library of Medicine. – 1977. – V. 13. – 484-489. 3 p.
7. Chen, Y. Anther and pollen culture of rice / Y. Chen // Haploids of higher plants in vitro. China academic publishers, Beijing. – 1986. – P. 3-25
8. Croser, J.S. Toward doubled haploid production in the Fabaceae: progress, constraints, and opportunities / J.S. Croser, M.M. Lulsdorf, P.A. Davies, H.J. Clarke, K.L. Bayliss, N. Mallikarjuna, K.H.M. Siddique // Critical reviews in plant sciences. – 2006. – Vol. 25. – P. 139-157.
9. Goncharova, Y.K. Nutrient media for double haploid production in anther culture of rice hybrids / Y.K. Goncharova, S.A. Vereshagina, S.V. Gontcharov // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. – 2020. –T. 21. - № 23-24. - P.1215-1223.

10. Lentini, Z.P. Martinez R.C., Rosa W.M. Androgenesis of highly recalcitrant rice genotypes with maltose and silver nitrate / Z.P. Lentini, R.C. Martinez, W.M. Rosa // *Plant Science*. – 1995. – V. 110. – P. 127-138.

11. Nabors, M.W. Long-duration, high-frequency plant regeneration from cereal tissue cultures / M.W. Nabors, J.W. Heyser, O.A. Dykes, E.D. Mott // *Planta*. – 1983. – V. 157. – P. 385.

12. Ochatt, S. Abiotic stress enhances androgenesis from isolated microspores of some legume species (Fabaceae) / S. Ochatt, C. Pech, R. Grewal, C. Coreux, M. Lulsdorf, L. Jacas // *Journal of plant physiology*. – 2009. Doi: 10.1016/j.jplph.2009.01.011.

13. Raina, S.K. Enhanced anther culture efficiency of indica rice (*Oryza sativa* L.) through modification of the culture media / S.K. Raina, F.J. Zapata // *Plant Breed.* – 1997. – V. 116. – P. 305-315.

14. Savenko, E.G. Cyto-histological aspects of haploid androgenesis when obtaining haploids/doubled haploids in rice (*Oryza sativa* L.) anther culture in vitro / E.G. Savenko, Zh.M. Machine, V.A. Glazyrina, L.A. Shundrina // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – V. 285. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502033>.

15. Silva, T.D. Indica rice anther culture: can the impasse be surpassed? / T.D. Silva // *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* – 2010. – V. 100. – P. 1-11.

16. Zhuo, L.S. Phenylacetic acid stimulation of direct shoot formation in anther and somatic tissue cultures of rice (*Oryza sativa* L.) / L.S. Zhuo, H.M. Si, S.H. Cheng, Z.X. Sun // *Plant Breeding*. – 1996. – P. 295-300.

**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 breeding  
E-mail: yuliya\_goncharova\_20@mail.ru

**Светлана Андреевна Верещагина**

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

**Svetlana Andreevna Vereshchagina**

Researcher at the laboratory of genetics and heterosis breeding  
E-mail: svetlana.vereshagina2013@yandex.ru

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

All: FGBNU “Federal Scientific Center of Rice”  
3, Belozerny village, Krasnodar, 350921, Russia  
E-mail: arrri\_kub@mail.ru

**Евгений Михайлович Харитонов**

Академик РАН, профессор  
E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru

**Evgeny Mikhailovich Kharitonov**

Academician of the Russian Academy of Sciences, professor

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

E-mail: evgeniyharitonov46@mail.ru  
FSBEI of HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin” 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-19-24  
УДК 633.18:681.518

**Скаженник М.А.**,  
д-р биол. наук,  
**Ковалев В.С.**, д-р с.-х. наук,  
**Григорьев А.О.**,  
**Пшеницына Т.С.**  
г. Краснодар, Россия

### ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ РИСА И ЭЛЕМЕНТОВ ЕЁ СТРУКТУРЫ

Важнейшей задачей современного рисоводства является получение высокого экономически оправданного урожая зерна, основанного на применении физиологически обоснованной и рациональной технологии возделывания и использования новых высокопродуктивных адаптивных сортов риса. В разработке такой технологии и в создании соответствующих сортов исключительно важная роль принадлежит изучению продукционного процесса растений и агрофитоценозов, как их теоретической основы. Цель работы исследовать особенности формирования элементов структуры урожая сортов риса. Рассмотрены результаты исследований формирования элементов структуры урожайности сортов риса в зависимости от фона минерального питания. Установлен ряд количественных признаков растений, имеющих тесную связь с их продуктивностью. При анализе результатов в матрице коэффициентов корреляции было обнаружено 8 пар коррелируемых признаков (урожайность и число продуктивных побегов на 1 м<sup>2</sup>; урожайность и число зерен на 1 м<sup>2</sup>; урожайность и масса зерна с растения; число продуктивных побегов и число зерен на 1 м<sup>2</sup>; число продуктивных побегов и масса зерна с растения; число продуктивных побегов и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза; число зерен на 1 м<sup>2</sup> и масса 1000 зерен; число зерен на 1 м<sup>2</sup> и масса зерна с растения) показавшие сильную связь, и 3 пары признаков показавшие среднюю (урожайность и масса 1000 зерен, число зерен на метелке и уборочный индекс; масса 1000 зерен и масса зерна с растения), которые необходимо использовать при создании новых высокопродуктивных сортов риса. Сделано заключение, что среди значительного числа признаков и показателей, характеризующих продукционную деятельность посевов сортов риса, наиболее важными являются: масса зерна с растения, число зерновок в метелке и на 1 м<sup>2</sup>, доля зерна в массе посева ( $K_{хоз}$ ) и урожайность сорта.

**Ключевые слова:** рис, сорт, продукционный процесс, элементы структуры урожая, урожайность.

### FORMATION OF YIELD OF RICE VARIETIES AND ELEMENTS OF ITS STRUCTURE

The most important task of modern rice growing is to obtain a high economically justified grain yield based on the use of a physiologically sound and rational cultivation technology and the use of new highly productive adaptive of rice varieties. In the development of such technology and in the creation of appropriate varieties, an extremely important role belongs to the study of the production process of plants and agrophytocenoses, as their theoretical basis. The purpose of the work is to study the features of the formation of the elements of the structure of the yield of rice varieties. The results of studies of the formation of elements of the structure of the yield of rice varieties depending on the background of mineral nutrition are considered. A number of quantitative traits of plants that are closely related to their productivity have been established. When analyzing the results in the matrix of correlation coefficients, 8 pairs of correlated traits were found (yield and number of productive shoots per 1 m<sup>2</sup>; yield and number of grains per 1 m<sup>2</sup>; yield and grain weight per plant; number of productive shoots and number of grains per 1 m<sup>2</sup>; number of productive shoots and grain weight per plant; the number of productive shoots and the coefficient of economic efficiency of photosynthesis; the number of grains per 1 m<sup>2</sup> and weight of 1000 grains; the number of grains per 1 m<sup>2</sup> and grain weight per plant) showed a strong relationship, and 3 pairs of traits weight of 1000 grains, number of grains per panicle and harvesting index; weight of 1000 grains and weight of grain per plant), which must be used in the creation of new highly productive of rice varieties. It is concluded that among a significant number of signs and indicators characterizing the productive activity of rice varieties, the most important are: mass of grain per plant, number of grains in the panicle and per 1 m<sup>2</sup>, harvest index (HI) and yield of the variety.

**Key words:** rice, variety, production processes, crop structure elements, yield.

#### Введение

Рис один из наиболее ценных пищевых продуктов для более, чем половины населения мира. В настоящее время (2020-2022 гг.) посевы его раз-

мещены в 118 странах на площади 167 млн га, годовое производство зерна в мире составляет около 780 млн т [1]. По урожайности (средняя в мире 4,5 т/га), рис занимает первое место среди всех



зерновых культур, а по посевным площадям и валовому сбору – второе место в мире [3].

В 2021 г. посевная площадь под рис в России составила 187,5 тыс. га. В основном рисопроизводящем регионе страны – Краснодарском крае, его урожайность достигла 6,4 т/га, а валовый сбор – 745,2 тыс. т. На 2021 г. в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию было включено 70 сортов риса, из них 34 создано селекционерами ФГБНУ «ФНЦ риса». В посевах 2021 г. в РФ они занимали 79,8 % площадей, в Краснодарском крае – 96,4 %, что является показателем их конкурентоспособности [6]. Повышение производства рисовой продукции на фоне сокращения импортных поставок можно обеспечить путем внедрения новых сортов и технологий их возделывания, своевременной сортосмены, экономически обоснованного ценообразования [9].

В последние годы рост производства сельскохозяйственной продукции в мире в целом стал замедляться, поскольку механизация и агрохимия достигли пределов своего влияния на урожайность. Большие достижения в настоящее время связаны с селекцией сельхозкультур: создаются улучшенные в отношении устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам сорта, имеются серьезные успехи в повышении качества сельскохозяйственной продукции [13].

Потенциальная урожайность риса была значительно повышена после зеленой революции в результате создания полукарликовых сортов в конце 1950-х годов, трехлинейных гибридов в конце 1970-х годов и супергибридного риса после 1996 года [10, 12]. Успех супергибридного риса связан с рекомбинацией генов растений нового типа и меж-субспецифического гетерозиса, который привел к 12 % прибавке в продуктивности по сравнению с обычными гибридами и инбредными сортами риса. В новом супер-рисе улучшены донорно-акцепторные отношения и усовершенствована технология его возделывания [11, 14]. Вместе с тем, селекционерами «ФНЦ риса», с учетом особенностей донорно-акцепторных отношений, созданы новые поколения сортов риса, которые имеют высокую потенциальную урожайность и приспособленность к местным почвенным и климатическим условиям. Это Каурис, Престиж, Наутилус, Юбилейный 85, Рапан 2 и другие [4]. В этом исследовании определяли количественные признаки, связанные с формированием урожайности новых сортов риса.

#### **Цель исследований**

Изучить особенности формирования элементов структуры урожая новых сортов риса.

#### **Материалы и методы**

Опыты проводили в 2021–2022 гг. в специальных железобетонных микрочехах, заполненных лугово-черноземной почвой и позволяющих поддерживать режим орошения риса, характерный для

производственных посевов. В качестве материала исследования использовали новые сорта риса – Рапан 2 (st), Каурис, Престиж, Наутилус, Юбилейный 85. Фоны минерального питания: 1.  $N_{12}P_6K_6$  (средний); 2.  $N_{24}P_{12}K_{12}$  (оптимальный); 3.  $N_{36}P_{18}K_{18}$  (высокий) г д. в. на 1 м<sup>2</sup>. Густота всходов – 300 шт/м<sup>2</sup>. В фазу полной спелости определяли массу зерна с растения, число зерен на 1 м<sup>2</sup> посева и на отдельной метелке, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ( $K_{хоэ}$ ), массу 1000 зерен и урожайность. Полученные данные были обработаны методами биометрической статистики [5].

#### **Результаты и обсуждение**

Как показали результаты многих исследований, главной причиной повышения продуктивности зерновых культур, в том числе и риса, явилось не усиление работы фотосинтетического аппарата, а изменения в системе распределения ассимилятов по органам растения, приводящие к увеличению массы зерна и его доли ( $K_{хоэ}$ ) в общей биомассе посева [2]. Эти изменения произошли в основные этапы продукционного процесса: в фазу кущения растений увеличилась доля использования ассимилятов на развитие главных побегов, что ограничило величину общего кущения растений и привело к повышению их массы; в фазы трубкования и цветения повысилась доля использования пластических веществ растения на развитие генеративных органов и числа колосков в метелке; в фазу формирования зерновок усилилась мобилизация запасных веществ стеблей и возросла продуктивность фотосинтеза, обеспечивающих полноценный их налив. О роли этапов в продукционном процессе у разных сортов риса, можно судить по ряду признаков, тесно связанных с формированием основных компонентов структуры урожая, которые мы изучали в 2021–2022 гг. В частности, на трех фонах минерального питания определяли массу зерна с растения, число зерен на метелке и на 1 м<sup>2</sup> посева,  $K_{хоэ}$ , массу 1000 зерен и оценили тесноту связи их с урожайностью сортов. Результаты представлены в таблице 1.

Одним из важных признаков, имеющих наиболее тесную связь с урожайностью, является масса зерна с растения. На всех трех фонах минерального питания  $r = 0,92 \pm 0,23 - 0,99 \pm 0,07$ . Этот признак сложный, зависящий от количества у растения продуктивных побегов, от числа зерен в метелке и крупности зерна. Учитывая высокую связь массы зерна с растения с урожайностью сортов, её следует считать важным признаком интенсивности генотипов риса и шире использовать при оценке на повышенную продуктивность.

Другим важным признаком продуктивности сортов риса является число зерен на единице площади. Коэффициент его корреляции с урожайностью составил  $0,72 \pm 0,19 - 0,76 \pm 0,18$ . Число зерен на 1 м<sup>2</sup> посева также является сложным признаком, определяемым количеством на этой площади продуктивных



побегов и озерненностью их метелок. Однако он не учитывает массу 1000 зерен и поэтому коэффициент его корреляции с урожайностью несколько ниже

рассмотренного первого. Тем не менее, этот признак заслуживает большего внимания при оценке селекционных образцов на продуктивность.

**Таблица 1. Урожайность и элементы её структуры у сортов риса на разных фонах минерального питания (2021-2022 гг.)**

Сорт	Фон удобрений	Число побегов, шт/м <sup>2</sup>	Число зерен на метелке, шт.	Число зерен на м <sup>2</sup> , тыс. шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с растением, г	K <sub>хоз.</sub> , %	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>
Рапан 2 (st)	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	330	91,0	30,0	22,1	2,56	50,3	0,774
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>	540	78,3	42,3	20,6	3,45	48,7	1,041
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	630	76,9	48,1	18,8	3,66	46,7	1,124
Каурис	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	420	58,1	24,3	23,2	2,13	45,3	0,652
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>	570	59,1	33,8	22,1	2,83	39,6	0,868
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	630	57,9	36,5	21,7	2,99	35,5	0,920
Престиж	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	360	65,9	23,7	26,7	2,40	49,9	0,740
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>	570	57,7	32,9	24,4	2,94	44,8	0,904
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	660	58,1	38,4	23,1	3,00	43,3	1,012
Наутилус	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	300	85,2	25,6	22,5	2,20	48,3	0,675
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>	540	71,2	37,9	21,2	3,04	44,6	0,933
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	600	80,8	48,7	19,9	3,60	42,8	1,101
Юбилейный 85	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	330	84,4	27,6	22,6	2,37	48,7	0,726
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>	510	76,5	38,8	21,1	3,01	45,0	0,922
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	570	74,0	42,0	19,3	3,09	41,0	0,946
НСР <sub>05</sub> вар.		70,0	3,30	1,89	0,08	0,16	0,17	0,056

Таким образом, полученные результаты показали, что повышение урожайности у сортов риса произошло за счет увеличения массы зерна с растения. Эти изменения в продукционном процессе у исследуемых генотипов риса возникли в соответствии с их генетической программой роста и развития и осуществляются в основном с помощью фитогормонов [8]. Интегральным показателем данных изменений является величина коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза (K<sub>хоз.</sub>), показывающая долю использования ассимилятов посева на формирование урожая зерна [7].

Как видно из таблицы 1, эта доля у исследуемых сортов на первом фоне минерального питания составила 45,3-50,3 %, на втором 39,6-48,7 % и на третьем – 35,5-46,7 %. Значительные сортовые различия по величине показателя K<sub>хоз.</sub> и достаточно тесная его связь с урожайностью сортов позволяет эффективно использовать этот признак

при оценке селекционных образцов на продуктивность. Коэффициенты его корреляции с урожайностью сортов составили (0,86±0,28, - 0,92±0,22). Поэтому коэффициент K<sub>хоз.</sub> при оценке образцов риса на продуктивность можно использовать на любых фонах питания. Установлено также, что масса зерна с растения имеет достоверную связь с K<sub>хоз.</sub> (0,92±0,23-0,99±0,27), что повышает значение первого показателя в оценке образцов на продуктивность.

Важным составным элементом продуктивности сортов риса является масса 1000 зерен. Но достоверной связи с урожайностью генотипов не установлено. Однако масса 1000 зерен (абсолютно сухая) обратно связана с массой зерна с растения, что необходимо учитывать при анализе структуры урожая у исследуемых сортов риса.

Урожайность сортов риса варьировала от 0,813 (Каурис) до 0,976 кг/м<sup>2</sup> (Рапан 2) (табл. 2).

**Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов риса на разных фонах минерального питания, кг/м<sup>2</sup> (2021-2022 гг.)**

Сорт (фактор А)	Вариант (фактор В)	Средние по:		
		фактору А	фактору В	вариантам
Рапан 2 (st)	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	0,976		0,774
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>			1,041
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>			1,124
Каурис	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>	0,813		0,652
	N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>			0,868
	N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>			0,920

Продолжение таблицы 2

Сорт (фактор А)	Вариант (фактор В)	Средние по:		
		фактору А	фактору В	вариантам
Престиж	$N_{12}P_6K_6$	0,885		0,740
	$N_{24}P_{12}K_{12}$			0,904
	$N_{36}P_{18}K_{18}$			1,012
Наутилус	$N_{12}P_6K_6$	0,849		0,675
	$N_{24}P_{12}K_{12}$			0,933
	$N_{36}P_{18}K_{18}$			0,941
Юбилейный 85	$N_{12}P_6K_6$	0,864	0,713	0,726
	$N_{24}P_{12}K_{12}$		0,933	0,922
	$N_{36}P_{18}K_{18}$		0,988	0,946
HCP <sub>05</sub>		0,043	0,034	0,046

Урожайность сорта Рапан 2 по фактору А (сорт) достоверно была выше, чем у других сортов (HCP<sub>05</sub> фактор А = 0,043). По фактору В (дозы минеральных удобрений) все варианты достоверно превышали контроль (вариант на среднем фоне) (HCP<sub>05</sub> фактор В = 0,034). Наиболее высокая урожайность риса получена на фонах  $N_{24}P_{12}K_{12}$  и  $N_{36}P_{18}K_{18}$ . Положительные эффекты взаимодействия сортов и доз удобрений не достоверны.

На основе двухфакторного дисперсионного анализа можно сделать вывод, что сорт Рапан 2 является лучшим среди изучаемых по урожайности при густоте всходов 300 шт/м<sup>2</sup>. Доминирующий вклад в формирование урожайности сортов риса вносят: варианты (35,4 %), фактор В (дозы удобрений – 18,8 %) и фактор А (сорт – 7,0 %).

Для изучения корреляционной взаимосвязи между количественными признаками была построена матрица значений признаков. Результаты обрабо-

таны в системе Doc Statpak (табл. 3).

При анализе результатов в матрице коэффициентов корреляции было обнаружено 8 пар коррелируемых признаков (урожайность и число продуктивных побегов на 1 м<sup>2</sup>; урожайность и число зерен на 1 м<sup>2</sup>; урожайность и масса зерна с растения; число продуктивных побегов и число зерен на 1 м<sup>2</sup>; число продуктивных побегов и масса зерна с растения; число продуктивных побегов и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза; число зерен на 1 м<sup>2</sup> и масса 1000 зерен; число зерен на 1 м<sup>2</sup> и массы зерна с растения, показавшие сильную связь, и 3 пары признаков показавшие среднюю (урожайность и масса 1000 зерен, число зерен на метелке и уборочный индекс; масса 1000 зерен и масса зерна с растения), которые нужно учитывать и необходимо использовать при создании новых высокопродуктивных сортов риса.

**Таблица 3. Матрица коэффициентов корреляции между количественными признаками сортов риса**

Признаки	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Число побегов шт/м <sup>2</sup>	Число зерен на метелке, шт.	Число зерен на 1 м <sup>2</sup> , тыс. шт.	Масса 1000 зерен, г.	Масса зерна с растения, г	K <sub>хоз</sub> , %
	1	2	3	4	5	6	7
1 Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	1,00						
2 Число побегов, шт/м <sup>2</sup>	0,85*	1,00					
3 Число зерен на метелке, шт.	-0,03	-0,58	1,00				
4 Число зерен на м <sup>2</sup> , тыс. шт.	0,96*	0,79*	0,11	1,00			
5 Масса 1000 зерен, г.	-0,64*	-0,46	-0,40	-0,81*	1,00		
6 Масса зерна с растения, г	0,98*	0,80*	0,04	0,97*	-0,69*	1,00	
7 K <sub>хоз</sub> , %	-0,34	-0,70*	0,59*	-0,36	0,28	-0,31	1,00

Примечание\* - достоверно на 5 % уровне значимости.

Таким образом, сочетание оптимального числа продуктивных побегов на 1 м<sup>2</sup> с высокой озерненностью их метелок обеспечивает формирование максимального количества зерен на единице площади – главного параметра высокой урожайности сортов риса.

### Выводы

Главной особенностью производственного процесса у разных по урожайности сортов риса является характер распределения образующихся в процессе фотосинтеза ассимилятов по органам растения. У сортов интенсивного типа, к которым относятся

Рапан 2, более значительная их часть использует- водит к повышению доли зерна в общей биомассе  
ся на образование массы зерна растения, что при- ( $K_{\text{хос}}$ ) посева и их урожайности.

### ЛИТЕРАТУРА

- Багиров, В.А. Система рисоводства Российской Федерации / под общ. ред. С.В. Гаркуши / В.А. Багиров, И.В. Балясный, И.Е. Белоусов [и др.]. – Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса», Просвещение-Юг, 2022. – 368 с.
- Воробьев, Н.В. Продукционный процесс у сортов риса / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. – 199 с.
- Гаркуша, С.В. Современное состояние и перспективы развития отрасли рисоводства в Российской Федерации / С.В. Гаркуша, Л.В. Есаулова, В.И. Господинова // *Мат. Межд. конф. «Достижения и перспективы развития селекции и возделывания риса в странах с умеренным климатом».* (Краснодар, 26-27 ноября 2015 г.). Казань: ИП Синяев Д.Н., 2015: 34-39.
- Гаркуша, С.В. Сорта риса. Сорта и гибриды овощных и бахчевых культур: каталог / Сост. С.В. Гаркуша, В.С. Ковалев, Л.В. Есаулова [и др.]. – Краснодар: «ЭДВИ», 2021. – 68 с.
- Дзюба, В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба. – Краснодар, 2007. – 76 с.
- Есаулова, Л.В. Обеспечение импортозамещения и продовольственной безопасности России на примере рисоводческой отрасли / Л.В. Есаулова, В.С. Ковалев, М.А. Скаженник [и др.] // *Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства.* – Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса», 2022. – С. 67-70.
- Коломейченко, В.В. Продукционные процессы в посевах / В.В. Коломейченко. – Орёл: ОрёлГАУ, 2020. – 452 с.
- Курсанов, А.Л. Эндогенная регуляция транспорта ассимилятов и донорно-акцепторные отношения у растений / А.Л. Курсанов // *Передвижение ассимилятов в растениях и проблема сахаронакопления.* – Фрунзе: Изд-во Илим, 1986. – С. 110-113.
- Харитонов, Е.М. Проблемы рисоводства в Российской Федерации / Е.М. Харитонов, Н.Г. Туманьян // *Достиж. науки и техн. АПК.* – 2010. – № 11. – С. 14-15.
- GU, M.H. Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice / M.H. GU // *Acta Agronomica Sinica.* – 2010. – V. 36. – P. 1431-1439.
- Peng, S.B. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential / S.B. Peng, G.S. Khus., P. Virk [et al.] // *Field Crops Res.* – 2008. – V. 108. – P. 32-38. doi: 10.1016/j.fcr.2008.04.001.
- Tang, S. Rice production and genetic improvement in China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean // *Cereals in China.* – 2010. – V. 36. – P. 15.
- Wenzel, Gerhard Wissensbasiert zu optimaler qualitativer und quantitativer Anpassung der Grundnahrungsmittelproduktion / Gerhard Wenzel // «*Gemeinsames Symposium der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und der osterreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. 30-31 Okt., 2008.*» Nova acta Leopoldina. – 2010. – V. 108(374). – P. 69-89.
- Zhang, Y.B. Yield potential and radiation use efficiency of “super” hybrid rice grown under subtropical conditions / Y.B. Zhang, Q.Y. Tang, Y.B. Zou [et al.] // *Field Crops Res.* – 2009. – V. 114. P. 91-98. doi: 10.1016/j.fcr.2009.07.008.

### REFERENCES

- Bagirov, V.A. Rice-growing system of the Russian Federation / ed. ed. S.V. Garkushi / V.A. Bagirov, I.V. Balyasny, I.E. Belousov [et al.]. – Krasnodar: Federal State Budgetary Scientific Institution “FNTs Rice”, Education-South, 2022. – 368 p.
- Vorobyov, N.V. Production process in rice varieties / N.V. Vorobyov, M.A. Skazhennik, V.S. Kovalev. - Krasnodar: Enlightenment-South, 2011. – 199 p.
- Garkusha, S.V. Current state and development prospects of the rice industry in the Russian Federation / S.V. Garkusha, L.V. Esaulova, V.I. Gospodinova // *Mat. Int. conf. “Achievements and prospects for the development of breeding and cultivation of rice in countries with a temperate climate.”* (Krasnodar, November 26-27, 2015). Kazan: IP Sinyayev D.N., 2015. – P. 34-39.
- Garkusha, S.V. Rice varieties. Varieties and hybrids of vegetable and melon crops: catalog / Comp. S.V. Garkusha, V.S. Kovalev, L.V. Esaulova [i dr.]. - Krasnodar: “EDVI”, 2021. – 68 p.
- Dzyuba, V.A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data / V.A. Dziuba. - Krasnodar, 2007. – 76 p.
- Esaulova, L.V. Ensuring import substitution and food security in Russia on the example of the rice industry / L.V. Esaulova, V.S. Kovalev, M.A. Skazhennik [et al.] // *Ecological and genetic bases of breeding and cultivation of agricultural crops: materials of the International scientific-practical conference and school of young scientists on ecological and genetic bases of crop production.* – Krasnodar: FSBSI “FNC Rice”, 2022. – P. 67-70.
- Kolomeichenko, V.V. Production processes in crops / V.V. Kolomeichenko. - Eagle: OryolGAU, 2020. – 452 p.
- Kursanov, A.L. Endogenous regulation of assimilate transport and donor-acceptor relations in plants / A.L. Kursanov // *Movement of assimilates in plants and the problem of sugar accumulation.* - Frunze: Ilim Publishing House, 1986. – P. 110-113.
- Kharitonov, E.M. Problems of rice growing in the Russian Federation / E.M. Kharitonov, N.G. Tumanyan // *Achievement.*

science and technology. APK. – 2010. – №. 11. – P. 14-15.

10. GU, M.H. Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice / M.H. GU // *Acta Agronomica Sinica*. –2010. – V. 36. – P. 1431-1439.

11. Peng, S.B. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential / S.B. Peng, G.S. Khush, P. Virk [et al.] // *Field Crops Res.* – 2008. –V. 108. – P, 32-38. doi: 10. 1016/j.fcr.2008.04.001.

12. Tang, S. Rice production and genetic improvement in China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean // *Cereals in China*. – 2010. – V. 36. – P. 15.

13. Wenzel, Gerhard Wissensbasiert zu optimaler qualitativer und quantitativer Anpassung der Grundnahrungsmittelproduktion / Gerhard Wenzel // «Gemeinsames Symposium der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und der osterreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. 30-31 Okt., 2008». *Nova acta Leopoldina*. – 2010. – V. 108(374). – P. 69-89.

14. Zhang, Y.B. Yield potential and radiation use efficiency of “super” hybrid rice grown under subtropical conditions / Y.B. Zhang, Q.Y. Tang, Y.B. Zou [et al.] // *Field Crops Res.* – 2009. – V. 114. P. 91-98. doi: 10.1016/j.fcr.2009.07.008.

**Михаил Александрович Скаженник**

Главный научный сотрудник,  
заведующий лабораторией физиологии  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 139  
E-mail: sma\_49@mail.ru

**Mikhail Alexandrovich Skazhennik**

Chief scientific officer,  
head of the laboratory of physiology  
Phone 8(861)205-15-55 доб. 139  
E-mail: sma\_49@mail.ru

**Виктор Савельевич Ковалев**

Заместитель директора  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 103  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Victor Savelevich Kovalyov**

Deputy director  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 103  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Александр Олегович Григорьев**

Младший научный сотрудник лаборатории  
физиологии  
Тел.: 8-918-981-16-90  
E-mail: aleksandtgrig1996@gmail.com

**Alexander Olegovich Grigoriev**

Junior researcher of the Laboratory of Physiology  
Тел.: 8-918-681-16-90  
E-mail: aleksandtgrig1996@gmail.com

**Татьяна Семеновна Пшеницына**

Старший научный сотрудник лаборатории  
физиологии  
Тел.: 8-988-369-89-10.  
E-mail: tatyana.pshe@icloud.com

**Tatyana Semenovna Pshenitsyna**

Senior Researcher of the Laboratory of Physiology  
Тел.: 8-988-369-89-10  
E-mail: tatyana.pshe@icloud.com

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-25-30  
УДК 633.18:681.518

**Балясный И.В.,**  
**Скаженник М.А.,** д-р биол. наук,  
**Ковалев В.С.,** д-р с.-х. наук,  
**Пшеницына Т.С.**  
г. Краснодар, Россия

### СОПРЯЖЕННОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ ЕЁ СТРУКТУРЫ АГРОЦЕНОЗОВ РИСА

Особенности продукционного процесса сортов риса, определяющие их разную урожайность, связаны с целым комплексом физиологических и морфологических признаков растений. Исследования проводили с целью изучения физиологических механизмов, определяющих формирование разной урожайности сортов риса. Материалом исследования служило 6 сортов риса, близких по продолжительности вегетационного периода, из них Рапан, Визит, Флагман – интенсивного типа, Соната, Атлант, Станичный – экстенсивного. Работу проводили в вегетационно-микрочаевых опытах – в железобетонных микрочаевах, заполненных почвой с рисовых чеков. Удобрения в виде сульфата аммония, суперфосфата и хлористого калия вносили в трех дозах:  $N_{12}P_6K_6$ ;  $N_{24}P_{12}K_{12}$  и  $N_{36}P_{18}K_{18}$  г действующего вещества на 1 м<sup>2</sup> посева. В фазу полной спелости определяли уборочный индекс ( $K_{\text{хоз}}$ , %), урожайность и элементы структуры урожая – число зерен на метелке и на 1 м<sup>2</sup> посева. Сорта значительно различались по урожайности, которая у интенсивных генотипов значительно выше, чем у экстенсивных, что определялось характером распределения ассимилятов по органам побега. Большая доля их у интенсивных сортов использовалась на образование зерна побега, что выразилось в увеличении числа зерен на метелке, на 1 м<sup>2</sup> посева и привело к повышению уборочного индекса и урожайности. Установлены высокие генотипические взаимосвязи урожайности со следующими признаками: числом зерен на метелке, массой зерна с растения, озерненностью агрофитоценоза и уборочным индексом.

**Ключевые слова:** рис, сорт, продукционный процесс, элементы структуры урожая, урожайность.

### CONNECTIVITY OF YIELD AND ELEMENTS OF ITS STRUCTURE RICE AGRICULTURE

Features of the production process of rice varieties, which determine their different yields, are associated with a whole complex of physiological and morphological characteristics of plants. The research was carried out in order to study the physiological mechanisms that determine the formation of different yields of rice varieties. The material of the study was 6 varieties of rice, close in the duration of the growing season, of which Rapan, Visit, Flagman intensive type, and Sonata, Atlant, Stanichny – extensive. The work was carried out in vegetative-microfield experiments - in reinforced concrete microchecks filled with soil from rice checks. Fertilizers in the form of ammonium sulfate, superphosphate and potassium chloride were applied in three doses:  $N_{12}P_6K_6$ ;  $N_{24}P_{12}K_{12}$  and  $N_{36}P_{18}K_{18}$  g of active substance per 1 m<sup>2</sup> of sowing. In the phase of full ripeness, the harvesting index (HI), productivity and elements of the crop structure - the number of grains per panicle and per 1 m<sup>2</sup> of sowing were determined. The varieties differed significantly in yield. It was significantly higher in intensive genotypes than in extensive ones, which was determined by the nature of the distribution of assimilates over shoot organs. A large proportion of them in intensive varieties was used for the formation of shoot grains, which resulted in an increase in the number of grains per panicle per 1 m<sup>2</sup> of sowing and led to an increase in the harvesting index and yield. High genotypic correlations of productivity with the following traits have been established: the number of grains per panicle, the weight of grain per plant, the grain content of agrophytocenosis and the harvesting index (HI).

**Key words:** rice, variety, production processes, yield structure elements, yield.

#### Введение

Рис – важнейший продовольственный злак в Азии, который способствовал глобальной продовольственной безопасности в прошлом и продолжает кормить приблизительно половину мирового населения в будущем [8, 10]. Потенциал урожайности орошаемого риса претерпел два значительных периода роста. С первым периодом связано введение полукарликовости, а со вторым – использование трехлинейных гибридов [9, 15]. В прошлом десятилетия были предприняты попытки для увеличения продуктивности сортов риса, однако во

всем мире сейчас наблюдается замедление роста урожая зерновых культур [11-14, 16]. Поэтому понимание физиологических механизмов, лежащих в основе повышения урожайности риса, способствует дальнейшему его совершенствованию. Многие исследователи считают, что повысить продуктивность злаковых культур можно не за счет интенсификации фотосинтеза, а за счет перераспределения образующихся ассимилятов в сторону генеративных органов, увеличивающих массу зерна в биомассе посева, поэтому селекция на зерновую продуктивность связана с этим свойством [1,



2, 6]. В последние годы созданы сорта интенсивного и экстенсивного типов, которые различаются по ряду важных метаболических процессов, определяющих формирование элементов продуктивности растений и урожая зерна этих генотипов [3, 4]. Изучение особенностей продукционного процесса таких сортов представляет большой научный интерес. В данном опыте мы определяли количественные признаки, имеющие связь с формированием их урожайности.

#### Цель исследований

Изучить особенности формирования элементов структуры урожая интенсивных и экстенсивных сортов риса.

#### Материалы и методы

Опыты проводили в 2016-2018 гг. в специальных железобетонных микрочеках, заполненных лугово-черноземной почвой [7]. В качестве материала исследования использовали сорта Рапан, Визит, Флагман интенсивного типа, а Соната, Атлант, Станичный экстенсивного. Фоны минерального питания –  $N_{12}P_6K_6$  (средний);  $N_{24}P_{12}K_{12}$  (оптимальный);  $N_{36}P_{18}K_{18}$  (высокий) г д.в. на  $1\text{ м}^2$ . Густота всходов – 300 шт/ $\text{м}^2$ . В фазу полной спелости определяли массу зерна с растения, число зерен на  $1\text{ м}^2$  посева и на отдельной метелке, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ( $K_{\text{хоз}}$ ), массу 1000 зерен и урожайность. Полученные данные были обработаны методами биометрической статистики [5].

Одним из важных факторов внешней среды, оказавшим существенное влияние на рост и развитие риса, формирование урожая зерна является температура воздуха, которая была весьма благоприятной для этой культуры, что видно из представленных на рисунке данных о её средних значениях в течение вегетационного периода (2016-2018 гг.). В годы исследований температура воздуха в I и II декадах мая (15,2-17,1; 19,3-19,1 и 15,8-17,8 °С, соответственно) была несколько ниже оптимальных для прорастания риса. По метеорологическим данным <http://www.pogodaiklimat.ru> от 28.07.2018 норма среднемесячной температуры в мае составила 16,8 °С (рис.). Фактическая температура месяца по данным наблюдений 16,8; 17,5 и 19,4 °С. Отклонение от нормы на 0,7-2,6 °С. Самая низкая температура воздуха была 12 мая в 2017 г (5,6 °С) и (5,4 °С) в 2018 г. Самая высокая температура воздуха 30,4 °С была 3 мая 2017 года и 31,2 °С 5 мая в 2018 году. Варьирование температуры в указанных пределах не оказывает отрицательного влияния на прорастание семян риса. Поэтому полные всходы риса были получены в обычные сроки. В 2016-2018 гг. температура воздуха в июне в период кущения риса была несколько выше средней многолетней, а её суточные колебания находились в пределах фоновой зоны. Отмечено повышение общего кущения растений риса, что повысило густоту стояния растений.

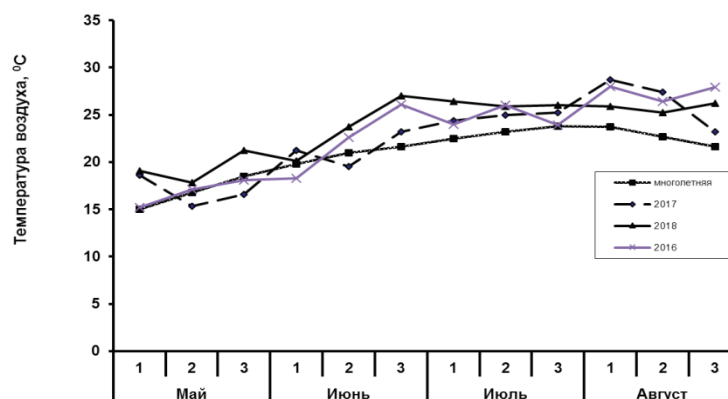


Рисунок. Температура воздуха за период май-август по данным сайта <http://www.pogodaiklimat.ru>

В фазе трубкования растений в период интенсивного роста и развития вегетативных и генеративных органов риса оптимальный диапазон температуры воды на рисовом поле составляет 24-28 °С. В 2016-2018 гг. на Кубани в I, II и III декадах июля он соответствовал оптимуму. Цветение риса проходило в благоприятных температурных условиях. Отсутствие экстремально высоких температур в этот период обеспечило высокую фертильность коло-

сков. Температурные условия II-III декады августа и I декады сентября способствовали нормальному наливу зерна.

#### Результаты и обсуждение

Как показали результаты многих исследований, повышение продуктивности злаков в том числе и риса произошло не за счет интенсификации процесса фотосинтеза, а в результате более оптимальных изменений донорно-акцепторных от-



ношений в растении, приводящим к увеличению притока метаболитов к генеративным органам, что увеличивало массу зерна в метелке, а, следовательно, и урожайность посевов [1, 3, 6].

Оптимизация донорно-акцепторных отношений (ДАО) в кушение привела к увеличению использования ассимилятов на материнский побег, что увеличило его массу и ослабило общее кушение растений. В фазах выхода в трубку и цветения увеличилось использование ассимилятов растения запасных и

текущего фотосинтеза на рост генеративных органов – числа колосков в метелке. В фазу созревания усилился приток метаболитов (текущего фотосинтеза и запасных) к формирующимся зерновкам, что и увеличило продуктивность посевов [1, 2].

В исследовании определяли влияние на урожайность генотипов по массе зерна с растения, числу зерен на метелке и на 1 м<sup>2</sup> ценоза, уборочному индексу и массе 1000 зерен. Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Урожайность сортов риса и её взаимосвязь с элементами её структуры**

Сорт	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Пустозерность, %	Число зерен на метелке, шт.	Масса зерна с растения, г	Число зерен на 1 м <sup>2</sup> , тыс. шт.	K <sub>хоз</sub> <sup>3</sup> , %	Масса 1000 зерен, г
N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>6</sub>							
Рапан st	0,800	8,0	95,7	2,29	30,5	50,9	22,74
Визит	0,748	14,3	86,6	2,14	30,9	50,8	21,80
Флагман	0,778	7,8	86,3	2,21	29,2	48,9	22,84
Станичный	0,812	19,3	100,7	2,33	33,0	45,6	21,30
Соната	0,680	9,2	66,9	1,95	23,9	44,1	24,59
Атлант	0,657	7,7	76,6	1,89	24,5	44,3	23,47
Урожайность коррелирует	-	-	0,91±0,10	0,99±0,02	0,96±0,14	0,61±0,20	-0,74±0,17
Масса зерна с растения коррелирует	0,99±0,02	-	0,92±0,20	-	0,93±0,18	0,47±0,22	-0,54±0,21
N <sub>24</sub> P <sub>12</sub> K <sub>12</sub>							
Рапан st	1,215	16,3	88,2	3,48	51,0	48,9	20,59
Визит	1,057	20,5	86,6	2,97	45,3	47,8	50,59
Флагман	1,129	14,4	86,3	3,23	45,4	46,8	21,15
Станичный	0,982	21,2	70,4	2,81	42,3	36,4	21,40
Соната	0,957	8,3	60,5	2,72	35,9	41,3	23,07
Атлант	0,858	9,0	65,0	2,47	34,7	38,7	22,44
Урожайность коррелирует	-	-	0,90±0,21-	0,99±0,04	0,95±0,16	0,83±0,28	-0,75±0,16
Масса зерна с растения коррелирует	0,99±0,04	-	0,86±0,04	-	0,94±0,17	0,80±0,15	-0,72±0,11
N <sub>36</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>							
Рапан st	1,254	19,8	82,0	3,59	54,0	46,0	20,07
Визит	1,140	17,0	66,2	3,26	50,3	43,8	19,72
Флагман	1,264	15,5	80,5	3,62	54,5	46,7	20,00
Станичный	0,917	19,4	58,8	2,62	38,8	35,3	20,69
Соната	1,094	9,2	59,3	3,23	42,9	39,4	22,09
Атлант	0,943	8,2	64,1	2,70	38,3	37,4	21,58
Урожайность коррелирует	-	-	0,85±0,26-	0,99±0,05	0,97±0,12	0,98±0,11	-0,56±0,21
Масса зерна с растения коррелирует	0,99±0,05	-	0,80±0,15	-	0,94±0,16	0,95±0,15	-
НСР <sub>05 вар.</sub>	0,04	-	1,68	0,25	1,94	0,34	0,16

Масса зерна с растения тесно связана с урожайностью генотипов. Этот признак зависит от количества и крупности зерен на метелке и тесно связан с урожайностью ( $r = 0,99 \pm 0,02 - 0,99 \pm 0,05$ ). Коэффициент детерминации у сортов  $r^2 = 0,99^2 = 0,98$ . Это значит,

что масса зерна с растения на 98 % определяется сортом, а – 2 % другими причинами. Так как масса зерна с растения посевов риса имеет очень высокую связь с их урожайностью, то её надо использовать при оценке сортов риса на высокую продуктивность.

Масса 1000 зерен – это сортовая количественная характеристика, которая варьирует в зависимости от метеорологических факторов и агротехнических приемов возделывания риса, что влияет на продуктивность метелки и на урожайность этой культуры [2]. Коэффициент корреляции её с урожаем зерна составил  $-0,56 \pm 0,21$  –  $-0,75 \pm 0,16$ . Это означает, что с увеличением фона минерального питания генотипов их масса 1000 зерен снижается.

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза  $K_{\text{хоз}}$  (или уборочный индекс) показывает выход зерна в общей биомассе растений (в %). Он является интегральным признаком донорно-акцепторных отношений, учитывающим способность растений максимально использовать питательные вещества и синтезированные метаболиты на формирование генеративных органов растения, определяющих урожайность. Его корреляция с урожаем зерна на всех трех фонах удобрений составила:  $r = 0,61 \pm 0,20$  –  $0,98 \pm 0,11$ . Коэффициент детерминации на оптимальном фоне питания составляет  $r^2 = 0,83^2 = 0,69$ . Это значит, что в 69 % случаев уборочный индекс определяется генотипом, а в 31 % – другими условиями. Следовательно, коэффициент  $K_{\text{хоз}}$  при оценке сортов риса на продуктивность можно использовать на всех фонах удобрений.

Озерненность агрофитоценоза (число зерен на  $1 \text{ м}^2$ ) является важным количественным признаком продуктивности генотипов риса [2]. Связь его с урожайностью также была высокой и составила  $0,95 \pm 0,16$  –  $0,97 \pm 0,12$ . Коэффициент детерминации на оптимальном фоне питания составляет  $r^2 = 0,95^2 = 0,90$ . Это значит, что в 90 % случаев озерненность агрофитоценоза определяется сортом, а в 10 % – другими факторами. Озерненность агрофитоценоза определяется числом зерен на метелке и количеством продуктивных побегов посева, но она не учитывает массу их 1000 зерен.

Число зерен на метелке зависит от условий возделывания культуры [1]. Коэффициент их корреляции с урожайностью также очень высокий и составил:  $r = 0,85 \pm 0,26$  –  $0,91 \pm 0,10$ . Коэффициент детерминации на оптимальном фоне питания составляет:  $r^2 = 0,90^2 = 0,81$ . Это значит, что в 81 % число зерен на метелке сортов риса определяется

генотипом, а в 19 % это другие факторы.

Признак «урожайность» в нашем опыте, как показано выше, коррелирует с числом зерен на метелке, массой зерна с растения, с озерненностью агрофитоценоза, уборочным индексом и массой 1000 зерен т.е. он связан с комплексом морфо-биометрических характеристик культуры. С повышением фона минерального питания урожайность увеличивается.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа считаем, что наилучшим был сорт Рапан по продуктивности по сравнению с другими генотипами. Преимущественное влияние при формировании урожайности сортов риса вносят: варианты опыта (33,5 %), фактор В (фон удобрений – 22,1 %) и фактор А (сорт – 8,2 %).

В опыте повышение урожайности посевов интенсивных сортов произошло в результате увеличения массы зерна с растения. Эти изменения в продукционном процессе у изучаемых генотипов возникли на основании распределения ассимилятов в хозяйственно полезные органы [6]. Об этом свидетельствует коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза, характеризующий использование метаболитов на урожайность посевов. Масса 1000 зерен является одним из важных признаков продуктивности посевов риса, которая имеет обратную связь с урожайностью, с массой зерна с растения, с озерненностью агрофитоценоза и с  $K_{\text{хоз}}$ . На это следует обратить внимание при анализе структуры урожая изучаемых сортов риса.

### Выводы

Особенностью продукционного процесса разных по урожайности сортов риса является характер распределения образующихся в процессе фотосинтеза ассимилятов по органам растения, приводящий к разной доле стеблей и метелок в общей надземной биомассе посевов в период выхода в трубку, что является причиной неодинаковой величины уборочного индекса ( $K_{\text{хоз}}$ ) – доли зерна в общей надземной массе посева. Величины  $K_{\text{хоз}}$  интенсивных сортов Рапан, Визит, Флагман, значительно выше, чем экстенсивных Сонаты, Атланта и Станичного, что и обусловило повышенную урожайность первых генотипов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, Н.В. Продукционный процесс у сортов риса / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. – 199 с.
2. Воробьев, Н.В. Физиологические основы формирования урожая риса / Н.В. Воробьев. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – 405 с.
3. Воробьев, Н.В. Особенности продукционного процесса у экстенсивных и интенсивных сортов риса / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, А.Х. Шеуджен [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 7-8.
4. Гаркуша, С.В. Сорта риса. Сорта и гибриды овощных и бахчевых культур: каталог /Сост. С.В. Гаркуша, В.С. Ковалев, Л.В. Есаулова [и др.]. – Краснодар: «ЭДВИ», 2021. – 68 с.
5. Дзюба, В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба. – Краснодар, 2007. – 76 с.
6. Коломейченко, В.В. Продукционные процессы в посевах / В.В. Коломейченко. – Орёл: ОрёлГАУ, 2020. – 452 с.

7. Скаженник, М.А. Методы физиологических исследований в рисоводстве / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, О.А. Досеева // Фотосинтетическая деятельность и продукционные процессы фитоценозов. – Орёл. – 2014. – С. 109-128.
8. Godfray, H.C.J. Food security: the challenge of feeding 9 billion people / H.C.J. Godfray, J.R. Beddington, J.R. Crut [et al.] // *Science*. – 2010. – V. 327. – P. 812-818. doi: 10.1126/science.1185383
9. GU, M.H. Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice / M.H. GU // *Acta Agronomica Sinica*. – 2010. – V. 36. – P. 1431-1439.
10. Khush, G. Green revolution: the way forward / G. Khush // *Nat. Rev. Genet.* – 2001. – V. 2. – P. 816-822.
11. Kumaraswamy, S. Critical abiotic factors affecting implementation of technological innovations in rice and wheat production: A review. / S. Kumaraswamy, P.K. Shetty // *Agricultural Reviews*. – 2016. – V. 37(4). – P. 268-278. doi: 10.18805/ag.v37i4.6457
12. Mukhopadhyay, D. Spatial and temporal pattern of rice yield growth in Asian contraries from 1961 to 2016: an exploratory econometric analysis // D. Mukhopadhyay // *Economics of Agriculture, Year 68*. – 2021. – № 1. – P. 23-35. doi: 10.5937/ekoPolj2101023M
13. Peng, S.B. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential / S.B. Peng, G.S. Khush, P. Virk [et al.] // *Field Crops Res.* – 2008. – V. 108. – P. 32-38. doi: 10.1016/j.fcr.2008.04.001
14. Ray, D. Recent patterns of crop yield growth and stagnation / D. Ray, N. Ramankutty, N. Mueller. [et al.] // *Nat. Commun.* – 2012. – V. 3. doi: 10.1038/ncomms2296
15. Tang, S. Rice production and genetic improvement in China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean // *Cereals in China*. – 2010. – V. 36. – P. 15.
16. von Caemmerer, S. The development of C4 rice: current progress and future challenges / S. von Caemmerer, W. Quick, R. Furbank // *Science*. – 2012. – V. 336. – P. 1671-1672 (2012). doi: 10.1126/science.1220177.

#### REFERENCES

1. Vorobyov, N.V. Production process in rice varieties / N.V. Vorobyov, M.A. Skazhennik, V.S. Kovalev. – Krasnodar: Enlightenment-South, 2011. – 199 p.
2. Vorobyov, N.V. Physiological bases of rice yield formation / N.V. Vorobyov. – Krasnodar: Enlightenment-South, 2013. – 405 p.
3. Vorobyov, N.V. Features of the production process in extensive and intensive varieties of rice / N.V. Vorobyov, M.A. Skazhennik, A.Kh. Sheudzen [et al.] // *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. – 2013. – № 4. – P. 7-8.
4. Garkusha, S.V. Rice varieties. Varieties and hybrids of vegetable and melon crops: catalog / Comp. S.V. Garkusha, V.S. Kovalev, L.V. Esaulova [et al.]. – Krasnodar: "EDVI", 2021. – 68 p.
5. Dzyuba, V.A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data / V.A. Dzyuba. – Krasnodar, 2007. – 76 p.
6. Kolomeichenko, V.V. Production processes in crops / V.V. Kolomeichenko. – Eagle: OryolGAU, 2020. – 452 p.
7. Skazhennik, M.A. Methods of physiological research in rice growing / M.A. Skazhennik, N.V. Vorobyov, O.A. Doseeva // *Photosynthetic activity and production processes of phytocenoses*. – Eagle. – 2014. – P. 109-128.
8. Godfray, H.C.J. Food security: the challenge of feeding 9 billion people / H.C.J. Godfray, J.R. Beddington, J.R. Crut [et al.] // *Science*. – 2010. – V. 327. – P. 812-818. doi: 10.1126/science.1185383
9. GU, M.H. Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice / M.H. GU // *Acta Agronomica Sinica*. – 2010. – V. 36. – P. 1431-1439.
10. Khush, G. Green revolution: the way forward / G. Khush // *Nat. Rev. Genet.* – 2001. – V. 2. – P. 816-822.
11. Kumaraswamy, S. Critical abiotic factors affecting implementation of technological innovations in rice and wheat production: A review. / S. Kumaraswamy, P.K. Shetty // *Agricultural Reviews*. – 2016. – V. 37(4). – P. 268-278. doi: 10.18805/ag.v37i4.6457
12. Mukhopadhyay, D. Spatial and temporal pattern of rice yield growth in Asian contraries from 1961 to 2016: an exploratory econometric analysis // D. Mukhopadhyay // *Economics of Agriculture, Year 68*. – 2021. – № 1. – P. 23-35. doi: 10.5937/ekoPolj2101023M
13. Peng, S.B. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential / S.B. Peng, G.S. Khush, P. Virk [et al.] // *Field Crops Res.* – 2008. – V. 108. – P. 32-38. doi: 10.1016/j.fcr.2008.04.001
14. Ray, D. Recent patterns of crop yield growth and stagnation / D. Ray, N. Ramankutty, N. Mueller [et al.] // *Nat. Commun.* – 2012. – V. 3. doi: 10.1038/ncomms2296
15. Tang, S. Rice production and genetic improvement in China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean // *Cereals in China*. – 2010. – V. 36. – P. 15.
16. von Caemmerer, S. The development of C4 rice: current progress and future challenges / S. von Caemmerer, W. Quick, R. Furbank // *Science*. – 2012. – V. 336. – P. 1671-1672 (2012). doi: 10.1126/science.1220177.

**Иван Валерьевич Балясный**

Заместитель директора  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 102  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Михаил Александрович Скаженник**

Главный научный сотрудник,  
заведующий лабораторией физиологии  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 139  
E-mail: sma\_49@mail.ru

**Виктор Савельевич Ковалев**

Заместитель директора  
Тел.: 8(861)205-15-55 доб. 103  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Татьяна Семеновна Пшеницына**

Старший научный сотрудник лаборатории  
физиологии  
Тел.: 8-988-369-89-10.  
E-mail: tatyana.pshe@icloud.com

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

**Ivan Valerievich Balyasny**

Deputy director  
Tel.: 8(861)205-15-55 доб. 102  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Mikhail Alexandrovich Skazhennik**

Chief scientific officer,  
head of the laboratory of physiology  
Phone 8(861)205-15-55 доб. 139  
E-mail: sma\_49@mail.ru

**Victor Savelevich Kovalyov**

Deputy director  
Tel.: 8(861)205-15-55 доб. 103  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

**Tatyana Semenovna Pshenitsyna**

Senior Researcher of the Laboratory of Physiology  
Tel.: 8-988-369-89-10  
E-mail: tatyana.pshe@icloud.com

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

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-31-38  
УДК 633.1:633.111.1

Маркарова Ж.Р.,  
Гуленок Р.А.,  
Черногор Л.А.  
п. Рассвет, Россия

### СЕЛЕКЦИЯ НА ВАЖНЕЙШИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ И СВОЙСТВА МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В решении проблемы повышения урожайности озимой пшеницы и улучшения качества урожая были определены способы реализации данной задачи – создание нового улучшенного сорта. Поэтому актуальным остается вопрос об исходном материале. Наши исследования нацелены на изучение и оценку генофонда сортов, линий и образцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-генетического происхождения полученных из разных стран мира: США, Англии, Франции, Германии, Австрии, Новой Зеландии, Китая, Сирии, Турции, России, Украины, Белоруссии, Болгарии, Венгрии, сорта и образцы собственной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» и коллекционные образцы Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова ВИР на важнейшие хозяйственно-ценные признаки и свойства для использования в селекционных программах при создании новых улучшенных сортов. Технологический анализ зерна проводили согласно «Методике оценки технологических качеств зерна», 1971; «Методическим рекомендациям по оценке качества зерна», 1977; «Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1989; Математическую обработку проводили с помощью компьютерных программ Statistika 6.0 и Excel. В результате исследований выделено 8 лучших сортообразцов озимой мягкой пшеницы по урожайности в сочетании с высоким содержанием белка и клейковины с хорошим качеством. Это ряд российских образцов, такие, как Нота, Веда, Танаис, Сирена, Звёздочка, линия 1393/94 и сортообразец из Турции ECWD/14. Установлено, что у этих сортообразцов урожайность выше на 21,6 %, чем у остального селекционного материала. Полученные результаты могут быть широко использованы при создании высокопродуктивных сортов озимой пшеницы с комплексом ценных признаков и свойств для повышения урожайности и стабилизации производства зерна озимой пшеницы в условиях производства Ростовской области.

**Ключевые слова:** селекция, сорт, урожайность, показатель, содержание, белок.

### SELECTION ON THE MOST IMPORTANT AGRICULTURAL INDUSTRY- VALUABLE SIGNS AND PROPERTIES WINTER SOFT WHEAT

In solving the problem of increasing yields and improving its quality, we have identified ways to implement this task – the creation of a new improved variety. To create a new variety, the question of the source material remains relevant. Our research is aimed at studying and evaluating the gene pool of varieties, lines and samples of winter soft wheat of various ecological and genetic origin obtained from different countries of the world: USA, England, France, Germany, Austria, New Zealand, China, Syria, Turkey, Russia, Ukraine, Belarus, Bulgaria, Hungary, varieties and samples of their own breeding FGBNU “ANC “Donskoy” and collection samples of the Federal Research Center of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilova” (VIR) on the most important economically valuable signs and properties for recommendations and use in breeding programs when creating new improved varieties. Technological analysis of grain was carried out according to the “Methodology for assessing the technological qualities of grain” (1971), “Methodological recommendations for assessing the quality of grain” (1977), “Methodology for the State variety testing of agricultural crops” (1989). Mathematical processing was carried out using computer programs Statistika 6.0 and Excel. As a result of the research, 8 best varieties of winter soft wheat were identified in terms of yield in combination with a high protein content and gluten with good quality. These are a number of Russian samples such as Nota, Veda, Tanais, Sirena, Zvezdochka, line 1393/94 and a variety sample from Turkey ECWD/14. It was found that the yield of these cultivars is 21,6% higher than that of the rest of the breeding material. The results obtained can be widely used in the creation of highly productive varieties of winter wheat with a complex of valuable traits and properties to increase yields and stabilize the production of winter wheat grain in the production conditions of the Rostov region.

**Key words:** selection, variety, yield, indicator, content, protein.

#### Введение

Важнейшая задача селекции – получить новые сорта с целью повышения урожайности и стабилизации производства зерна [2, 11]. Сорт – одно из средств сельскохозяйственного производства

– остаётся не только средством повышения урожайности, но и становится фактором, без которого невозможно реализовать достижения науки и техники [2, 17].

Возделывание высокопродуктивных сортов, спо-



собных наиболее полно использовать условия высокого агрофона, резко повышает экономическую эффективность внесения удобрений и орошения, ускоряет тем самым окупаемость капиталовложений, и является доступным и дешевым способом увеличения производства всех сельскохозяйственных культур [16].

При внедрении в производство новых, лучших сортов возрастает урожайность, адаптивность растений к неблагоприятным условиям среды, устойчивость к вредителям и болезням, увеличивается выход и улучшается качество продукции, расширяются возможности механизации посева, ухода за возделываемыми культурами и уборки урожая [10, 4].

Потенциал урожайности – наиболее важное свойство сорта и поэтому обычно определяется как главный фактор среди задач селекции [9, 22]. Селекция и ее теоретическая основа – генетика, открывают широкие возможности не только для выведения более совершенных и продуктивных сортов, но и для создания новых растений, полнее отвечающих потребностям человека [20].

Соотношение между генетическими и внешними факторами складывается так, что при оптимальных условиях выращивания решающее влияние на конечный результат – урожайность и качество зерна – оказывает генетический фактор (сорт) [20]. Качество зерна – это совокупность биологических, физико-химических, технологических и потребительских свойств и признаков, определяющих пригодность зерна к использованию по целевому назначению [12].

В решении проблемы повышения качества зерна большое место принадлежит селекции, которая призвана создавать все более урожайные сорта с ценными биологическими и технологическими свойствами [14]. Количество белков и их аминокислотный состав имеют важнейшее значение для биологической, пищевой и кормовой ценности любого продукта [6, 18]. Пшеница является ведущей культурой [23]. Это источник питания для 35 % населения земного шара [21]. Пшеница также вносит в рацион человека незаменимые аминокислоты, минералы и витамины, полезные фитохимические компоненты [24]. Были установлены следующие закономерности: содержание белка тесно коррелирует с содержанием сырой клейковины ( $r=0,68-0,88$ ), слабо – с качеством клейковины, оцениваемым по числу седиментации ( $r=0,28-0,33$ ), от слабого до среднего (в зависимости от генотипа) с силой муки слабо – с объемом хлеба [8]. Содержание клейковины положительно коррелирует с показателем седиментации, силой муки и объемом хлеба [8, 13]. Качественные показатели хлебных изделий зависят от ИДК <https://fermerok.info/klejkovina-pshenitsy> [7]. Качество клейковины пшеницы зависит от ее способности сопротивляться сжатию

и растяжению, как обратно пропорциональной степени воздействия [15]. Методы оценки качества зерна, муки и хлебопекарных качеств пшеницы выделяют физические признаки качества: натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность зерна и твердозерность [1, 19].

Пшеница в настоящее время занимает первое место среди культурных растений по площади возделывания и производству [21]. Перед сельским хозяйством России стоит задача, наряду с повышением урожайности и валовых сборов зерна пшеницы, добиться существенного улучшения его качества. В последние годы Россия стала признанным в мире большим зерновым государством и из импортера превратилась в экспортера [8].

#### **Цель исследований**

Выявить ценные источники хозяйственно-полезных признаков и свойств для дальнейшего их использования в селекционном процессе.

#### **Материалы и методы**

Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Всего изучали 450 сортов, линий и образцов генофонда озимой мягкой пшеницы различного эколого-генетического происхождения полученных из разных стран мира: США, Англии, Франции, Германии, Австрии, Новой Зеландии, Китая, Сирии, Турции, России, Украины, Белоруссии, Болгарии, Венгрии, сорта и образцы собственной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» и коллекционные образцы Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Постановка и проведение опытов соответствовали общепринятым методикам Н.П. Константинова, А.Г. Вольфа, Б.А. Доспехова, В.Я. Юрьева. Предшественник – кукуруза на силос. Минеральные удобрения под озимую пшеницу вносили в дозе  $N_{35}P_{60}$ . За ротацию в севооборотах использовали 205 кг д.в. удобрений ( $N_{105}P_{100}$ ). Размещение делянок систематическое. Посев проводили сеялкой ССФК-7, обычным рядовым способом (междурядье 15 см.). Учетная площадь делянки 5 м<sup>2</sup>, повторность двукратная. Норма высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. В качестве стандарта использовали районированный в Северо-Кавказском, Нижне-Волжском, Центрально-Черноземном регионах сорт озимой пшеницы Дон 95. Уборка выполнялась малогабаритным комбайном Неде-125, в фазу полной спелости. Исследования проводились в лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа ФГБНУ «АНЦ «Донской». Технологический анализ зерна проводили согласно «Методике оценки технологических качеств зерна» (1971), «Методическим рекомендациям по оценке качества зерна» (1977), «Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989). Методом множественного регрессионного анализа установлены зависимости относи-

тельных показателей урожайности с содержанием белка и клейковины. Проведена модернизация алгоритма определения взаимосвязей между признаками у озимой пшеницы, что позволило установить наличие существенно значимых признаков и свойств. Математическую обработку проводили с помощью компьютерных программ Statistika 6.0 и Excel.

### Результаты и обсуждение

Учитывая, что рыночные силы являются главным механизмом развития сельскохозяйственного производства, мы изучали сорта из других ареалов распространения, адаптированные к нашим почвенно-климатическим условиям, которые показали высокие оценки по урожайности и качеству зерна. На формирование качества зерна, как известно, оказывают влияние многие факторы, но основным – является наследственные особенности сорта. Исследования вели на выявление сортов с высокой урожайностью и качеством зерна. Несколько показателей качества зерна представлены в данной статье.

Используя метод Кьельдаля – самый распространённый классический метод определения азота/протеина в соответствии с международными стандартами в пищевой и комбикормовой промышленности – определили содержание белка в зерне, которое может варьировать от 5 до 26 % в разных видах зерновых. Также в зависимости от культуры будет различным и аминокислотный состав протеина, что непосредственно влияет на его питательную ценность [3]. Наличие клейковины определяет хлебопекарное качество зерна пшеницы. В соответствии с ГОСТ 9353-90 зерно высшего класса должно содержать 36 %, 1-го – 32 %, 2-го – 28 %, 3-го – 23 % и 4-го – 18 % клейковины [8].

Определяя количество клейковины путем выделения сырой клейковины из теста с последующим отмыванием вручную или с помощью механизированного устройства, полученную клейковину взвешивали и рассчитывали содержание сырой клейковины относительно пробы сухого размолотого зерна.

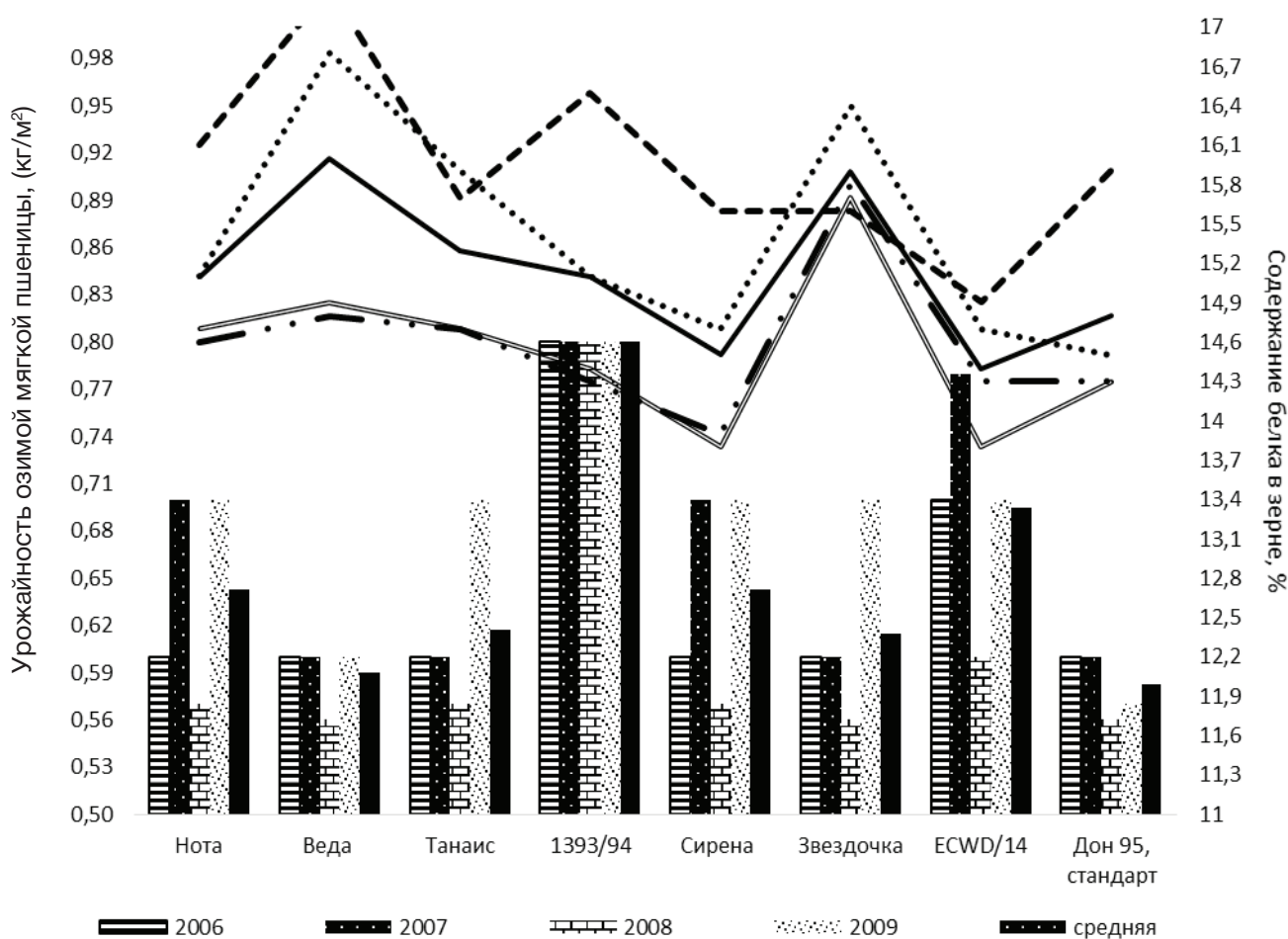
Исследуя весь коллекционный материал выявили, что урожайность в коллекционном питомнике варьировала от 0,30 до 0,80 кг/м<sup>2</sup>. Выделились по урожайности 120 сортов (26 %), у которых значения признака находились в пределах от 0,60 до 0,80 кг/м<sup>2</sup>, у 190 сортов (42 %) урожайность в среднем варьировала от 0,50 до 0,60 кг/м<sup>2</sup> и у 140 сортов (32 %) урожайность менее 0,50 кг/м<sup>2</sup>. По содержанию белка в коллекционном питомнике, по средним данным за четыре года у 113 сортов (25,1 %) содержание белка было на уровне и выше стандарта. Среднее со-

держание белка (от 14,0 до 14,6 %) наблюдалось у 191 сорта (42,2 %) и низкое (до 12,8 %) – у 147 сортов (32,7 %). Содержание белка варьировало от 11,2 до 18,3 %. У стандартного сорта Дон 95 в среднем за годы исследований содержание белка составило 14,8 %. Из всего коллекционного питомника на уровне стандарта по содержанию клейковины в зерне отмечено 266 сортов (28,8 %), низкое содержание сырой клейковины (менее 20 %) имели 184 сорта (40,1 %), с высоким содержанием сырой клейковины (более 35 %) сортов не отмечено. По результатам анализа содержание клейковины варьировало от 12 до 35 %, у стандартного сорта Дон 95 содержание клейковины составляло в среднем 29,5 %.

В данной статье представлены и отображены на рисунке 1 сорта, которые показали высокие оценки по урожайности и качеству зерна при возделывании после кукурузы на силос: Нота, Веда, Танаис, Сирена, Звездочка, линия 1393/94 и сортотип из Турции ECWD/14. В среднем за три года лучшие сорта Нота и Сирена превысили стандартный сорт Дон 95 по урожайности на 0,06 кг/м<sup>2</sup>, Танаис и Звездочка на 0,03 кг/м<sup>2</sup>, 1393/04 (линия) имеет прибавку урожая к стандартному сорту Дон 95 0,22 кг/м<sup>2</sup>, ECWD/14 с прибавкой 0,11 кг/м<sup>2</sup>. Урожайность этих сортов составляет: Нота – 0,64 кг/м<sup>2</sup>, Веда – 0,59 кг/м<sup>2</sup>, Танаис – 0,62 кг/м<sup>2</sup>, 1393/04 (линия) – 0,80 кг/м<sup>2</sup>, Сирена – 0,64 кг/м<sup>2</sup>, Звездочка – 0,62 кг/м<sup>2</sup>, ECWD/14 – 0,70 кг/м<sup>2</sup> при том, что стандартный сорт Дон 95 имеет урожайность – 0,58 кг/м<sup>2</sup>.

В увеличении продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы по результатам исследований выявлено, что важное значение имеет масса зерна и число зерен в колосе, и результаты корреляционного анализа показали положительную связь между урожайностью и массой зерна с колоса ( $r = + 0,50 \pm 0,07$ ), так же и между числом зерен в колосе ( $r = + 0,44 \pm 0,06$ ), положительная корреляционная связь урожайности с массой 1000 зерен ( $r = + 0,39 \pm 0,11$ ).

В результате исследований получили генетический материал для использования в селекционных программах при создании новых улучшенных сортов и выявили, что за годы исследований у сортов озимой мягкой пшеницы наиболее высокое содержание белка в зерне отмечено в 2006 и 2008 гг., несколько ниже – в 2007 и 2009 гг. В среднем за годы исследований (2006-2009 гг.) более высокое содержание белка в зерне наблюдалось у сортов Веда – 16,0 %, Звездочка – 15,9 %, Танаис – 15,3 %, Нота и линия 1393/04 – 15,1 % и т.д. У стандартного сорта Дон 95 содержание белка в среднем составляет 14,8 %.



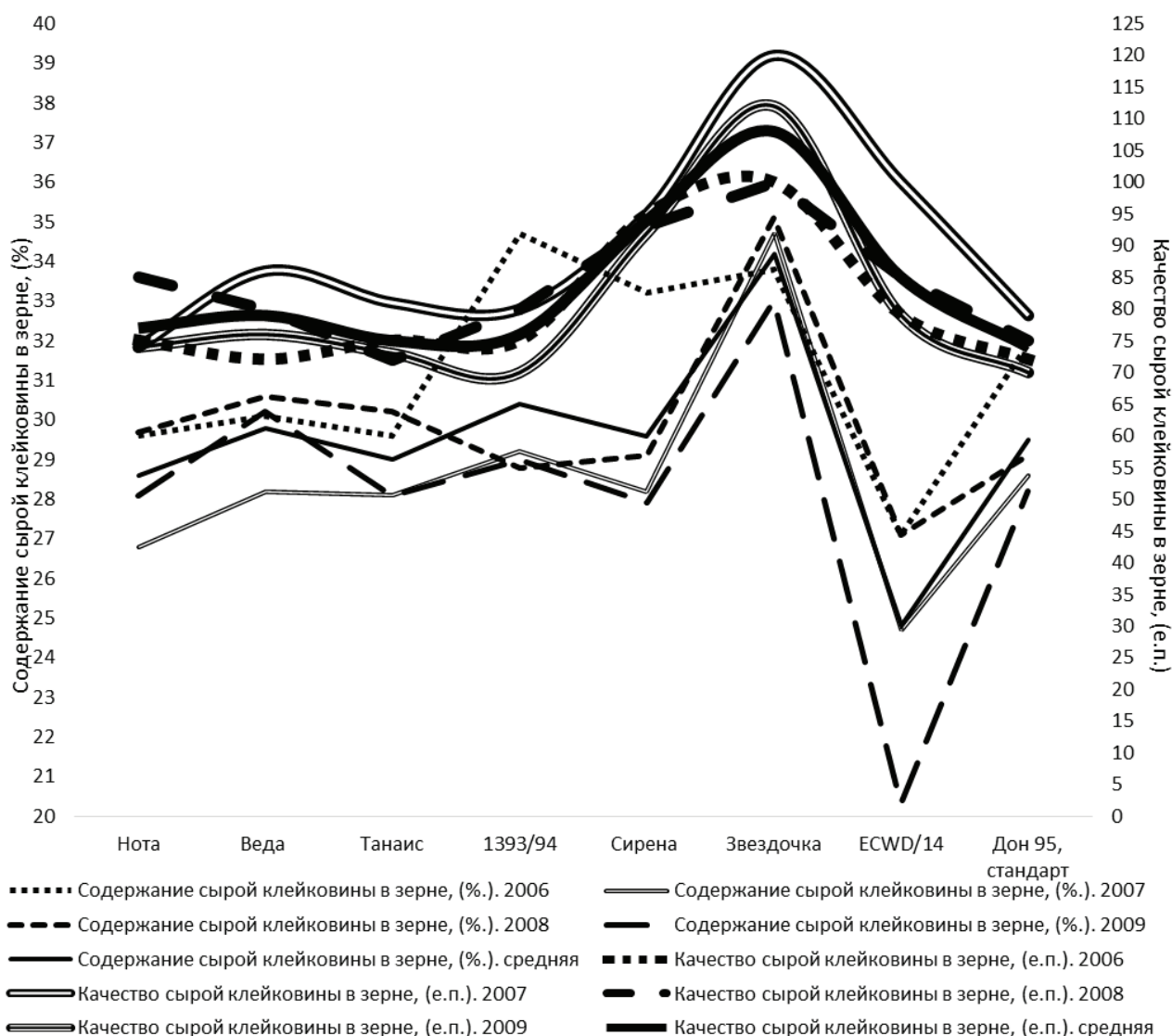
**Рисунок 1. Урожайность выделившихся сортообразцов озимой мягкой пшеницы (кг/м<sup>2</sup>) в сочетании с высоким содержанием белка в зерне (%)**

Основным показателем полезности муки являются количественно-физические свойства клейковины и содержание белка, которые подтверждают коэффициенты корреляции [25]. Результаты статистической обработки экспериментальных данных показывают, что наиболее высокая положительная связь наблюдалась между содержанием белка и содержанием клейковины в зерне ( $r = + 0,81 \pm 0,11$ ), между содержанием белка и качеством клейковины (ИДК) ( $r = + 0,50 \pm 0,07$ ), содержание белка в зерне с урожайностью ( $r = + 0,31 \pm 0,08$ ). Сходимость расчетных и опытных данных подтверждает высокую аппроксимацию при анализе зависимости относительных показателей содержания белка и урожайности по отношению к стандартному сорту Дон 95 –  $R^2=0,59$ ;  $0,53$ ;  $0,57$ .

Выделившиеся сортообразцы по содержанию сырой клейковины в зерне и её качества представлены на рисунке 2. Выявлено существенное влияние гидротермических условий на процентное содержание клейковины в зерне. Самые высокие показатели по данному признаку у большинства сортообразцов получены в 2006 году.

В среднем за годы исследований более высоко-

кое содержание сырой клейковины отмечалось у сортообразцов: Звездочка (34,2 %, ИДК–108), 1393/94 (30,4 %, ИДК–76) и Веда (29,8 %, ИДК–79), Сирена (29,6 %, ИДК–94) и остальные, представленные на графике сортообразцы. Содержание клейковины в зерне у стандартного сорта Дон 95 составило 29,5 %, ИДК – 74). При высоком содержании сырого протеина и клейковины у сортообразца Звездочка, по показателям ИДК реологические свойства – до 100 и более единиц – это третья группа качества. Как известно, ИДК показывает, насколько клейковина податлива, как хорошо она растягивается и держит форму, как хорошо удерживает газ, как быстро расслабляется, как сильно оказывает сопротивление воздействию. Чем ИДК ниже, тем клейковина прочнее (тем короче тянется) и, чем выше – тем она слабее и податливее. Однако, если клейковина муки будет слишком упругой, крупных пор не будет, потому что их стенки будут настолько прочными и не склонными к разрушению, что близкое соседство с другими пузырьками воздуха не приведет к объединению их в одну большую пору, каждая пора, окруженная сильными стенками, останется одиночкой. А вы,



**Рисунок 2. Содержание (%) и качество (е.п.) сырой клейковины в зерне выделенных сортообразцов озимой мягкой пшеницы**

разрезав хлеб, увидите губчатый, немного резиновый, мелкопористый мякиш [19].

Между урожайностью и содержанием клейковины в зерне за годы исследований наблюдалась незначительная отрицательная корреляционная связь от  $-0,27 \pm 0,11$  до  $-0,35 \pm 0,14$ . Установлено наличие достаточно тесной взаимосвязи между содержанием клейковины и белка в зерне ( $r = +0,80 \pm 0,13$ ). Наивысшая достоверность аппроксимации опытных и расчетных данных наблюдается при анализе зависимости относительных показателей содержания клейковины и урожайности по отношению к стандартному сорту Дон 95 –  $R^2=0,54; 0,46; 0,51$ .

В заключение следует отметить, что представленные сортообразцы имеют высокое содержание белка и клейковины в сочетании с высокой урожайностью. В качестве источников высокой продуктивности выращиваемой пшеницы необходимо

использовать следующие сортообразцы: Нота, Веда, Танаис, 1393/04 (линия), Сирена, Звездочка, ECWD/14.

**Выводы**

1. Выделены источники высокого качества зерна, сочетающие высокую урожайность, сортообразцы: Нота, Веда, Танаис, 1393/04 (линия), Сирена, Звездочка, ECWD/14.

2. В среднем за три года лучшие сорта превысили стандартный сорт Дон 95 по урожайности на  $0,06 \text{ кг/м}^2$  Нота и Сирена, Танаис и Звездочка на  $0,03 \text{ кг/м}^2$ , 1393/04 (линия) имеет прибавку урожая от стандартного сорта Дон 95  $0,22 \text{ кг/м}^2$ , ECWD/14 составляет  $0,11 \text{ кг/м}^2$ . и урожайность этих сортов составляет: Нота –  $0,64 \text{ кг/м}^2$ , Веда –  $0,59 \text{ кг/м}^2$ , Танаис –  $0,62 \text{ кг/м}^2$ , 1393/04 (линия) –  $0,80 \text{ кг/м}^2$ , Сирена –  $0,64 \text{ кг/м}^2$ , Звездочка –  $0,62 \text{ кг/м}^2$ , ECWD/14 –  $0,70 \text{ кг/м}^2$  при том, что стандартный сорт Дон 95



имеет урожайность – 0,58 кг/м<sup>2</sup>.

3. Установлено, что важное значение имеет масса зерна и число зерен в колосе, что подтверждено результатами корреляционного анализа, показавшего положительную связь между урожайностью и массой зерна с колоса ( $r = + 0,50 \pm 0,07$ ), так же и между числом зерен в колосе ( $r = + 0,44 \pm 0,06$ ), положительная корреляционная связь урожайности с массой 1000 зерен ( $r = + 0,39 \pm 0,11$ ).

4. По содержанию белка в зерне превышение над стандартным сортом Дон 95, который имел 14,8 %, выявлено у таких сортообразцов, как Веда – 16,0 %, Звездочка – 15,9 %, Танаис – 15,3 %, Нота и линия 1393/04 – 15,1 %.

5. В среднем за годы исследований более высокое содержание сырой клейковины отмечалось у сортообразцов: Звездочка – 34,2 %, ИДК–108; 1393/94 – 30,4 %, ИДК–76; Веда – 29,8 %, ИДК–79; Сирена – 29,6 %, ИДК–94. Содержание клейковины в зерне у стандартного сорта Дон 95 составило 29,5 %, ИДК – 74.

6. Результаты статистической обработки экспериментальных данных показывают, что наиболее высокая положительная связь наблюдалась между содержанием белка и содержанием клейковины в

зерне ( $r = + 0,81 \pm 0,11$ ), между содержанием белка и качеством клейковины (ИДК) ( $r = + 0,50 \pm 0,07$ ), содержанием белка в зерне с урожайностью ( $r = + 0,31 \pm 0,08$ ). Сходимость расчетных и опытных данных подтверждает высокую аппроксимацию при анализе зависимости относительных показателей содержания белка и урожайности по отношению к стандартному сорту Дон 95 –  $R^2=0,59; 0,53; 0,57$ .

7. Выделенные генетические источники широко используются в селекционных программах в качестве родителей в ФГБНУ «АНЦ Донской», ФГБНУ «ФРАНЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» и других. На их основе созданы адаптивные, конкурентные сорта пшеницы мягкой озимой. Только в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» создано пять новых сортов: Ставка (Дон 95 x Зерноградка 9) RU 8995. Заявка № 63429 от 16.12.2013; Армада (Мулат x Танаис) RU 11070. Заявка № 71761 от 08.12.2016; Паритет (Танаис x Уля) RU 11075. Заявка № 71763 от 08.12.2016, которые внесены в Госреестр селекционных достижений по Северо-Кавказскому, Нижне-Волжскому и Центрально-Черноземному регионам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров, С.В. Селекция на качество сельскохозяйственных растений / С.В. Гончаров // Методические указания. - Краснодар, 2015. - С. 7-8.
2. Гулаев, Г.В. Селекция и семеноводство полевых культур: учеб. пособие / Г.В. Гулаев, Ю.Л. Гужов. – Москва: «Колос», 1972. 455 с.
3. Зерновые и продукты их переработки. Белок и протеин в зерне и зерновых культурах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://soctrade.ua/otrasli-primeneniya/selhozprodukcija/zernovye/belok-protein/> (Дата обращения: 17.02. 2023).
4. Значение сорта в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.agro-portal24.ru/selekcija/220-znachenie-sorta-v-selskohozyaystvennom-proizvodstve.html> (Дата обращения: 10.03. 2023).
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. - Издательство «Колос», 1980. - 280 с.
6. Клейковина пшеницы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:<https://fermerok.info/klejkovina-pshenitsy> (Дата обращения: 18.02. 2023).
7. Маркарова, А.Р. Взаимосвязь качества зерна озимой мягкой пшеницы с продуктивностью и устойчивостью к морозам, болезням и вредителям в условиях юга Ростовской области: автореф. дис.... канд. с.-х. наук. - г. Зерноград, 2012. - С. 3-4.
8. Маркарова, Ж.Р. Морозостойкость и урожайность сортов и образцов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - Новочеркасск, 2015. - № 2. - С. 137-145.
9. Маркарова, Ж.Р. Селекция как один из способов агроприема для повышения урожайности / Ж.Р. Маркарова, Р.А. Гуленок // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. ООО «Капитал», 2020. - №2 - (41). - С. 150-122.
10. Маркарова, Ж.Р. Устойчивость к болезням и продуктивность сортообразцов пшеницы озимой мягкой / Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – Новочеркасск, 2012. – №3 (7). – С 103-112.
11. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://sh.krasn.ru/kachestvo-zerna/> (Дата обращения: 17.02. 2023).
12. Орлюк, А.П. Принципы трансгрессивной селекции пшеницы / А.П. Орлюк, В.В. Базалий. – Херсон, 1998. - С. 274.
13. Охременко, А.В. Оценка коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы и выделение источников ценных признаков для селекции в центральном предкавказье: дис... канд. с.-х. наук. - Краснодар, 2016. - 233 с.
14. Рекомендации по повышению клейковины продовольственной пшеницы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://agro.cap.ru/news/2009/08/28/rekomendacii-po-povisheniyu-klejkovini-prodovoljstve> (Дата обращения: 22.02. 2023).
15. Селкция пшеницы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.studizba.com/files/show/>



doc/86795-1-13274.html (Дата обращения: 11.02. 2023).

16. Сорт и его влияние на повышение урожайности и качество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://www.studwood.ru/1839332/agropromyshlennost/obzor\\_literatury](https://www.studwood.ru/1839332/agropromyshlennost/obzor_literatury) (Дата обращения: 10.02. 2023).

17. Успехи современного естествознания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36650> (Дата обращения: 20.02. 2023).

18. Хлебомолы. О свойствах и качестве муки: клейковина, ИДК, холодный аутолиз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.hlebomoli.ru/blog/o-svoystvah-i-kachestve-muki-kleykovina-idk-holodnyy-autoliz> (Дата обращения: 17.02. 2023).

19. Biochemistry of grain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.bibliotekar.ru/5-biohimiya-zerna/60.htm> (Дата обращения: 13.03. 2023).

20. Kurt Polat, P. O. Stability Performance of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L) Lines / P. O. Kurt Polat, E. A. Cifci, K. Yagdi // *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 553-560, 2016.

21. Lelley, J. Wheat breeding. Theory and practice *Akademiai Kiado* / Пер. С англ. Н. Б. Ронис. – М.: «Колос», 1980. – 385 с.

22. Shewry, P. R. Wheat / *Journal of Experimental Botany*. – Volume 60, Issue 6, April 2009, Pages 1537–1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>.

23. Smetanska, I. The influence of yeast extract and jasmonic acid on phenolic acids content of in vitro hairy root cultures of *Orthosiphon aristatus* / I. Smetanska, O. Tonkha, T. Patyka, D. Hunaefi, D. Mamdouh, M. Patyka, A. Bukin, M. Mushtruk, N. Slobodyanyuk, A. Omelian // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15: 1-8, 202 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://www.researchgate.net/publication/348846961\\_The\\_influence\\_of\\_yeast\\_extract\\_and\\_jasmonic\\_acid\\_on\\_phenolic\\_acids\\_content\\_of\\_in\\_vitro\\_hairy\\_root\\_cultures\\_of\\_Orthosiphon\\_aristatus](https://www.researchgate.net/publication/348846961_The_influence_of_yeast_extract_and_jasmonic_acid_on_phenolic_acids_content_of_in_vitro_hairy_root_cultures_of_Orthosiphon_aristatus) (Дата обращения: 13.03. 2023).

24. Yashchuk, Nadiia. The technological properties of winter wheat grain during long-term storage / Liudmyla Matseiko, Anatolii Bober, Matvei Kobernyk, Sergiy Gunko, Nataliya Grevtseva, Yuriy Boyko, Oksana Salavor, Natalia Bublenco, Iryna Babych / *Potravinarstvo Slovak Journal of Food sciences* wed. Vol. 15 (2021). Doi: 10.5219/1642.

## REFERENCES

1. Goncharov, S.V. Selection for the quality of agricultural plants / S.V. Goncharov // *Methodical instructions*. – Krasnodar, 2015. – pp. 7-8.

2. Gulaev, G.V. Breeding and seed production of field crops: textbook. manual / G.V. Gulaev, Yu.L. Guzhov. – Moscow: Kolos, 1972. 455 p.

3. Cereals and products of their processing. Protein and protein in grain and grain crops [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://soctrade.ua/otrasli-primeneniya/selhozprodukcija/zernovye/belok-protein/> (Accessed: 17.02.2023).

4. The value of the variety in agricultural production [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://www.agroportal24.ru/selekcija/220-znachenie-sorta-v-selskohozyaystvennom-proizvodstve.html> (Date of reference: 10.03.2023).

5. Kazakov, E.D. Biochemistry of grain and products of its processing / E.D. Kazakov, V.L. Kretovich. – Publishing house “Kolos”, 1980. – 280 p.

6. Wheat gluten [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://fermerok.info/kleykovina-pshenitsy> (Accessed: 18.02.2023).

7. Markarova, A.R. Interrelation of grain quality of winter soft wheat with productivity and resistance to frost, diseases and pests in the conditions of the south of the Rostov region: abstract. dis.... Candidate of Agricultural Sciences. – Zernograd, 2012. – pp. 3-4.

8. Markarova, Zh.R. Frost resistance and yield of varieties and samples of winter soft wheat in the conditions of the Rostov region // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration*. – Novocherkassk, 2015. – No. 2. – pp. 137-145.

9. Markarova, Zh.R. Selection as one of the ways of agricultural acceptance to increase productivity / Zh.R. Markarova, R.A. Gulenok // *International Journal of Humanities and Natural Sciences. Capital LLC*, 2020. – №2 - (41). – P. 150-122.

10. Markarova, Zh.R. Disease resistance and productivity of varieties of winter soft wheat / *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. – Ngovoherkassk, 2012. – №3 (7). – From 103-112.

11. Metrology, standardization and certification [Electronic resource]. – Access mode: URL: <http://sh.krasn.ru/kachestvo-zerna/> (Accessed: 17.02.2023).

12. Orlyuk, A.P. Principles of transgressive wheat breeding / A.P. Orlyuk, V.V. Basaliy. – Kherson, 1998. – p. 274.

13. Okhremenko, A.V. Evaluation of collection samples of winter soft wheat and identification of sources of valuable traits for breeding in the central pre-Caucasus: dis... Candidate of Agricultural Sciences. – Krasnodar, 2016. – 233 p.

14. Recommendations for increasing gluten in food wheat [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://agro.cap.ru/news/2009/08/28/rekomendacii-po-povisheniyu-kleykovini-prodovoljstve> (Accessed: 22.02. 2023).

15. Wheat selction [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://www.studizba.com/files/show/doc/86795-1-13274.html> (Date of circulation: 11.02. 2023).

16. The variety and its impact on increasing yield and quality [Electronic resource]. – Access mode: URL: [https://www.studwood.ru/1839332/agropromyshlennost/obzor\\_literatury](https://www.studwood.ru/1839332/agropromyshlennost/obzor_literatury) (Accessed: 10.02. 2023).

17. Successes of modern natural science [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36650> (Accessed: 20.02. 2023).

18. Bread-breakers. About the properties and quality of flour: gluten, IDC, cold autolysis [Electronic resource]. – Access mode: URL: <https://www.hlebomoli.ru/blog/o-svoystvah-i-kachestve-muki-kleykovina-idk-holodnyy-autoliz> (Accessed: 17.02.2023).

19. Biochemistry of grain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.bibliotekar.ru/5-biohimiya-zerna/60.htm> (Дата обращения: 13.03. 2023).

20. Kurt Polat, P. O. Stability Performance of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L) Lines / P. O. Kurt Polat, E. A. Cifci, K. Yagdi // *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 553-560, 2016.

21. Lelley, J. Wheat breeding. Theory and practice Akademiai Kiado / Пер. С англ. Н. Б. Ронис. – М.: «Колос», 1980. – 385 с.

22. Shewry, P. R. Wheat / *Journal of Experimental Botany*. – Volume 60, Issue 6, April 2009, Pages 1537–1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>.

23. Smetanska, I. The influence of yeast extract and jasmonic acid on phenolic acids content of in vitro hairy root cultures of *Orthosiphon aristatus* / I. Smetanska, O. Tonkha, T. Patyka, D. Hunaefi, D. Mamdouh, M. Patyka, A. Bukin, M. Mushtruk, N. Slobodyanyuk, A. Omelian // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15: 1-8, 202 [Electronic resource]. – Access mode: URL: [https://www.researchgate.net/publication/348846961\\_The\\_influence\\_of\\_yeast\\_extract\\_and\\_jasmonic\\_acid\\_on\\_phenolic\\_acids\\_content\\_of\\_in\\_vitro\\_hairy\\_root\\_cultures\\_of\\_Orthosiphon\\_aristatus](https://www.researchgate.net/publication/348846961_The_influence_of_yeast_extract_and_jasmonic_acid_on_phenolic_acids_content_of_in_vitro_hairy_root_cultures_of_Orthosiphon_aristatus) (Date of access: 03/13/2023).

24. Yashcuk, Nadiia. The technological properties of winter wheat grain during long-term storage / Liudmyla Matseiko, Anatolii Bober, Matvei Kobernyk, Sergiy Gunko, Nataliya Grevtseva, Yuriy Boyko, Oksana Salavor, Natalia Bublenco, Iryna Babych / *Potravinarstvo Slovak Journal of Food sciences wed. Vol. 15 (2021)*. Doi: 10.5219/1642.

#### **Жасмина Рональдовна Маркарова**

Старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики с/х культур  
E-mail: Markarova81.81@mail.ru

#### **Zhasmina Ronaldovna Markarova**

Senior researcher laboratories of breeding and genetics of agricultural crops  
E-mail: Markarova81.81@mail.ru

#### **Розалия Александровна Гуленок**

Научный сотрудник лаборатории селекции и генетики с/х культур  
E-mail: Rozaliya.gulenok@mail.ru

#### **Rozaliya Alexandrovna Gulenok**

Research associate laboratories of breeding and genetics of agricultural crops  
E-mail: Rozaliya.gulenok@mail.ru

#### **Людмила Анатольевна Черногор**

Младший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики с/х культур  
E-mail: ChernogorL@rambler.ru

#### **Lyudmila Anatolyevna Chernogor**

Junior research assistant laboratories of breeding and genetics of agricultural crops,  
E-mail: ChernogorL@rambler.ru

Все: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Россия, РО, п. Рассвет.  
E-mail: dzni@mail.ru

All: Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Rostov Agricultural Research Center. v. Rassvet, RR, Russia  
E-mail: dzni@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-39-46  
УДК 633.18:631.526.32

**Зеленский Г.Л.**, д-р с.-х. наук,  
**Ткаченко М.А.**  
**Генный Е.Ю.**  
г. Краснодар, Россия

### ПОЛЮС 5 – СОРТ РИСА С НОВЫМ МОРФОТИПОМ РАСТЕНИЙ

Создание сортов и гибридов с повышенной урожайностью и улучшенным качеством продукции – приоритетная задача селекции. Одним из вариантов увеличения продуктивности риса является изменение морфотипа растения. Сорта с эректоидными листьями позволяют повысить плотность продуктивного стеблестоя и увеличить урожайность ценоза. При такой архитектонике обеспечивается лучшая освещенность листьев разных ярусов и снижается конкуренция растений за солнечный свет. В Федеральном научном центре риса создан новый высокопродуктивный сорт риса Полюс 5 с эректоидными листьями. Донор признака «эректоидность листьев» – мелкозерное растение, отобранное в 1982 г. из мутантного коллекционного образца K-01209. После нескольких этапов гибридизации, отборов и всесторонней оценки были получены образцы риса с эректоидными листьями, отвечающие требованиям современных сортов и пригодные для плотных посевов. В 2020 г. сорт риса Полюс 5 передан на государственное сортоиспытание, заявка № 7953586 с датой приоритета 06.10.2020 г. По результатам испытания Полюс 5 внесен в Госреестр РФ сортов, допущенных к использованию с 2023 г. Целью исследований явилась оценка реакции вертикальнолистного сорта риса Полюс 5 на изменение уровня азотного питания при разной густоте стеблестоя. Установлено, что сорт Полюс 5 при загущении свыше 400 растений на 1 м<sup>2</sup> и повышенной дозе минеральных удобрений дал максимальную урожайность (1380 г/м<sup>2</sup>) и сформировал зерно с общим выходом крупы свыше 75 %. Сорт Полюс 5 рекомендуется для возделывания по интенсивной технологии, с размещением по высокоплодородным предшественникам.

**Ключевые слова:** рис, сорт Полюс 5, эректоидность листьев, урожайность, качество зерна.

### POLUS 5 – A RICE VARIETY WITH A NEW PLANT MORPHOTYPE

Creation of varieties and hybrids with increased productivity and improved product quality is a priority task for breeding. One of the options for increasing the productivity of rice is to change the morphotype of the plant. Varieties with erectoid leaves can increase the density of productive stems and increase the yield of the cenosis. With such architectonics, better illumination of the leaves of different tiers is provided and the competition of plants for sunlight is reduced. A new highly productive rice variety Polus 5 with erectoid leaves has been created at the Federal Rice Research Center. The donor of the "leaf erection" trait is a small-grained plant selected in 1982 from the mutant collection sample K-01209. After several stages of hybridization, selection and comprehensive evaluation, rice samples with erectoid leaves were obtained that meet the requirements of modern varieties and are suitable for dense plant stand. In 2020, the rice variety Polus 5 was submitted for State variety testing, application № 7953586 with a priority date of 06.10.2020. Based on the test results, Polus 5 was included in the State Register of the Russian Federation approved for use from 2023. The aim of the research was to evaluate the response of the vertical-leaved rice variety Polus 5 to changes in the level of nitrogen nutrition at different stem density. It was established that the variety Polus 5, with more than 400 plants per 1 m<sup>2</sup> and an increased rate of mineral fertilizers, gave the maximum yield (1380 g/m<sup>2</sup>) and formed grain with a total yield of groats over 75%. Variety Polus 5 is recommended for cultivation according to intensive technology after highly fertile predecessors.

**Key words:** rice, Polus 5 variety, leaf erection, productivity, grain quality.

#### Введение

Увеличение урожайности зерна риса является основной целью программ по селекции практически всех рисосеющих стран. Зеленую революцию этой культуры в мире связывают с созданием полукарликовых сортов, новым типом рисовых растений и гибридным рисом [22]. Урожайность сортов, созданных в IRRI до 1980 г., повышалась в основном за счет улучшения индекса урожая ( $K_{\text{хоз}}$ ), а после 1980 г. – увеличения общей биомассы растения [27]. Потенциал урожайности современных высокоурожайных сортов, выращенных в лучших тропических условиях, достигает 10 т/га, при этом

$K_{\text{хоз}}$  составляет 0,5 [24]. Селекционер IRRI G. Khush (1995) считает, что увеличение потенциальной урожайности риса до 15 т/га возможно при создании новых растений риса с индексом урожайности 0,6 (60 % зерна и 40 % соломы по весу) и с повышенной способностью к фотосинтезу для увеличения общего биологического урожая [23].

Дальнейшее повышение урожайности риса по мнению А.Г. Ляховкина, возможно за счет увеличения биомассы растения [14]. К такому выводу склоняются и индийские исследователи. Они считают, что необходимо увеличить биомассу сортов риса до 25 т/га и повысить индекс урожая с 0,5 до 0,6 [25].

А.И. Носатовский [17], А.А. Ничипорович [16] и С. Дональд [6] отводят важную роль в повышении урожайности размерам и положению листовых пластинок.

Однако значительное увеличение листовой поверхности растений резко ухудшает световые условия фотосинтеза [15, 26]. При этом форма листовых пластинок играет существенную роль в затенении. Показано, что фотосинтетическая поверхность желобчатых листьев на проектируемую листовую поверхность значительно выше, чем прямых [28].

Важным резервом повышения фотосинтетической продуктивности является оптимизация архитектоники растения, обеспечивающая лучшую освещенность листьев разных ярусов и снижающая конкуренцию растений. Это имеет большое значение, так как рост отдельных растений в посевах в значительной степени ограничен конкуренцией за солнечный свет. А в условиях орошения и при интенсивном применении удобрений солнечная радиация может быть единственным фактором, лимитирующим рост и накопление биомассы [19].

Для повышения продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и риса, необходимо создавать сорта нового типа, обладающие улучшенными фотосинтетическими характеристиками. Отличительной особенностью таких сортов является низкорослость, умеренная энергия кущения, вертикальное расположение листьев на стебле и оптимальная площадь листовой поверхности. Сорта с подобным комплексом признаков способны формировать посевы со структурой, обеспечивающей им хорошую вентилируемость, поступление  $\text{CO}_2$  из воздуха и достаточную освещенность листьев различных ярусов для высокопродуктивного фотосинтеза [16].

Растения с вертикальными листьями в утренние и вечерние часы облучаются потоком прямой и рассеянной радиации неба. Наибольшую интенсивность при малых высотах солнца получают листья, которые ориентированы почти перпендикулярно к прямым лучам солнца, тогда как горизонтальные листья их почти не получают, даже при одиночном стоянии растений. Лучи как бы скользят вдоль них, а при сплошном посеве лучи к ним практически не доходят. Растения с подобной ориентацией листьев представляют наиболее оптимальный тип геометрической структуры листового аппарата, позволяющий максимально использовать радиацию в течение всего дня [7].

Одним из направлений повышения продуктивности риса является изменение его архитектоники. При выращивании сортов с эректоидным расположением листьев можно загущать посевы и увеличивать при этом продуктивность ценоза. Для оценки продуктивности зерновых культур определяют уборочный индекс или коэффициент хозяй-

ственной эффективности фотосинтеза ( $K_{\text{хоз}}$ ), который показывает процент зерна в общей надземной массе растения [3, 11, 13].

Листовой аппарат вносит основной вклад в различия между сортами по величине фотосинтеза на единицу площади листа и продуктивности растений (70-80 %) [5, 29]. В отличие от растений с обычной архитектоникой, вертикальнолистные растения сохраняют зеленую окраску листьев и высокое содержание влаги в них даже после наступления полной спелости зерна [1, 2, 9, 18].

Однако, как бы хорошо не был бы развит фотосинтетический аппарат, увеличение урожайности зависит от индивидуальной продуктивности растений и густоты посева в целом. Зерновая продуктивность риса формируется в результате развития многих хозяйственно-ценных признаков: высоты растений, длины и плотности метелки, числа колосков и зерен в метелке, крупности зерен, массы 1000 зерновок. Эти признаки обладают высокой модификационной изменчивостью и низкой наследуемостью. И как показала селекционная практика, основная роль в повышении урожайности сорта принадлежит продуктивности главной метелки при оптимальной густоте стояния растений. При этом густота считается оптимальной до того момента, пока индивидуальная продуктивность растения не уменьшается. Ранее было показано, что у растений риса с эректоидными листьями с увеличением густоты стеблей индивидуальная продуктивность практически не уменьшается, а урожайность с единицы площади возрастает [8,10].

При селекции риса на повышение продуктивности большой проблемой является выделение и отбор элитных растений – родоначальников новых сортов. Одним из методов такого отбора является использование разработанного индекса «OMS», новизна и работоспособность которого подтверждается патентом РФ [21]. В отличие от  $K_{\text{хоз}}$  показатель OMS предоставляет возможность увидеть на сколько продуктивно работают листовые пластины флагового и подфлагового листа растения риса.

Работа по селекции образцов риса с вертикальными листьями для уплотненных посевов в Российской Федерации начата в 1982 г. В рабочей коллекции ВНИИ риса имелось несколько мутантных форм с такими листьями. Это были малопродуктивные растения, высотой 50-55 см с фасолеобразным зерном, которое при обработке легко дробилось. Как оказалось, фасолеобразное зерно сцеплено с эректоидным листом. Из образца К-01209 нам удалось выделить растение с нормальным зерном и массой 1000 зерновок около 20 г. Потомство его под названием «Остролистный» многократно использовалось в гибридизации с рядом сортов. Остролистный явился донором признака «эректоидный лист». В последующих по-



колениях, при отборе селекционных линий с эректоидными листьями, уделялось внимание повышению высоты до 80-90 см, увеличению крупности зерна и продуктивности растений, улучшению других хозяйственно-ценных признаков. На каждом этапе скрещиваний и отборов удавалось получать растения с улучшенными характеристиками. Медленнее всего происходило увеличение массы 1000 зерновок. Это весьма консервативный признак, который очень сложно поддается улучшению. Тем не менее, были созданы вертикальнолистные образцы риса перспективные для плотных посевов, которые проходили всестороннюю селекционную оценку [2, 7, 8].

Итогом многолетней работы явилась передача на Госиспытание в 2020 г. двух сортов с новой архитектоникой растений: Полюс 5 и Рубикон. После двухлетнего изучения сорт риса Полюс 5 внесен в

Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию с 2023 г. Отличительной особенностью сорта является новый морфотип растений, существенно отличающийся от всех возделываемых сортов риса в нашей стране. У растений сорта Полюс 5 все листья эректоидные, прижатые к стеблю. Максимальный угол отклонения флагового листа от стебля не превышает 5 градусов [30].

#### Цель исследований

Оценить реакцию вертикальнолистного сорта риса Полюс 5 на изменение уровня азотного питания при различной густоте стеблестоя.

#### Материалы и методы

Материалом исследований служил новый сорт риса Полюс 5 с эректоидными листьями. В качестве стандарта использовали районированный сорт Рапан 2, имеющий обычные листья (рис.).



а



б

**Рисунок. Сорта риса Полюс 5 (а) и Рапан 2 (б)**

Полевые опыты в селекционном процессе закладывали согласно методике, принятой в ФНЦ риса, с уточнениями при использовании малогабаритной техники [12]. В период вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты, а после созревания отбирали по 25 растений для биометрического анализа. Уборку проводили раздельным способом. Растения сжинали вручную и обмолачивали на малогабаритной молотилке.

Оценку риса по индексу OMS проводили следующим образом. В опытном посеве в фазе цветения

выделяли по 20 растений и отмечали этикетками с номером. На этих растениях проводили измерения линейных размеров: длины и ширины листовых пластины флагового и подфлагового листьев. Произведение этих двух линейных размеров (длины и ширины листа) и коэффициента (0,802 – для расчета площади листьев риса) дает площадь флагового и подфлагового листьев. Суммируя площади флагового  $S_{фл}$  и подфлагового листьев  $S_{пфл}$ , вычисляли среднюю площадь  $S_{ср}$  пластин флагового и подфлагового листьев главного побега ото-



бранных растений риса. В фазе полной спелости с главного побега этих срезали главную метелку. Метелку с этикеткой помещали в отдельный пакет. С каждой метелки обмолачивали зерно, затем отбирали выполненное и взвешивали. Рассчитывали  $M_{cp}$  – среднюю массу зерна с главной метелки.

Затем определяли показатель продуктивности селекционных образцов риса по формуле:

$$OMS = S_{cp} / M_{cp}, \text{ где:}$$

OMS - показатель продуктивности,  $см^2/г$ ;

$M_{cp}$  - средняя масса зерна с главной метелки, г;

$S_{cp}$  - средняя площадь пластин флагового и подфлагового листьев главного побега отобранных проб растений риса,  $см^2$ .

По величине этого показателя оценивали продуктивность растений риса. Индекс OMS показывает сколько единиц площади флагового и подфлагового листьев работает на образование единицы массы зерна. Чем меньше числовое значение OMS, тем продуктивнее растение, так как на образование единицы массы зерна работает меньшая площадь листа [21].

#### Результаты и обсуждение

Сорт риса Полюс 5 с эректоидными листьями, создан отбором из гибридной популяции, полученной от скрещивания сорта Павловский и селекционного образца СПУ-78-96 с многократной проверкой по потомству. Павловский – среднеспелый продуктивный сорт с крупным зерном удлинённой

формы. Масса 1000 зерновок – 34-36 г. СПУ-78-96 – позднеспелый высокопродуктивный образец с эректоидными листьями, но с мелким зерном. Масса 1000 зерновок – 25-26 г. Стояла задача получить среднеспелый сорт с эректоидными листьями, с увеличенным размером зерна и сохранить продуктивность на уровне родительских форм.

Созданный новый сорт Полюс 5 до передачи на Госиспытание прошел всестороннюю селекционную оценку в сравнении со стандартным сортом Рапан 2. Основные показатели этой оценки приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, новый сорт превышает стандарт по урожайности на 1,54 т/га и общему выходу крупы на 1,7 %, имеет более крупные хорошо озерненные метелки и очень низкую пленчатость зерна – 16 %. При этом по форме, размеру зерна и массе 1000 зерновок сорт Полюс 5 схож со стандартом Рапан 2. Это свидетельствует о том что задача по увеличению крупности зерна по сравнению с исходным образцом риса «Остролиственный» в процессе многолетней селекции успешно решена.

Растения сорта Полюс 5 достаточно устойчивы к пирикулярриозу: в полевых условиях сорт не поражается пирикулярриозом, при искусственном заражении – среднеустойчив. Сорт высокоустойчив к полеганию. Это позволяет размещать Полюс 5 на богатых высокоплодородных предшественниках для получения максимального урожая.

**Таблица 1. Характеристика сорта риса Полюс 5 в сравнении с сортом Рапан 2 (конкурсное испытание 2017 – 2019 гг.)**

Признаки	Полюс 5	Рапан 2 (стандарт)	+/- к стандарту
Урожайность, т/га	9,42	7,88	+1,54
Вегетационный период, сут.	121	119	+2
Высота растений, см	90	92	-2
Длина метелки, см	17,5	16,8	+0,7
Колосков на метелке, шт.	194	142	+52
Плотность метелки, шт./см	11,1	8,4	+2,7
Стерильность колосков, %	5,3	10,2	-4,9
Отношение длины к ширине (l/b)	2,4	2,5	-0,1
Масса 1000 зерновок, г	28,5	28,2	+0,3
Пленчатость, %	16,0	19,4	-3,4
Стекловидность, %	89,5	96,6	-7,1
Общий выход крупы, %	73,2	71,5	+1,7
в т.ч. целого ядра, %	80,9	91,9	-11,0
Поражаемость пирикулярриозом, % (искусственное заражение)	40,0	45,7	-5,7

По мнению Н.В. Воробьева и др. (2015) повышение урожайности риса на Кубани в первую очередь связано с формированием оптимального по густоте продуктивного стеблестоя (500-650 побегов на  $1 м^2$ ) и нормального обеспечения его азотом до начала кущения путем допосевного внесения азотного удобрения и подкормками [4].

Для получения дополнительных данных по оцен-

ке сорта Полюс 5 в 2021 г. провели изучение его в сравнении с сортом Рапан 2 в полевом опыте, который закладывали на экспериментальном орошаемом участке ФГБНУ «ФНЦ риса» согласно методике, принятой в центре. Общая норма минерального питания составила  $N_{120}P_{50}K_{20}$ . При этом фосфор, калий и 50 % азота в виде мочевины вносили до посева, а в подкормку 25 % азота – в фазе 3 листа

и 25 % – 5 листьев. Густоту стеблестоя формировали, высевая изучаемые сорта с нормой 400 и 800 зерен на 1 м<sup>2</sup>. После получения всходов фактическая густота по вариантам составила 220 (разреженный) и 430 (загущенный) растений на 1 м<sup>2</sup>.

На учетных делянках, площадь которых составляла 1 м<sup>2</sup>, в фазе выметывания этикетками отмечали по 20 растений для определения индекса «OMS». Работу по определению OMS выполняли в соответствии с ранее описанной методикой [21].

Изучая реакцию сортов риса на густоту стеблестоя и уровень азотного питания, в данной статье рассматриваем взаимосвязь признаков: масса зерна с делянки, масса зерна с главной метелки, площадь флагового и подфлагового листа,  $K_{хоз}$ , а также OMS (табл. 2).

Из данных таблицы 2 видно, что у сорта Полюс 5

на фоне одной азотной подкормки урожайность практически равна стандарту. При внесении двух азотных подкормок урожайность сорта Полюс 5 оказалась существенно выше сорта Рапан 2. При этом максимальная урожайность (1380 г/м<sup>2</sup>) у сорта Полюс 5 отмечена при загущенном посеве и двух азотных подкормках.

На разреженном посеве у растений сорта Полюс 5 образовалась большая вегетативная масса за счет увеличения размеров листьев в ущерб общей продуктивности ценоза. Аналогичный результат наблюдаем и по массе зерна с главной метелки. На разреженном посеве и при двух азотных подкормках она достигает максимальной величины. Но этого оказалось недостаточно, чтобы сформировать более высокую массу зерна с делянки по сравнению с загущенным посевом.

**Таблица 2. Урожайность и показатель «OMS», сортов риса Полюс 5 и Рапан 2 при одной и двух подкормках азотом, 2021 г.**

Показатели	Вариант	Полюс 5		Рапан 2		НСР <sub>05</sub>
		1**	2***	1	2	
Масса зерна с делянки (1 м <sup>2</sup> ), г	N-1*	900	840	890	870	10,24
	N-2	1380	1200	910	880	5,5
Масса зерна с главной метелки, M <sub>ср</sub> , г	N-1	2,1	3,9	2,9	3,8	–
	N-2	4,5	5,4	3,0	3,9	–
Площадь флагового и подфлагового листьев, S <sub>ср</sub> , см <sup>2</sup>	N-1	67,6	101,2	72,7	76,9	–
	N-2	98,7	102,2	77,8	79,2	–
$K_{хоз}$	N-1	0,54	0,54	0,50	0,52	–
	N-2	0,50	0,51	0,50	0,52	–
OMS, см <sup>2</sup> /г	N-1	32	27	25	20	–
	N-2	23	19	26	20	–
Рейтинг по OMS	N-1	4	3	2	1	–
	N-2	3	1	4	2	–

Примечание – \* N-1 – одна подкормка; N-2 – две подкормки; \*\*1- загущенный, \*\*\* 2- разреженный посев

Показатель  $K_{хоз}$  мало изменялся по вариантам опыта. По индексу OMS получены более интересные результаты. При одной азотной подкормке в рейтинге по OMS лучший показатель у сорта Рапан, а при двух подкормках – у сорта Полюс 5.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости подробной разработки элементов агротехники для нового сорта риса Полюс 5, особен-

но по густоте и уровню минерального питания. Подтверждением этого тезиса являются данные полученные в специальном комплексном опыте лаборатории сортовой агротехники, где изучались несколько сортов [20]. В качестве примера приводим из этой работы один показатель качества зерна по признаку «общий выход крупы» сорта Полюс 5 в сравнении со стандартом Рапан 2 (табл. 3).

**Таблица 3. Общий выход крупы сортов риса, сортовая агротехника, 2021 г.**

Сорт	Норма высева семян, млн шт/га	Дозы азотных удобрений, д.в. кг/га				НСР <sub>05</sub>
		0	92	138	184	
Рапан 2	4,0	68,2	68,8	69,6	69,6	0,10
	6,0	68,6	68,8	69,6	68,8	0,16
	8,0	69,4	69,3	69,6	69,2	0,10
НСР <sub>05</sub>		0,13	0,13	0,23	0,26	
Полюс 5	4,0	75,4	75,3	75,4	73,4	0,19
	6,0	74,0	74,2	75,6	75,8	0,23
	8,0	73,4	74,6	74,7	75,0	0,13
НСР <sub>05</sub>		0,13	0,13	0,20	0,26	

Данные таблицы 3 свидетельствуют о значительном преимуществе по общему выходу крупы сорта Полюс 5 над стандартом и во всех вариантах опыта. Если у сорта Рапан 2 общий выход крупы составлял 68,2-69,6 %, то у сорта Полюс 5 этот показатель значительно выше – 73,4-75,8 %. При этом следует отметить, что в варианте без удобрений с увеличением густоты посева выход крупы у сорта Полюс 5 существенно снижается. Это свидетельствует об интенсивности растений сорта, которым при загущении требуется больше питания. При повышении уровня азотного питания на фоне разной густоты стеблестоя различия по выходу крупы у

сорта Полюс 5 незначительны.

#### **Выводы**

1. Новый сорт риса Полюс 5, имеющий морфотип растений с эректоидными листьями, отличается высокой интенсивностью. Он формирует максимальную урожайность зерна на загущенных посевах с повышенным уровнем минерального питания.

2. При достаточном питании Полюс 5 дает высокий выход крупы, чем выгодно отличается от стандартного сорта Рапан 2.

3. Сорт Полюс 5 является перспективным исходным материалом при селекции сортов риса нового поколения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Авакян, Э.Р. Признаки нового типа растения риса / Э.Р. Авакян, Р.Р. Джамирзе // Материалы международной научной конференции «Устойчивое производство риса: настоящее и перспективы» Краснодар. – 2006. – Т. 1. – С. 237-241.
2. Бегун, И.И. Изменчивость количественных признаков у гибридов риса с эректоидным расположением листьев / И. И. Бегун, Г.Л. Зеленский // Труды КубГАУ. – № 6 (21). – Краснодар, 2009. – С. 39 – 42.
3. Воробьев, Н. В. Физиологические основы формирования урожая риса / Н.В. Воробьев. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – 405 с.
4. Воробьев, Н.В. Особенности продукционного процесса риса (обзор) / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев, Т.С. Пшеницына // Рисоводство. – 2015. – № 1-2. (26-27). – С. 48-53.
5. Довнар, В.С. Фотосинтетическая активность агрофитоценозов (пути ее регулирования и практического использования): автореф. дис. докт. биол. наук / В.С. Довнар. – Минск, 1985. – 49 с.
6. Дональд, С. Конкуренция за свет у сельскохозяйственных культур / С. Дональд // Механизмы биологической конкуренции. – М., 1964. – 350 с.
7. Зеленский, Г.Л. Перспективы создания сортов риса с высокой продуктивностью и адаптивными качествами / Г.Л. Зеленский // Развитие инновационных процессов в рисоводстве – базовый принцип стабилизации отрасли: Материалы всеросс. науч.-практич. конф. 15-16 авг. 2005 г. Краснодар, 2005. – С. 3-12.
8. Зеленский, Г.Л. Реакция форм риса с эректоидными листьями на загущение / Г.Л. Зеленский, И.И. Бегун, А.Г. Зеленский // Рисоводство. – 2005. – № 7. – С. 21-25.
9. Зеленский, Г.Л. Новый исходный материал для селекции риса на повышение продуктивности [Электронный ресурс] / Г.Л. Зеленский, М.В. Шаталова // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 5 (89). – С. 888-903 – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/60.pdf>. (Дата обращения 04.05.2023)
10. Зеленский, Г.Л. Создание вертикальнолистных сортов как один из способов увеличения продуктивности риса / Г.Л. Зеленский, М.В. Шаталова // Труды КубГАУ. – № 3 (54). – Краснодар, 2015. – С. 153-155.
11. Зеленский, Г.Л. Рис: от растения до диетического продукта : монография / Г. Л. Зеленский, О. В. Зеленская. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 272 с.
12. Методика опытных работ по селекции, семеноводству и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар, 1972. – 156 с.
13. Костылев, П.И. Северный рис / П.И. Костылев, А.А. Парфенюк, В.И. Степовой // Ростов на Дону. – 2004. – 576 с.
14. Ляховкин, А.Г. Мировое производство и генофонд риса / А.Г. Ляховкин, Ханой, 1992. – 344 с.
15. Нальборчик, Э. Роль различных органов фотосинтеза в формировании урожая зерна хлебных злаков / Э. Нальборчик // Вопросы селекции и генетики зерновых культур, М., 1983. – С. 224-230.
16. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональное направление селекции на повышение продуктивности / А.А. Ничипорович // Биологические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М., 1975. – С.5-14.
17. Носатовский, А.И. О положении листовой пластинки к солнечным лучам / А.И. Носатовский // Тр. Краснодар. ин-та пищевой пром-ти. – Краснодар, 1947. – Вып.2. – С. 3-44.
18. Ткаченко, Ю. В. Оценка вертикальнолистных образцов риса в конкурсном испытании / Ю. В. Ткаченко, Г. Л. Зеленский // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ : Сборник статей по материалам научно-исследовательских работ. В 4-х томах / Под редакцией А.И. Трубилина. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 168-172.
19. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Пер. с чеш. З.К. Благовещенской.

– М.: Колос, 1984. – 367с.

20. Чижикова, С.С. Технологические признаки качества зерна риса в связи с дозами азотных удобрений и нормами высева семян / С.С. Чижикова, Э.Ю. Папулова, М.А. Ладатко, Г.Л. Зеленский, Н.Г. Туманьян // Рисоводство. – 2023. – № 1(58). – С. 97-107. DOI 10.33775/1684-2464-2023-58-1-97-107

21. Шаталова, М. В. Способ отбора наиболее продуктивных образцов риса / М.В. Шаталова, Г. Л. Зеленский, А. Ю. Жилин // Патент РФ на изобретение № 2637366 от 04.12.2017, с приоритетом изобретения 14 июля 2016 г.

22. Khan, M.H. Breeding Strategies for Improving Rice Yield—A Review / M.H. Khan, Z.A. Dar, S. A. Dar // *Agricultural Sciences* – 2015. – № 6. – P. 467-478. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.65046>

23. Khush, G.S. Breaking the yield barrier of rice / G.S. Khush // *GeoJournal*. – 1995. – № 35. – P. 329-332. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00989140>.

24. Khush, G.S. Strategies for increasing the yield potential of rice / G.S. Khush // *Redesigning rise photosynthesis to increase yield*. – 2000. – P. 207-213.

25. Paroda, R.S. Genetic diversity, productivity, and sustainable rice production / R.S. Paroda // *Proceed. of the 19th Session of the Intern. Rice Commission, Rome, 1999*. – P. 51-63.

26. Peng, S. Single-leaf and canopy photosynthesis of rice / S. Peng // *In: Redesigning rice photosynthesis to increase yield. Philippines*. – 2000. – P. 213-228.

27. Peng, S.R. Grain Yield of Rice Cultivars and Lines Developed in the Philippines since 1966 / S.R. Peng, C. Laza, R.M. Visperas, A.L. Sanico, K.G. Cassman, G.S. Khush // *Crop Science* – 2000. – № 40. – P. 307-314. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.402307x>.

28. Sasahava, T. Photosynthetic capacity and inheritance of V-type leaf in rice / T. Sasahava, H.C. Cheng, K. Seno // *Jap. J. Breed., Tokyo*, 39, 1, 1989.-15-22.

29. Sharma-Natu, P. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield / P. Sharma-Natu, M. C. Ghildiyal // *Curr.Sci.* – 2005. – Vol. 88. – № 12. – P. 1918-1928.

30. Zelensky, G.L. On assessment of rice varieties in productivity breeding / G.L. Zelensky, M.V. Zhilina, M.A. Tkachenko // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022. – № 180. – P. 52-60. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-180-006>.

## REFERENCES

1. Avakyan, E.R. The features of a new type of rice plant / E.R. Avakyan, P.P. Dzhamirze // *Proceedings of the International Scientific Conference “Sustainable Rice Production: Present and Prospects” Krasnodar*. – 2006. – Vol. 1. – P. 237-241.

2. Begun, I.I. Variability of quantitative traits in rice hybrids with erectoid leaf arrangement / I.I. Begun, G.L. Zelensky // *Proceedings of KubGAU*. – № 6 (21). – Krasnodar, 2009. – P. 39 - 42.

3. Vorobyov, N.V. Physiological bases of formation of the rice harvest / N. V. Vorobyov. – Krasnodar: Enlightenment-South, 2013. – 405 p.

4. Vorobyov, N.V. Features of the production process of rice (review) / N.V. Vorobyov, M.A. Skazhennik, V.S. Kovalev, T.S. Pshenitsyna // *Rice growing*. – 2015. – № 1-2. (26-27). – P. 48-53.

5. Dovnar, V.S. Photosynthetic activity of agrophytocenoses (ways of regulation and practical use): author. dis. Doc. Biol. Sciences / V.S. Dovnar. – Minsk, 1985. – 49 p.

6. Donald, S. Competition for light in crops / S. Donald // *Mechanisms of biological competition*. – M., 1964. – 350 p.

7. Zelensky, G.L. Prospects for creating rice varieties with high productivity and adaptive qualities / G.L. Zelensky // *Development of innovative processes in rice growing - the basic principle of industry stabilization: Materials of the All-Russian. scientific-practical. conf. 15-16 Aug. 2005 Krasnodar, 2005*. – P. 3-12.

8. Zelensky, G.L. Reaction of rice forms with erectoid leaves to dense plant stand / G.L. Zelensky, I.I. Begun, A.G. Zelensky // *Rice growing*. – 2005. – № 7. – P. 21-25.

9. Zelensky, G.L. New source material for rice breeding to increase productivity [Electronic resource] / G.L. Zelensky, M.V. Shatalova // *Scientific journal of KubGAU*. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 5 (89). – P. 888-903 – Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/60.pdf>. (Accessed 04.05.2023)

10. Zelensky, G.L. Creation of vertical-leaved varieties as one of the ways to increase the productivity of rice / G.L. Zelensky, M.V. Shatalova // *Proceedings of KubGAU*. – № 3 (54). – Krasnodar, 2015. – P. 153-155.

11. Zelensky, G.L. Rice: from a plant to a dietary product: monograph / G.L. Zelensky, O.V. Zelenskaya. – Krasnodar: KubGAU, 2022. – 272 p.

12. Methodology for experimental work on breeding, seed production and quality control of rice seeds / A.P. Smetanin, V.A. Dziuba, A.I. Aprod. – Krasnodar, 1972. – 156 p.

13. Kostylev, P.I. Northern Rice / P.I. Kostylev, A.A. Parfenyuk, V.I. Stepovoi // *Rostov-on-Don*. – 2004. – 576 p.

14. Lyakhovkin, A.G. World production and rice gene pool / A.G. Lyakhovkin, Hanoi, 1992. – 344 p.

15. Nalborchik, E. The role of various photosynthesis organs in the formation of cereal grain yield / E. Nalborchik



// Issues of selection and genetics of grain crops, M., 1983. - P. 224-230.

16. Nichiporovich, A.A. The theory of photosynthetic productivity of plants and the rational direction of selection for increasing productivity / A.A. Nichiporovich // Biological bases for increasing the productivity of grain crops. - M., 1975. - P.5-14.

17. Nosatovsky, A.I. On the position of the leaf blade to the sun's rays / A.I. Nosatovsky // Proc. Krasnod. Instut. Food Industry. - Krasnodar, 1947. - Issue 2. - P. 3-44.

18. Tkachenko, Yu.V. Evaluation of vertical-leaved rice samples in a competitive test / Yu.V. Tkachenko, G.L. Zelensky // Bulletin of scientific and technical creativity of the youth of the Kuban State Agrarian University: Collection of articles based on research papers. In 4 volumes / Edited by A.I. Trubilin. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2018. - P. 168-172.

19. Formation of the harvest of the main crops / translated from Czech. Z.K. Blagoveshchenskaya. – M.: Kolos, 1984. – 367 p.

20. Chizhikova, S.S. Technological signs of the quality of rice grain in connection with the rates of nitrogen fertilizers and seeding rates / S.S. Chizhikova, E.Yu. Papulova, M.A. Ladatko, G.L. Zelensky, N.G. Tumanyan // Rice breeding, 2023. - № 1 (58). - P. 97-107. DOI 10.33775/1684-2464-2023-58-1-97-107

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

22. Khan, M.H. Breeding Strategies for Improving Rice Yield—A Review / M.H. Khan, Z.A. Dar, S.A. Dar // Agricultural Sciences – 2015. – № 6. – P. 467-478. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.65046>

23. Khush, G.S. Breaking the yield barrier of rice / G.S. Khush // GeoJournal. – 1995. – № 35. – P. 329-332. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00989140>.

24. Khush, G.S. Strategies for increasing the yield potential of rice / G.S. Khush // Redesigning rice photosynthesis to increase yield. – 2000. – P. 207-213.

25. Paroda, R.S. Genetic diversity, productivity, and sustainable rice production / R.S. Paroda // Proceed. of the 19th Session of the Intern. Rice Commission, Rome, 1999. – P. 51-63.

26. Peng, S. Single-leaf and canopy photosynthesis of rice / S. Peng // In: Redesigning rice photosynthesis to increase yield. Philippines. – 2000. – P. 213-228.

27. Peng, S.R. Grain Yield of Rice Cultivars and Lines Developed in the Philippines since 1966 / S.R. Peng, C. Laza, R.M. Visperas, A.L. Sanico, K.G. Cassman, G.S. Khush // Crop Science – 2000. – № 40. – P. 307-314. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.402307x>.

28. Sasahava, T. Photosynthetic capacity and inheritance of V-type leaf in rice / T. Sasahava, H.C. Cheng, K. Seno // Jap. J. Breed.- Tokyo. – 39. – 1. - 1989.-15-22.

29. Sharma-Natu, P. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield / P. Sharma-Natu, M.C. Ghildiyal // Curr.Sci. – 2005. – Vol. 88. – № 12. – P. 1918-1928.

30. Zelensky, G.L. On assessment of rice varieties in productivity breeding / G.L. Zelensky, M.V. Zhilina, M.A. Tkachenko // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2022. – № 180. – С. 52-60. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-180-006>

#### **Григорий Леонидович Зеленский**

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

#### **Grigory Leonidovich Zelensky**

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

#### **Максим Андреевич Ткаченко**

Младший научный сотрудник отдела селекции  
E-mail: max.1356@mail.ru

#### **Maksim Andreevich Tkachenko**

Junior researcher of the breeding department  
E-mail: max.1356@mail.ru

#### **Евгений Юрьевич Гненный**

Младший научный сотрудник отдела селекции

#### **Evgeniy Yurievich Gnenny**

Junior researcher of the breeding department

E-mail: o.gnenny@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия Краснодар, Белозерный, 3

E-mail: o.gnenny@mail.ru

All: FGBNU «FSC Rice»

3, Belozerny, Krasnodar, Russia



DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-47-53  
УДК 633.358:631.527

**Шапошникова Ю.В.,  
Коробова Н.А.,** канд. с.-х. наук,  
**Коробов А.П.,** канд. биол. наук,  
**Лысенко А.А.,** канд. с.-х. наук,  
**Пучкова Е.В.**  
п. Рассвет, Ростовская обл.,  
Россия

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БЕЗЛИСТОЧКОВЫХ И ОБЛИСТВЕННЫХ СОРТОВ ГОРОХА ПО ПРОДУКТИВНОСТИ И ЕЕ ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

Изложены результаты изучения коллекционных образцов зернового гороха в условиях Приазовской зоны Ростовской области за 2020-2022 годы. Исследования проводили с целью сравнения уровня продуктивности и четырех составляющих ее элементов (числа бобов на растении, числа семян в бобе, числа семян с растения и массы тысячи семян) у двух основных морфотипов гороха – усатого и облиственного. Опыты закладывали в соответствии с «Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», оценки, наблюдения и измерения – согласно «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур». Установлено, что продуктивность растений у представителей усатых сортов несколько ниже аналогичной величины листочковых форм. Средняя за годы исследований продуктивность растений облиственного морфотипа была хоть и незначительно, но достоверно выше продуктивности растений усатого морфотипа (6,45 и 5,98 г, соответственно). Среди усатых генотипов разброс по данному показателю оказался более выровненным: у 25 образцов (83 %) он находился в пределах 5,2–7,2 г. Семенная продуктивность в обеих группах отличалась незначительно: 32,4 шт. семян у безлисточковых и 32,6 шт. семян у облиственных сортов. Число бобов с растения у афилльных сортов гороха (7,7 шт.) превысило такой же показатель у облиственных форм на 1,3 %. По числу семян в бобе в исследуемых группах различий не выявлено. Средняя масса 1000 семян усатых образцов оказалась ниже, чем у облиственных (189,3 и 202,1 г, соответственно). Семена средней крупности выявлены у 22 усатых (73 %) и у 27 листочковых генотипов (90 %) – 170-220 г.

**Ключевые слова:** горох посевной, селекция, морфотип, безлисточковый сорт, облиственный сорт, продуктивность, элементы продуктивности.

## COMPARATIVE EVALUATION OF LEAFLESS AND LEAFLESS PEA VARIETIES BY PRODUCTIVITY AND ITS MAIN ELEMENTS

The results of the study of collectible samples of grain peas in the conditions of the Azov zone of the Rostov region for 2020-2022 are presented. The research was carried out to compare the level of productivity and its four constituent elements (the number of beans per plant, the number of seeds in a bean, the number of seeds from a plant and the mass of a thousand seeds) in two main morphotypes of peas – whiskered and leafy. The experiments were laid in accordance with the “Methodology of the State variety testing of agricultural crops”, evaluation, observation and measurement – according to the “Methodological guidelines for the study of the collection of grain legumes”. It was found that the productivity of plants in representatives of whiskered varieties is slightly lower than the same value of leaf forms. The average productivity of plants of the leafy morphotype over the years of research was, although slightly, but significantly higher than the productivity of plants of the whiskered morphotype (6.45 and 5.98 g, respectively). Among the whiskered genotypes, the spread for this indicator turned out to be more aligned: in 25 samples (83%), it was in the range of 5.2 – 7.2 g. Seed productivity in both groups differed slightly: 32.4 pieces of seeds in leafless and 32.6 pieces of seeds in leafy varieties. The number of beans from the plant in aphill varieties of peas (7.7 pcs.) exceeded the same indicator in leafy forms by 1.3 %. There were no differences in the number of seeds in the bean in the studied groups. The average weight of 1000 seeds of baleen samples was lower than that of leafy ones (189.3 and 202.1 g, respectively). Seeds of medium size were found in 22 whiskered (73%) and 27 leafy genotypes (90%) – 170-220 g.

**Keywords:** seed peas, selection, morphotype, leafless variety, leafy variety, productivity, productivity elements.

### Введение

Горох – важнейшая сельскохозяйственная культура, характеризующаяся высокими пищевыми и кормовыми качествами продукции, а также хорошей приспособляемостью к разнообразным почвенно-климатическим условиям. В настоящее время

в Российской Федерации в структуре посевных площадей зерновые бобовые культуры занимают 3,5 %, из них только 1,8 % (1435 тыс. га) составляют площади посева под горохом, которые имеют устойчивую тенденцию роста [12]. В структуре валового сбора зерна зернобобовых культур горох

занимает лидирующее положение вследствие более высокой урожайности – 77 % [4, 12].

На 2022 год в Госреестр селекционных достижений внесены 174 сорта гороха, допущенных к использованию в 11 регионах Российской Федерации. Современные сорта этой культуры представлены как обычными листовковыми сортами, так и безлисточковыми (или «усатыми») формами [5].

Первые промышленные сорта зернового гороха представляли собой листовковые, длинностебельные морфотипы. Высокая потенциальная продуктивность таких сортов слабо реализовывалась в производстве из-за сильного полегания растений, подпревания и загнивания нижних бобов и листьев, осыпания семян. Это значительно затрудняло механизированную уборку и приводило к большим потерям зерна [6].

Современная селекция гороха ориентирована на создание безлисточковых сортов [3]. Именно они занимают большую часть горохового клина, как в России (62,3 %), так и за рубежом [1]. У растений усатого типа прилистники сохранены, как у традиционных облиственных форм, а листочки видоизменены в сильно развитые усы, которые прочно сцепляют стебли между собой, образуя крепкий стеблестой [8]. Эта морфологическая особенность позволяет сформировать устойчивый к полеганию, достаточно аэрируемый, хорошо освещенный солнечным светом ценоз с оптимальным режимом функционирования продукционного процесса [2].

#### **Цель исследований**

Изучить коллекционные образцы гороха посевного по продуктивности и сравнить количественные показатели ее основных элементов у сортообразцов зернового гороха усатого и облиственного морфотипов.

#### **Материалы и методы**

Исследования проводили в 2020–2022 годах в селекционном севообороте ФГБНУ ФРАНЦ, расположенном в Приазовской агроклиматической зоне Ростовской области. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным среднесуглинистым тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке. Предшественник – озимая пшеница. Коллекционные образцы гороха высевали вручную, широкорядно, с разреженной площадью питания растений 10 x 30 см в трехкратной повторности. Площадь делянки 1,5 м<sup>2</sup>. Полевые опыты закладывали в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [9], оценки, наблюдения и измерения проводили согласно «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур» [10].

Объектом для исследований служили 60 специ-

ально отобранных сортообразцов из рабочей коллекции зернового гороха, представленных 30-тью безлисточковыми и 30-тью облиственными формами разного эколого-географического происхождения, различающихся по морфологическим, биологическим и хозяйственно-ценным признакам.

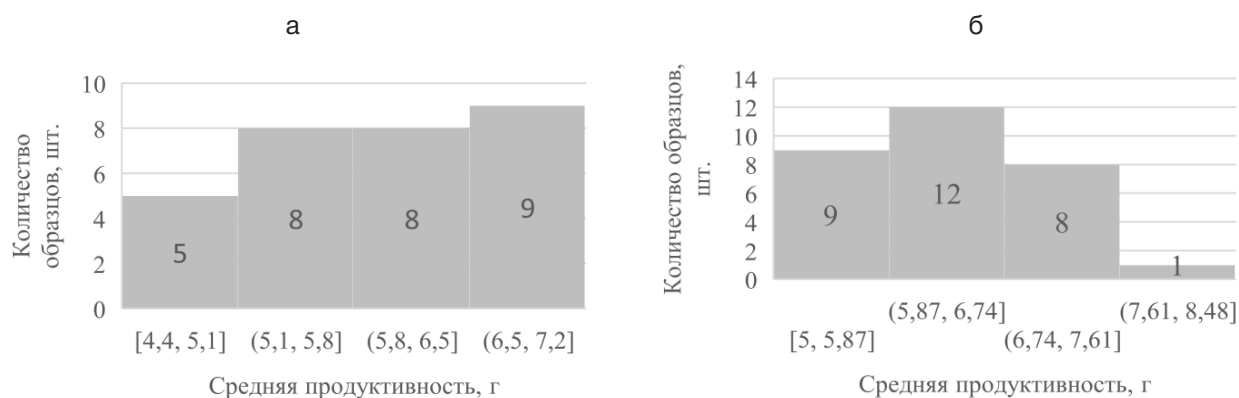
Основным источником материала была мировая коллекция Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». Исследуемые образцы имели, в основном, европейское происхождение, лишь небольшая часть была представлена азиатской и среднеазиатской группами и генотипами из Австралии и Канады. Помимо образцов ВИР были изучены сорта, полученные из различных селекционных учреждений России, а также собственные генотипы, обладающие отдельными ценными признаками, выделенными в процессе селекционной работы.

Математическая обработка данных выполнена в программе Excel.

#### **Результаты и обсуждение**

Продуктивность – сложный многокомпонентный признак, влияющий на урожайность сорта, и зависящий, в свою очередь, от многих показателей: числа бобов на растении, количества семян в бобе, количества семян с одного растения и массы 1000 семян. Некоторые из этих показателей исследователи предлагают применять в качестве критериев отбора на повышение урожайности [13, 14]. Однако элементы продуктивности, обусловленные генетическими характеристиками сорта, могут сильно варьировать под влиянием различных метеорологических, агротехнических и почвенно-климатических условий, что затрудняет проведение отборов по данным показателям [7].

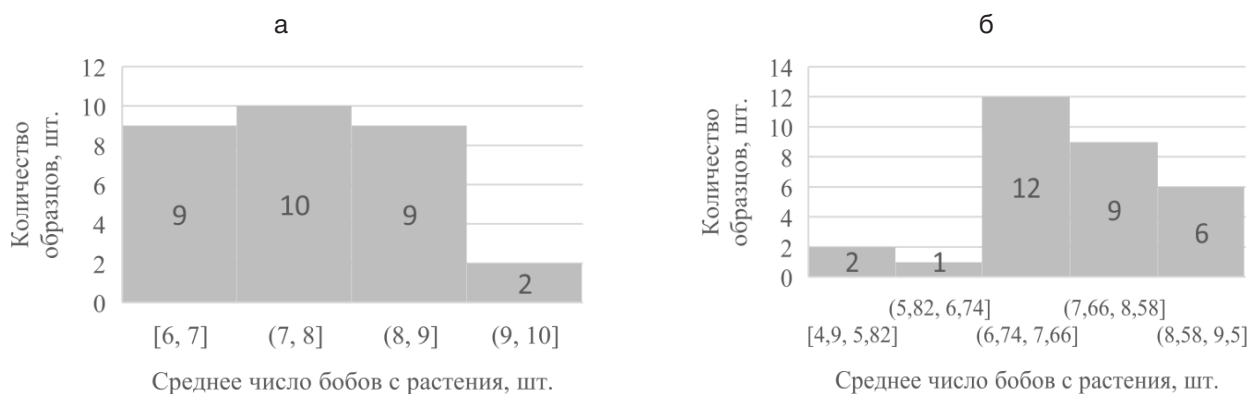
Анализ полученных данных показал, что самым низкопродуктивным из безлисточковых образцов оказался датский сорт Zulia (4,4 г), максимальная же продуктивность отмечена у болгарского сортообразца Sg – 513 (7,2 г). Разброс по продуктивности среди усатых сортов оказался более выровненным, чем у облиственной группы: у 25 образцов (83 %) этот показатель находился в пределах 5,2–7,2 г (рис. 1а). Наименьшая продуктивность среди облиственных генотипов отмечена у образца Орлан селекции Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур – 5,0 г. Наибольшая – у сорта Сармат Донского НИИСХ (7,9 г), который оказался единственным среди сортов с продуктивностью свыше 7,6 г (рис. 1б). Средняя за 3 года исследований продуктивность для групп усатого и облиственного морфотипов составила соответственно 6,0 и 6,4 г.



**Рисунок 1. Распределение образцов зернового гороха по продуктивности, а - усатый морфотип, б - облиственный морфотип**

Число бобов на растении (ЧБР) в значительной мере определяет продуктивность растения, но изменяется в зависимости от климатических факторов. Как правило, оно коррелирует с высотой растения и зависит от количества продуктивных узлов и бобов на фертильном узле. В нашем опыте число бобов на растении у безлисточковых сортов варьировало от минимального значения - 4,9 шт. (Плутон, Франция) до максимального - 9,5 шт.

(Глянс, Украина). У 40 % образцов (12 шт.) этот показатель составил от 6,7 до 7,7 бобов на растение (рис. 2а). У облиственных морфотипов ЧБР варьировало от 6,4 (Кабан, Татарский НИИСХ) до 9,4 шт. (Красноуфимский 93, Уральский НИИСХ). У 93 % (28 сортов) на растение приходилось от 6 до 8,9 бобов (рис. 2б). Среднее значение данного показателя составило 7,7 шт. для усатых и 7,6 шт. – для облиственных форм.

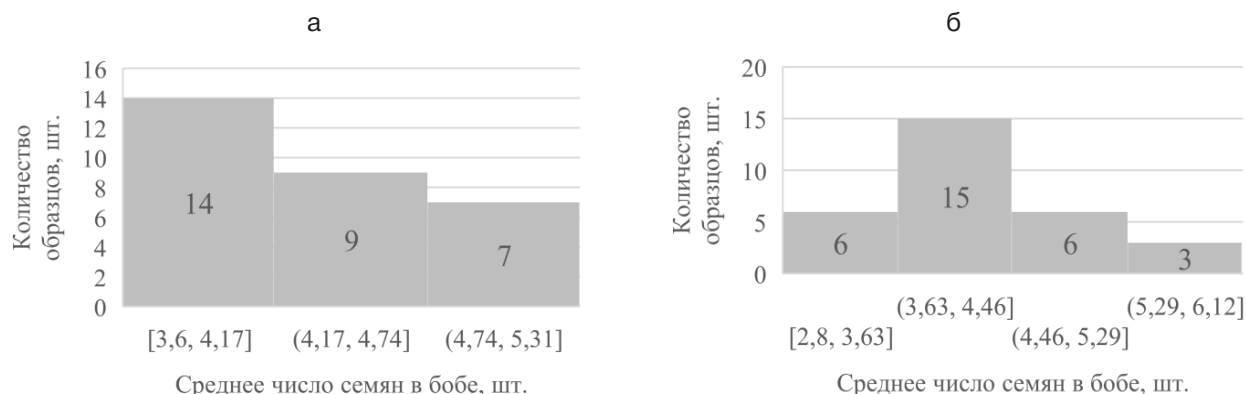


**Рисунок 2. Распределение образцов по числу бобов на растении, а - усатый морфотип, б - облиственный морфотип**

Число семян в бобе (ЧСБ) или выполненность, озерненность боба, как один из основных элементов структуры урожая, является наиболее стабильным признаком. Этот показатель в большей степени зависит от генотипа и меньше варьирует по годам. Наряду с увеличением количества бобов на продуктивном узле, число семян в бобе влияет и на общее количество семян на растении, что немало важно при ограниченном количестве продуктивных узлов на стебле. Поэтому выполненность боба имеет важное значение в повышении семенной продуктивности гороха [7].

Минимальная озерненность среди представителей усатого морфотипа отмечена у сорта Шу-

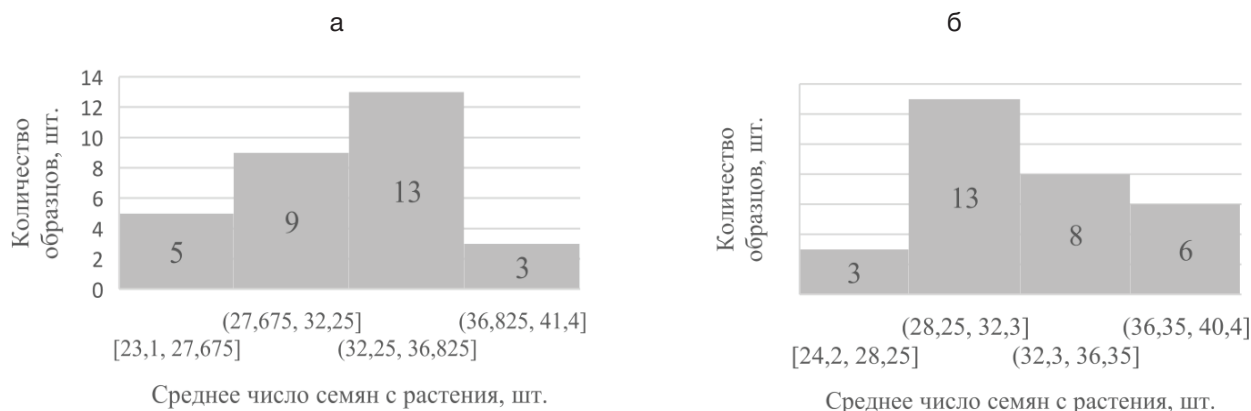
стрик – 2,8, максимальная – у французского сорта Плутон – 6,1 зерен в бобе. У половины образцов этой группы (15 шт.) число семян в бобе составило 3,6–4,5 (рис. 3а). Среди облиственных сортов наименьшее значение этого показателя – 3,6 шт. наблюдалось у двух сортообразцов: Сатурна чешского (Чехия) и Сармата (Донского НИИСХ), наибольшее (5,2 шт.) – у сорта Кадет (Федерального Ростовского АНЦ). Почти половина безлисточковых сортов (14 шт., или 43 %) показали озерненность от 3,6 до 4,1 шт. (рис. 3б). Средняя за 3 года исследований величина озерненности у групп обоих морфотипов оказалась одинаковой и составила 4,2 зерна в бобе.



**Рисунок 3. Распределение образцов зернового гороха по числу семян в бобе, а - усатый морфотип, б - облиственный морфотип**

Семенная продуктивность, выраженная числом семян с растения (ЧСР), является важным показателем оценки сортов и определяется общим количеством бобов на растении и числом зерен в бобах [7]. В наших исследованиях уровни значений этого показателя обоих морфотипов мало отличались: минимальный – 23,1 шт. у безлисточкового сорта Фаленский усатый Фаленской селекционной станции (рис. 4а) и 24,2 шт. у об-

лиственного сорта Орлан (рис. 4б). Самое высокое значение числа семян с растения – 41,4 шт. сформировали усатый сорт Мультик и облиственный сорт Сармат - 40,4 шт. У 13 образцов (43 %) ЧСР было в пределах 32,2 – 35,6 шт., а такое же количество листочковых сортов показало 28,4 – 32,1 шт. Средние за годы эксперимента показатели, соответственно, составили 32,4 и 32,6 шт. семян с растения.



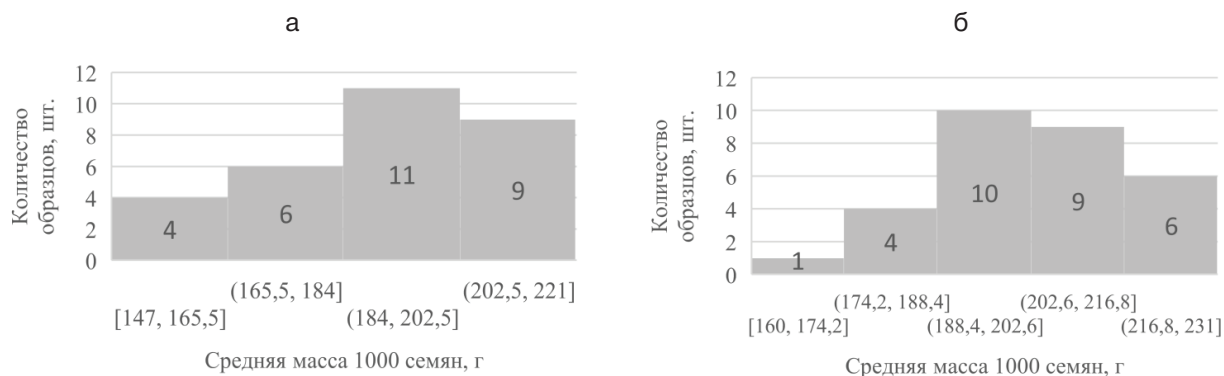
**Рисунок 4. Распределение образцов зернового гороха по числу семян с растения, а - усатый морфотип, б - облиственный морфотип**

Масса 1000 семян (крупность) также является важным показателем продуктивности гороха. Этот изменчивый признак зависит как от генотипа сорта, так и от разнообразных внешних факторов. Для продовольственного использования предпочтительнее крупносемянные сорта. Но поскольку их возделывание ведет к увеличению расхода семян на посев, наиболее востребованным в сельскохозяйственном производстве является зерно со средней крупностью семян порядка 170 - 220 г [7].

Минимальная масса 1000 семян отмечена у двух безлисточковых генотипов: австралийского образца PSH – 1 и сорта Губернатор Заводоуковского

ОПХ – 147 г. Самые крупные семена (221 г) в вышеуказанной группе оказались у сорта Фаленский усатый. Зерно большинства усатых образцов (22 шт. или 73%) имело среднюю крупность, а ее средняя величина по группе составила 189,3 г (рис. 5а).

Среди листочковых сортов семенами с самым малым весом (160 г) обладал Красноуфимский 93, который, как было указано выше, оказался лидером по числу бобов на растении. Сорт Чишминский 95 Башкирского НИИСХ отличался самыми крупными семенами (231 г). Средняя масса семян отмечена у 27 генотипов (27 шт. или 90 %), усредненный же показатель по группе составил 202,1 г (рис. 5б).



**Рисунок 5. Распределение образцов по массе 1000 семян, а - усатый морфотип, б - облиственный морфотип**

По данным ряда исследователей, несмотря на высокую урожайность, сорта усатого морфотипа обладают более низким потенциалом продуктивности, чем сорта с обычной формой листовой пластинки [11]. Кроме того, они больше, чем листочковые, подвержены стрессовым факторам среды, в частности, к дефициту влаги. Аналогичные данные получили и мы (табл.). В 2020-м, менее благоприятном по влагообеспеченности году, как и в целом за три года исследований, различия по продуктивности одного растения у сортов зернового гороха усатого и листочкового морфотипов были хоть и достоверными, но вполне сопоставимыми (6,0 и 6,4 г соответственно). Более низкая продуктивность одного растения безлисточковых сортов объяснялась меньшими показателями двух элементов: массой 1000 семян (- 6,3 %) и числом

семян с растения (- 0,6 %). Число семян в бобе в обеих исследуемых группах было одинаковым, а количество бобов с растения у безлисточковых сортов, по трехлетним наблюдениям, превысило аналогичный показатель облиственных образцов на 1,3 %.

Главная задача современной селекции зернового гороха – достичь сочетания в одном генотипе высокой технологичности (что свойственно безлисточковым сортам) и комплекса хозяйственно-ценных качеств, присущих представителям традиционного, листочкового морфотипа (хорошая продуктивность, высокобелковость, засухоустойчивость). Для достижения этой цели, при выведении усатых сортов в скрещивания вводят генетический материал представителей облиственных форм.

**Таблица. Средняя продуктивность одного растения (г) у сортов зернового гороха облиственного и безлисточкового морфотипов**

2020 год			2021 год			2022 год			Среднее за 3 года		
Усатый морфотип	Облиственный морфотип	НСР <sub>05</sub>	Усатый морфотип	Облиственный морфотип	НСР <sub>05</sub>	Усатый морфотип	Облиственный морфотип	НСР <sub>05</sub>	Усатый морфотип	Облиственный морфотип	НСР <sub>05</sub>
5,84	6,35	0,45*	5,90	6,40	0,66	6,21	6,60	0,43	5,98	6,45	0,39*

Примечание – \*различия достоверны

Многие усатые сорта современной селекции уже сейчас отличаются хорошей продуктивностью и высоким содержанием белка. Среди них сорта Ватан и Варис Татарского НИИСХ, Спартак и Фараон ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Новые сорта ФГБНУ ФРАНЦ Премьер, Сотник и Амулет отличаются мощным стеблестоем и легко убираются прямым комбайнированием. Их потенциальная урожайность в благоприятные по погодным условиям годы достигает 4,5 – 5,8 т/га. У районированного с 2022 года сорта гороха Донец в Государственном сортоиспытании получена урожайность 74,2 ц/га. Кроме того, сорта Премьер и Амулет признаны ценными по качеству зерна (высокобелковое, с хорошими пищевыми достоинствами), что

очень важно для обеспечения как человека, так и животных высокоценным продуктом. Данные генотипы вполне могут выдержать конкуренцию на мировом уровне и заменить лучшие зарубежные сорта-аналоги в нашей стране.

**Выводы**

Исходя из тренда внедрения в производство усатых морфотипов зернового гороха и результатов настоящего исследования необходимы дальнейшие исследования сравнительного характера продуктивности двух морфотипов - облиственного и усатого.

Установлено, что в изучаемых группах сортов продуктивность безлисточковых (афильных) растений достоверно ниже продуктивности растений листоч-



ковых форм. В среднем за три года исследований она составила, соответственно, 5,98 и 6,45 г. Среди усатых генотипов разброс по данному показателю оказался более выровненным: у 25 образцов (83 %) он находился в пределах 5,2 – 7,2 г.

Семенная продуктивность в обеих группах отличалась незначительно: 32,4 шт. семян у безлисточковых и 32,6 шт. семян у облиственных сортов. Число бобов с растения у усатых сортов гороха

(7,7 шт.) превысило такой же показатель у облиственных форм на 1,3 %. По числу семян в бобе в исследуемых группах значимых различий не выявлено. Масса 1000 семян у изучаемых безлисточковых сортообразцов зернового гороха была несколько ниже, чем у облиственных (189,3 и 202,1 г, соответственно). Семена средней крупности (170-220 г) выявлены у 22 усатых (73 %) и у 27 листочковых генотипов (90 %).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вишнякова, М.А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства / М.А. Вишнякова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2008. – № 3. – С. 3 – 23.
2. Зеленов, А.Н. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур / А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, А.А. Зеленов, М.Е. Кононова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – №1 (33). – С. 4 – 10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147.
3. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова, В.В. Наумкин // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 1 (17). – С. 6 – 14.
4. Зотиков, В. И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 2 (26). – С. 4 – 9. DOI: 10.24411/2309-348X-201810008.
5. Зотиков, В.И. Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного / В.И. Зотиков, З.Р. Цуканова, А.А. Молошонок // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 2 (30). – С. 20 – 26. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11083.
6. Коробова, Н.А. Сравнительная характеристика районированных сортов гороха Донской селекции / Н.А. Коробова, А.П. Коробов, А.А. Лысенко, Е.В. Пучкова, Ю.В. Шапошникова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – № 3 (31). – С. 34 – 41. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11111.
7. Коробова, Н.А. Исходный материал в селекции гороха на продуктивность / Н.А. Коробова, Ю.В. Шапошникова, А.П. Коробов, А.А. Козлов // В сборнике: *Инновационные разработки по селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур*. – М.: Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», 2018. – С. 181 – 187.
8. Лысенко, А.А. Влияние морфологических признаков и различных факторов на урожайность сортов гороха / А.А. Лысенко // В сборнике: *Научное обеспечение стабильности производства зерновых и кормовых культур – Ростов-на-Дону: Книга, 2008. – С. 264 – 269.*
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // М.: Госагропром СССР, 1989. – 162 с.
10. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. – Л., 1975. – 60 с.
11. Новикова, Н.Е. Способ отбора высокопродуктивных форм гороха / Н.Е. Новикова, А.П. Лаханов, Г.А. Антонова // Патент РФ № 2031573. – 1995.
12. *Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб./Росстат-М.* – 2021. – 100 с.
13. Anci, M.A. Correlation and Analysis of Pod Characteristics in Pea (*Pisum sativum* L.) / M.A. Anci, E. Ceyhan // *Asian Journal of Plant Sciences*. – 2006. – № 1. – P. 1– 4.
14. Singh, A. Heritability, Character Association and Path Analysis Studies in Early Segregating Population of Field Pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*) / A. Singh, S. Singh, J.D.P. Babu // *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. – 2011. – № 1. – P. 86 – 92.

### REFERENCES

1. Vishnyakova, M.A. The gene pool of leguminous crops and adaptive selection as factors of biologization and ecologization of crop production / M.A. Vishnyakova // *Agricultural biology*. - 2008. – № 3. – p. 3 – 23.
2. Zelenov, A.N. Selection of whiskered pea varieties in the Federal Research Center of leguminous and cereal crops / A.N. Zelenov, A.M. Zadorin, A.A. Zelenov, M.E. Kononova // *Leguminous and cereal crops*. – 2020. – №1 (33). – P. 4 – 10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147.
3. Zotikov, V.I. Leguminous crops – an important factor of sustainable ecologically oriented agriculture / V.I. Zotikov, T.S. Naumkina, V.S. Sidorenko, N.V. Grydunova, V.V. Naumkin // *Leguminous and cereal crops*. – 2016. – № 1 (17). – P. 6-14.
4. Zotikov, V. I. Development of leguminous crops production in the Russian Federation / V.I. Zotikov, V.S.

Sidorenko, N.V. Gryadunova // Leguminous and cereal crops. – 2018. – № 2 (26). – P. 4 – 9. DOI: 10.24411/2309-348X-201810008.

5. Zotikov, V.I. Realization of biological potential and features of seed production of modern varieties of seed peas / V.I. Zotikov, Z.R. Tsukanova, A.A. Moloshonok // Legumes and cereals. – 2019. – № 2 (30). – P. 20-26. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11083.

6. Korobova, N.A. Comparative characteristics of the zoned varieties of peas of the Don selection / N.A. Korobova, A.P. Korobov, A.A. Lysenko, E.V. Puchkova, Yu.V. Shaposhnikova // Legumes and cereals. – 2019. – № 3 (31). – P. 34 – 41. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11111.

7. Korobova, N.A. Source material in the selection of peas for productivity / N.A. Korobova, Yu.V. Shaposhnikova, A.P. Korobov, A.A. Kozlov // In the collection: Innovative developments in breeding and technology of cultivation of agricultural crops. – M.: Federal Research Center “Nemchinovka”, 2018. – P. 181 -187.

8. Lysenko, A.A. The influence of morphological features and various factors on the yield of pea varieties / A.A. Lysenko // In the collection: Scientific support of the stability of grain and fodder crops production – Rostov-on-Don: Book, 2008. – P. 264 – 269.

9. Methodology of State variety testing of agricultural crops // Moscow: Gosagroprom USSR, 1989. – 162 p.

10. Methodological guidelines for the study of the collection of grain legumes.–L., 1975.–60 p.

11. Novikova, N.E. Method of selection of highly productive forms of peas / N.E. Novikova, A.P. Lakhanov, G.A. Antonova // Patent of the Russian Federation No. 2031573. – 1995.

12. Agriculture in Russia. 2021: Stat. sat./Rosstat-M. – 2021. – 100 p.

13. Anci, M.A. Correlation and Analysis of Pod Characteristics in Pea (*Pisum sativum* L.) / M.A. Anci, E. Ceyhan // Asian Journal of Plant Sciences. – 2006. – № 1. – P. 1– 4.

14. Singh, A. Heritability, Character Association and Path Analysis Studies in Early Segregating Population of Field Pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*) / A. Singh, S. Singh, J.D.P. Babu // International Journal of Plant Breeding and Genetics. – 2011. – № 1. – P. 86 – 92.

**Юлия Владимировна Шапошникова**

Научный сотрудник

E-mail: juliasha.72@yandex.ru

**Yuliya Vladimirovna Shaposhnikova**

Researcher

E-mail: juliasha.72@yandex.ru

**Наталья Александровна Коробова**

Заведующий лабораторией селекции и семеноводства гороха

E-mail: kornat58@mail.ru

**Natalia Alexandrovna Korobova**

Head of the laboratory of selection and pea seed production

E-mail: kornat58@mail.ru

**Андрей Петрович Коробов**

Старший научный сотрудник

E-mail: kornat58@mail.ru

**Andrey Petrovich Korobov**

Senior Researcher

E-mail: kornat58@mail.ru

**Александр Александрович Лысенко**

Старший научный сотрудник

E-mail: lysenko271981@mail.ru

**Alexander Alexandrovich Lysenko**

Senior Researcher

E-mail: lysenko271981@mail.ru

**Елена Викторовна Пучкова**

Научный сотрудник

E-mail: elena.puchkova.68@mail.ru

**Elena Viktorovna Puchkova**

Researcher

E-mail: elena.puchkova.68@mail.ru

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

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre”  
1, Institutskaja street, Rassvet, Aksay region, Rostovskaja oblast, 346735

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-54-60  
УДК 338.43.02:338.436.33

**Гончарова Ю.К.**, д-р биол. наук,  
**Гончаров С.В.**, д-р биол. наук,  
**Чичарова Е.Е.**,  
**Симонова В.В.** канд. с.-х. наук.  
г. Краснодар, Россия

### **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ РИСА ПО ПРИЗНАКАМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ**

Устойчивости к полеганию сортов риса всегда уделяется большое внимание, так как этот показатель во многом определяет результативность уборки, за счет снижения, как прямых потерь зерна, так и косвенных, например, потери качества продукции, прорастания риса на корню, необходимости дополнительных расходов на сушку и подработку зерна. Целью исследования явилось изучение внутрисортной и межсортной variability по признакам, определяющим устойчивость к полеганию и их корреляционных связей с признаками продуктивности. Материалом исследований в 2022 году являлись сорта и сортообразцы рабочей коллекции «ФНЦ риса» и ООО Аратай. В первом лизиметре проводили ранний посев (25 апреля), во втором - низкий уровень минерального питания ( $N_{120} P_{60} K_{60}$ ), в третьем - высокий уровень минерального питания ( $N_{240} P_{120} K_{120}$ ), в четвертом - загущенный посев (40 растений на рядок), в пятом - засоление (0,35% NaCl в фазу кущение), в шестом - недостаток поливной воды, в седьмом - поздний посев (25 июня). Изучение variability сортов риса по высоте, диаметру и массе стебля, его толщине и диаметру, а также расположению листьев и длине междоузлий показало широкий размах варьирования признаков у изучаемой генплазмы. Максимальная высота была характерна для сортов Анаит, Марс, Верба, Исток. Однако большей массой стебля характеризовались сорта Северный, Титан, Полевик. Масса отрезка стебля у основания (10 см) была значительной у сортов Анаит, Марс, Титан, Жемчужина, Рубин, Танго и Корсика. Для многих сортов была характерна высокая внутрисортная variability, что может быть резервом для отбора. Изучение корреляционных связей между изучаемыми признаками показало наличие таковых между всеми характеристиками стебля за исключением длины междоузлий. Толщина стебля коррелировала с массой главной метелки, количеством колосков, с массой зерна с растения, коэффициенты корреляции соответственно 0,5; 0,44; 0,34. Источниками по признакам толщина стебля и диаметр стебля являются сорта Фаворит, Жемчужина, Титан, Хазар, Северный, Гамма, Диамант, Яхонт.

**Ключевые слова:** рис, variability, полегание, корреляции.

### **VARIABILITY OF DOMESTIC VARIETIES OF RICE BY SIGNS DETERMINING RESISTANCE TO LODGING**

Lodging resistance of rice varieties is always given great attention, as it largely determines the effectiveness of harvesting, by reducing both direct grain losses and indirect ones, such as loss of product quality, rice sprouting on the vine, the need for additional costs for drying and grain processing. The aim of the study was to study intra- and inter-port variability according to the characteristics that determine the resistance to lodging and their correlations with the signs of productivity. The research material in 2022 was the varieties and variety samples of the working collection of the Federal Research Center for Rice and the introduction reproduction samples of 2021. To identify the possible variability of the traits of the variety in different agroecological conditions, the conditions in the lysimeters were different. In the first, early sowing was carried out on April 25, in the second, a low level of mineral nutrition  $N_{120} P_{60} K_{60}$ , in the third, a high level of mineral nutrition  $N_{240} P_{120} K_{120}$ , in the fourth, a thickened sowing of 40 plants per row, in the fifth, salinization of 0.35 % NaCl (in the tillering phase), in the sixth, lack of irrigation water, in the seventh, late sowing on June 25. The study of the variability of rice varieties in terms of height, diameter and mass of the stem, its thickness and diameter, as well as the location of the leaves and the length of the internodes showed a wide range of variation in traits in the studied germplasm. The maximum height was typical for varieties Anahit, Mars, Verba, Istok. However, the varieties Severny, Titan, Polevik were characterized by a greater mass of the stem. The mass of the stem segment at the base (10 cm) was significant in the varieties Anait, Mars, Titan, Zhemchuzhina, Rubin, Tango and Korsika. Many varieties were characterized by high intravarietal variability, which can be a reserve for selection. The study of correlations between the studied traits showed the presence of such between all the characteristics of the stem, except for the length of the internodes. The thickness of the stem correlated with the mass of the main panicle, the number of spikelets, with the mass of grain per plant, the correlation coefficients were 0.5, respectively; 0.44; 0.34. The varieties Favorit, Zhemchuzhina, Titan, Khazar, Severny, Gamma, Diamant, Yakhont are the sources for the signs of stem thickness and stem diameter.

**Key words:** rice, variability, lodging, correlations.

### Введение

Устойчивость к полеганию сортов риса во многом определяет результативность уборки за счет снижения прямых потерь зерна и косвенных: качества продукции, прорастания риса на корню, необходимости дополнительных расходов на сушку [1-3].

Как правило, устойчивость к полеганию оценивают в баллах в полевых условиях, не учитывая, что на результат оценки оказывает влияние значительное количество морфологических признаков: высота растения, толщина стебля, масса стебля и листьев, размеры и масса метелки, отношение высоты растения к диаметру нижнего междоузлия и т.д. [4-7]. К последним можно отнести отклонения от технологического регламента выращивания: несбалансированное питание (избыток азотных удобрений, приводящий к увеличенной вегетативной массе, умягчению тканей, утоньшению стебля, в итоге – полегание); плохая планировка чеков, несвоевременный сброс воды, высокая засоренность сорняками и густота посевов [9,14].

Аналитические методы также помогают определить устойчивость к полеганию по комплексу характеристик растения риса: анатомо-морфологических, содержания и распределения по различным органам минеральных элементов (в частности кремнезема), количества целлюлозы. Кремний в тканях риса присутствует в основном в виде силикагеля, заполняющего целлюлозные полости клеточных стенок, образуя кремниево-кутикулярный двойной слой. Преимущественно в покровных и механических тканях в стенках клеток силикагель связан с целлюлозой. Полегание также во многом определяется гормональным статусом растения, обусловленным уровнем гибберелловой кислоты (ГК). Содержание ГК – генетическая особенность сорта, ее высокое содержание вызывает удлинение междоузлий (увеличение высоты растения), уменьшение диаметра стебля, утончение стенки стебля, приводящее к полеганию, болезням и поражению вредителями [3,15].

Устойчивость сортов к полеганию зависит от архитектоники растения, длины междоузлий, угла отклонения листьев от стебля. Чем этот угол меньше, тем сорт устойчивее к полеганию. Гистологические исследования выявили различия по толщине стенки стебля устойчивых и неустойчивых сортов. В устойчивых сортах Диамант, Ренар, Визит и Соната значение признака составляет 0,64, 0,63, 0,83, 0,65 мм соответственно. В неустойчивых сортах Кубань 3 и Северный – 0,60 и 0,62 мм. Площадь, занимаемая сосудом-проводящими пучками в наружном и внутреннем кольце у устойчивых сортов больше, чем у неустойчивых. У устойчивых сортов показана большая толщина стенки поперечного среза стебля, повышенная площадь, занимаемая сосудом-проводящими пучками внутреннего и на-

ружного кольца. В склеренхиме поперечного стебля неустойчивых сортов выявлены воздушные полости, способные инициировать полегание [4-8].

Для сортов риса и пшеницы, с высокой устойчивостью к полеганию, характерны большой диаметр, толщина стенки стебля, количество крупных и мелких сосудистых пучков. При высокой густоте стояния уменьшаются толщина механической ткани, количество сосудистых пучков, площадь ксилемы и флоэмы что приводит к повышению ломкости стебля [13-15]. Целлюлоза главный компонент клеточной стенки и сосудисто-волоконистых пучков, определяющий прочность тканей соломины. В загущенных посевах при высоком обеспечении растений азотом ее биосинтез ослабляется, что приводит к уменьшению ее содержания в стеблях. Устойчивость риса к полеганию, связана с содержанием целлюлозы, а также различной реакцией на повышенное азотное питание. Содержание целлюлозы в стебле можно оценить косвенными методами по его механической устойчивости к изгибу [16-18]. У интенсивных сортов преобладающая часть ассимилятов фотосинтеза используется на формирование высокопродуктивной метелки, определяющей продуктивность генотипа, но при этом снижается их устойчивость к полеганию. У экстенсивных сортов образуются более устойчивые к изгибу стебли, но с меньшей продуктивностью метелки [11-13]. Величина нагрузки, вызывающая изгиб, у экстенсивных сортов выше. У сортов Атлант и Соната масса метелки составила 73,8-79,8 г, у интенсивных сортов Рапан, Визит и Гамма – 60,0-62,5 г. На высоком азотном фоне масса метелки уменьшается до 66,4 – 72,3 г у экстенсивных, у остальных – до 56,2-58,5 г. Корреляция между величиной нагрузки и полегаемостью –  $0,99 \pm 0,04$  [22-24].

### Цель исследований

Изучить внутрисортную и межсортную вариативность по признакам, определяющим устойчивость к полеганию и их корреляционные связи с признаками продуктивности

### Материалы и методы

Материалом исследований являлись сорта и сортообразцы рабочей коллекции «ФНЦ риса» и ООО Аратай 9 (рис. 1). Посев проводили на вегетационной площадке сухими семенами в 9 метровые лизиметры, заполненные почвой. В каждом лизиметре располагали две повторности опыта. Для выявления возможной вариативности признаков сорта в различающихся агроэкологических условиях, условия в лизиметрах различались. В первом – проводили ранний посев 25 апреля, во втором – низкий уровень минерального питания  $N_{120} P_{60} K_{60}$ , в третьем – высокий уровень минерального питания  $N_{240} P_{120} K_{120}$ , в четвертом – загущенный посев 40 растений на рядок, в пятом – засоление 0,35 % NaCl (в фазу кущение), в шестом – недостаток поливной воды (полив проводили только при начинающемся завядании ристений), в

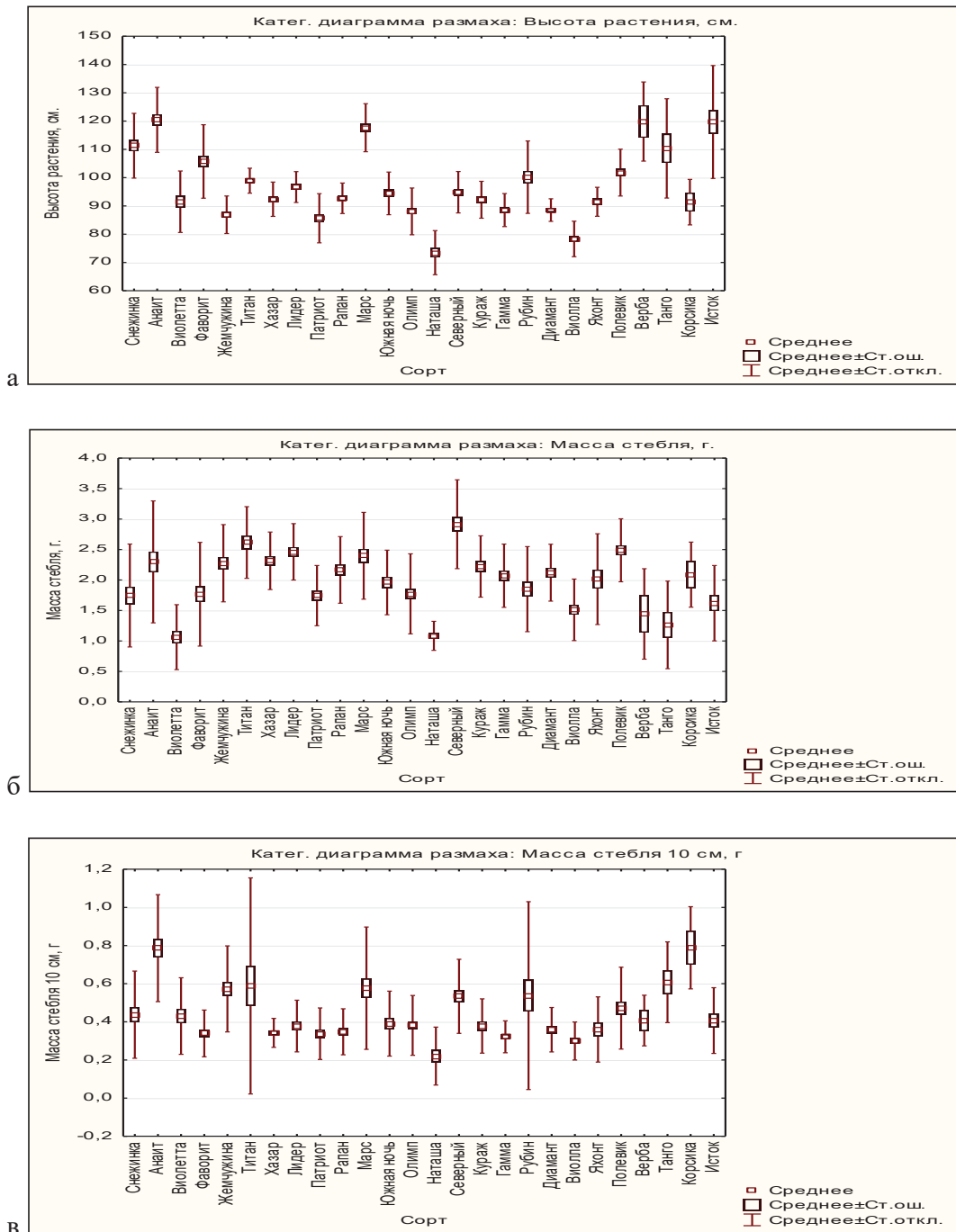


седьмом поздний посев 25 июня. Измерение всех параметров проводились после уборки риса. Признак «диаметр стебля» (толщина стебля) измеряли на отрезке нижней части стебля (10 см). Признак толщина стебля в разрезе характеризует толщину соломины изучаемого отрезка стебля. Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 6.0.

**Результаты и обсуждение**

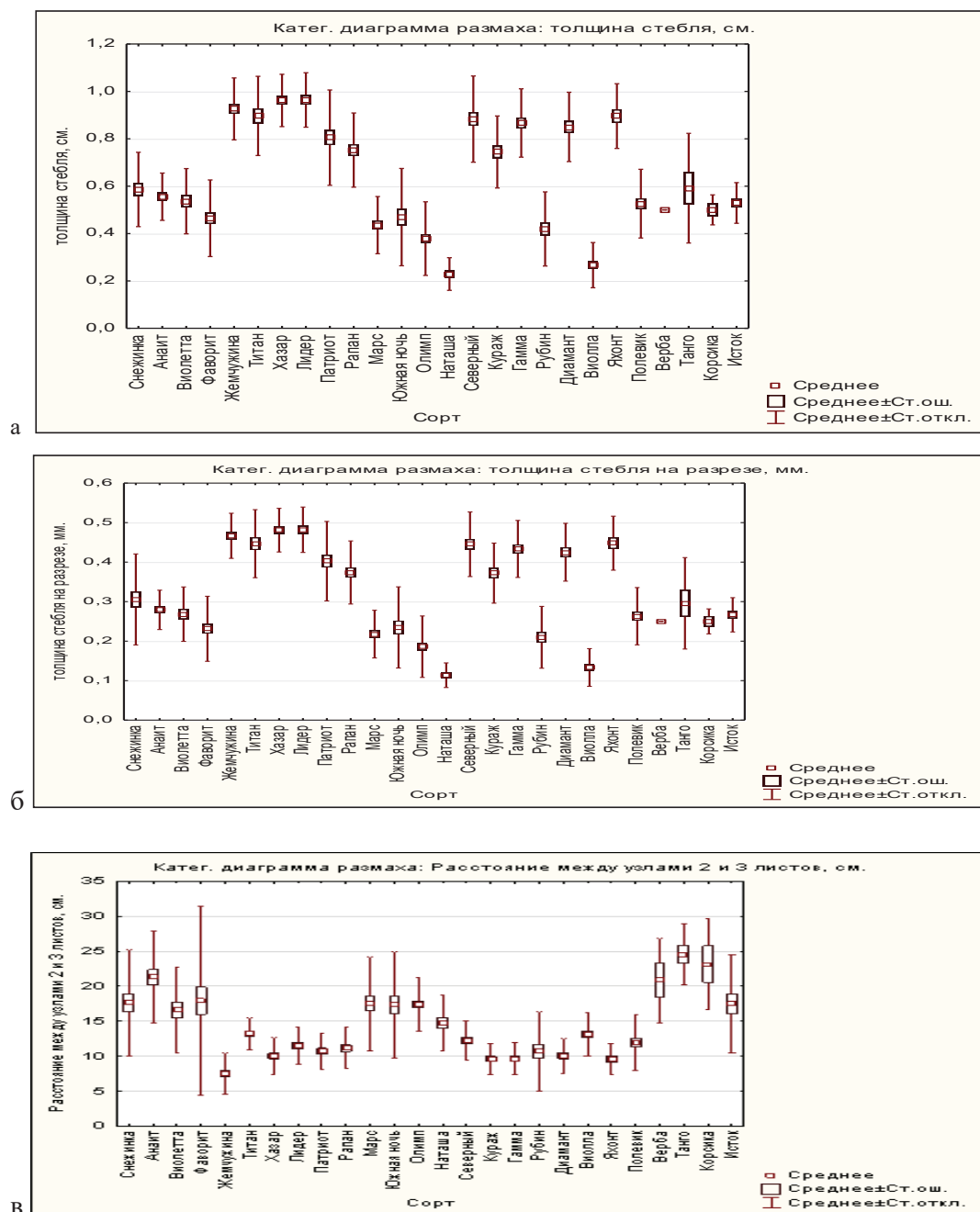
Изучение вариабельности сортов риса по высоте, диаметру и массе стебля показало широкий

размах варьирования признаков у изучаемой ген-плазмы. Максимальная высота была характерна для сортов Анаит, Марс, Верба, Исток. Однако большей массой стебля характеризовались другие сорта: Северный, Титан, Полевик. Масса отрезка стебля у основания (10 см) была значительной у сортов Анаит, Марс, Титан, Жемчужина, Рубин, Танго и Корсика. Для многих сортов была характерна высокая внутрисортная вариабельность, что может быть резервом для отбора (рис. 1).



**Рисунок 1. Размах варьирования признаков, определяющих полегание у изучаемых сортов риса, а) высота растения, б) масса стебля, в) масса стебля 10 см у основания**

Изучение других характеристик (толщина стебля, его диаметр, угол наклона листа и длина междоузлий) также показало широкий размах варьирования как внутри, так и между сортами (рис. 2).



**Рисунок 2. Размах варьирования признаков, определяющих полегание у изучаемых сортов риса, а) толщина стебля б) толщина стебля на разрезе, в) расстояние между узлами второго и третьего листа**

Изучение корреляционных связей между изучаемыми признаками показало наличие таковых между всеми характеристиками стебля за исключением длины междоузлий. Наиболее интересным было выявление зависимости признаков продуктивно-

сти и морфологическими признаками стебля. Так толщина стебля коррелировала с массой главной метелки, количеством колосков, и даже с массой зерна с растения, коэффициенты корреляции соответственно 0,5; 0,44; 0,34 (табл. 1).

**Таблица 1. Корреляционные связи между изучаемыми признаками**

Признаки	Толщина стебля, см	Масса стебля, г	Толщина стебля на разрезе, мм	Масса стебля 10 см, г
Масса 1000 зерен г	0,16	0,03	0,16	0,11
Форма зерновки	-0,04	0,00	-0,05	0,05
К-во колосков,шт	0,44	0,47	0,43	0,13
Масса зерна с растения, г	0,34	0,33	0,34	0,15
Ширина флагового листа, см	0,46	0,29	0,45	0,00

Продолжение таблицы 1

Признаки	Толщина стебля, см	Масса стебля, г	Толщина стебля на разрезе, мм	Масса стебля 10 см, г
Высота растения, см	-0,04	0,29	-0,03	0,29
Длина корня, см	0,12	0,11	0,11	0,14
Масса корня, г	0,04	0,20	0,05	0,19
толщина стебля, см	1,00	0,36	0,99	0,07
Масса стебля, г	0,36	1,00	0,35	0,36
Цвет узлов стебля	-0,66	-0,30	-0,66	-0,07
Толщина стебля на разрезе, мм	0,99	0,35	1,00	0,07
Масса стебля 10 см, г	0,07	0,36	0,07	1,00
Длина флагового листа, мм	-0,08	0,10	-0,08	0,25
Язычок, форма	0,06	0,03	0,06	0,05
Язычок, см	-0,36	0,05	-0,36	0,08
Длина метелки, см	0,20	0,20	0,21	0,20
Выход метелки, см	-0,01	0,07	-0,02	0,02
Расстояние между узлами флагового и первого листа, см	0,11	0,29	0,11	0,10
Длина остей, см	-0,14	0,00	-0,14	0,21
Расстояние между узлами 1 и 2 листа, см	-0,13	0,08	-0,12	0,10
Расстояние между узлами 2 и 3 листьев, см	-0,33	-0,12	-0,32	0,08
Масса главной метелки, г	0,50	0,50	0,49	0,16
Масса зерна с главной метелки, г	0,50	0,50	0,49	0,16
Масса мякины, г	0,25	0,27	0,24	0,08
Количество боковых метелок, шт	-0,04	-0,04	-0,03	0,02
Масса боковых метелок, г	0,15	0,15	0,15	0,11
Масса зерна с боковых метелок, г	0,15	0,15	0,16	0,10
Масса мякины боковых метелок, г	-0,01	0,02	-0,01	0,00

### Выводы

1. Изучение вариабельности сортов риса по высоте, диаметру, массе и толщине стебля, а также расположению листьев и длине междоузлий показало широкий размах варьирования признаков у изучаемой генплазмы.

2. Максимальная высота была характерна для сортов Анаит, Марс, Вербя, Исток. Однако большей массой стебля характеризовались сорта: Северный, Титан, Полевик.

3. Масса отрезка стебля у основания (10 см) была значительной у сортов Анаит, Марс, Титан, Жемчужина, Рубин, Танго и Корсика. Для многих сортов

была характерна высокая внутрисортная вариабельность, что может быть резервом для отбора.

4. Изучение корреляционных связей между изучаемыми признаками показало наличие таковых между всеми характеристиками стебля за исключением длины междоузлий.

5. Толщина стебля коррелировала с массой главной метелки, количеством колосков, с массой зерна с растения, коэффициенты корреляции соответственно 0,5; 0,44; 0,34.

6. Источниками по признакам толщина стебля и диаметр стебля являются сорта Фаворит, Жемчужина, Титан, Хазар, Северный, Гамма, Диамант, Яхонт.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян, Э.Р. Оценка устойчивости различных сортов риса к полеганию по анатомо-морфологическим характеристикам поперечных срезов стеблей / Э.Р. Авакян, В.Г. Власов, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая // *Зерновое хозяйство России*. – 2012. – № 4. – С. 40-44.
2. Авакян, Э.Р. Проблема полегания растений риса / Э.Р. Авакян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая, В.Г. Власов // *Рисоводство*. – 2010. – № 16. – С. 41-44.
3. Брагина, О.А. Изменчивость количественных признаков сортов риса в зависимости от густоты стояния растений и фона питания / О.А. Брагина, М.А. Скаженник // В сборнике: вклад вавилонского общества генетиков и селекционеров в инновационное развитие российской федерации. Сборник статей по материалам научно-практической конференции Кубанского отделения ВОГиС. – 2015. – С. 64-66.
4. Вожжова, Н.Н. Линии риса, сочетающие устойчивость к полеганию и высокую энергию начального роста / Н.Н. Вожжова // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2009. – № 16. – С. 157-159.
5. Гончарова, Ю.К. Генетический контроль признаков, связанных с усвоением фосфора у сортов риса (*Oryza sativa* L.) / Ю. К. Гончарова, Е. М. Харитонов // *Вавилонский журнал генетики и селекции*. – 2015. – Т. 19. – № 2. – С. 47-54.
6. Гончарова, Ю.К. Локализация участков хромосом, контролирующей высокий фотосинтетический потенциал у российских сортов риса / Ю.К. Гончарова, С.В. Гончаров, Е.Е. Чичарова // *Российский генетический журнал*. – 2018. – Т. 54. – № 7. – С. 796-804.
7. Григулецкий, В.Г. Об устойчивости к полеганию стебля риса / В.Г. Григулецкий, И.В. Лукьянова // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2000. – № 382. – С. 53-57.
8. Джамирзе, Р.Р. Вариабельность хозяйственно-ценных признаков сортов риса конкурсного испытания / Р.Р.

Джамирзе, Н.В. Остапенко, Н.Н. Чинченко // Рисоводство. - 2018. - № 2 (39). - С. 11-15.

9. Зеленский, Г.Л. Проблема полегания риса при селекции на высокую продуктивность. Обзор / Г.Л. Зеленский // Рисоводство. - 2009. - № 14. - С. 45-50.

10. Косяненко, Л.П. Оценка сортов серых хлебов по устойчивости к полеганию / Л.П. Косяненко // Зерновые культуры. Зерновое хозяйство. - 2000. - № 3. - С. 14-16.

11. Лукьянова, И.В. Физико-механические свойства стеблей риса и сортовые особенности их устойчивости к полеганию / И.В. Лукьянова. Краснодар. - 2003.

12. Скаженник, М.А. Продукционный процесс и его особенности интенсивных и экстенсивных сортов риса / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев, Т.С. Пшеницына // В сборнике: Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. - 2018. - С. 366-369.

13. Скаженник, М.А. Продукционный процесс интенсивных и экстенсивных сортов риса / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев, С. В. Гаркуша, Т. С. Пшеницына, И.В. Балясный // Рисоводство. - 2017. - № 4 (37). - С. 6-10.

14. Харитонов, Е.М. Перспективные направления селекции на адаптивность к стрессам и повышение экологичности производства риса в РФ/ Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, Е.А. Малюченко, Н.А. Очкас, В.Н. Бруяко, Н.Ю. Бушман // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 60. - С. 314-320.

15. Харитонов, Е.М. Применение кластерного анализа для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.Н. Иванов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 6. - С. 32-35.

16. Харитонов, Е.М. Совершенствование методов оценки селекционного материала риса / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.Н. Иванов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 4. - С. 8-10.

17. Cui, H.Y. Effects of shading on stalks morphology, structure and lodging of summer maize in field. *Sci. Agric. Sin.* / H. Y. Cui, L. B. Jin, B. Li, J.W. Zhang, B. Zhao, S. T. Dong, P. Liu - 2012. - 45. -P. 3497- 3505.

18. Fu, X.Q. Morphological, biochemical and genetic analysis of a brittle stalk mutant of maize inserted by mutator / J. Feng, B. Yu, Y. J. Gao, Y.L. Zheng, B. Yue // *Journal of Integrative Agriculture*.-2013. - 12. - P. 12-18 (doi: 10.1016/S2095-3119(13)60200-2).

19. Hirano, K. Engineering the lodging resistance mechanism of post Green Revolution rice to meet future demands / K. Hirano, R.L. Ordonio, M. Matsuoka // *Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci.* - 2017. - V. 93. - № 4. - P. 220-233 (doi: 10.2183/pjab.93.014).

20. Huber, H. More cells, bigger cell or simply reorganization Alternative Mechanisms leading to changed internode architecture under contrasting stress regimes. *New Phytol* / H. Huber, J. Brouwer, E.J.Wettberg, H.J.During, N.P. Anten// *New Phytologist*. - 2013. - №201.-P.193-204 (doi: 10.1111/nph.12474).

21. Tang, S. Rice production and genetic improvement in L. China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean *Cereals in China*. M.H. Gu // *Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice*. *Acta Agronomica Sinica*. - 2010.-V. 36.- P. 1431-1439.

22. Zhang, W.J. Effects of nitrogen application rate and ratio on lodging resistance of super rice with different genotypes / W.J Zhang, G. H. Li, Y.M. Yang, Q. Li, J. Zhang, J. Y. Liu, S. Wang, S. Tang, Y. F. Ding // *Journal of Integrative Agriculture*. - 2014.-№13(1).-P.63-72 (doi: 10.1016/S2095- 3119(13)60388-3).

23. Zheng, T. Effects of plant and row allocation on population light environment and lodging resistance of strip sown wheat in drill. *Sci. Agric. Sin.* / T. Zheng, Y. Chen, G. Q. Pan, J.G. Li, C. S. Li, X.J. Rong, G. R. Li, W. Y. Yang, X. Guo. - 2013.-№ 46.-P. 1571-1582.

## REFERENCES

1. Avakyan, E.R. Evaluation of the resistance of different varieties of rice to lodging according to the anatomical and morphological characteristics of the cross sections of the stems / E.R. Avakyan, V.G. Vlasov, T.B. Kumeiko, K.K. Olkhovaya // *Grain Economy of Russia*. - 2012 - . №. 4. - P. 40-44.

2. Avakyan, E.R. The problem of lodging of rice plants / E.R. Avakyan, T.B. Kumeiko, K.K. Olkhovaya, V.G. Vlasov // *Rice growing*. - 2010. - №. 16. - P. 41-44.

3. Bragina, O.A. Variability of quantitative traits of rice varieties depending on plant density and nutrition background / O.A. Bragina, M.A. Skazhennik // In the collection: the contribution of the Vavilov society of geneticists and breeders to the innovative development of the Russian Federation. Collection of articles based on the materials of the scientific-practical conference of the Kuban branch of VOGiS. - 2015. - P. 64-66.

4. Vozzhova, N.N. Rice lines combining resistance to lodging and high energy of initial growth / N.N. Vozzhova // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. - 2009. - №. 16. - P. 157-159.

5. Goncharova Yu.K. Genetic control of traits associated with the assimilation of phosphorus in rice varieties (*oryza sativa* L.) / Yu. K. Goncharova, E. M. Kharitonov // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. - 2015. - T. 19. - №. 2. - P. 47-54.

6. Goncharova, Yu.K. Localization of chromosome sites controlling high photosynthetic potential in Russian rice varieties / Yu.K. Goncharova, S.V. Goncharov, E.E. Chicharova // *Russian Genetic Journal*. - 2018. - Vol. 54. - № 7. - P. 796-804.

7. Griguletsky, V.G. On the resistance to lodging of the stem of rice / V.G. Griguletsky, I.V. Lukyanova // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. - 2000 - № 382. - P. 53-57.

8. Jamirze, R.R. Variability of economically valuable characteristics of rice varieties of competitive testing / R.R. Jamirze, N.V. Ostapenko, N.N. Chinchenko // *Rice growing*. - 2018. - № 2 (39). - P. 11-15.

9. Zelensky, G.L. The problem of rice lodging during breeding for high productivity. Review / G.L. Zelensky // *Rice growing*. - 2009 - № 14. - P. 45-50.

10. Kosyanenko, L.P. Evaluation of varieties of gray loaves for resistance to lodging / L.P. Kosyanenko // *Grain crops. Grain farming*. - 2000. - № 3. - P. 14-16.

11. Lukyanova, I.V. Physico-mechanical properties of rice stalks and varietal features of their resistance to lodging / I.V. Lukyanova. Krasnodar, - 2003.

12. Skazhennik, M.A. The production process and its features of intensive and extensive rice varieties / M.A.



Skazhennik, N.V. Vorobyev, V.S. Kovalev, T.S. Pshenitsyna // In the collection: Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes. Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University. - 2018 - P. 366-369.

13. Skazhennik, M.A. The production process of intensive and extensive rice varieties / M.A. Skazhennik, N.V. Vorobyov, V.S. Kovalev, S. V. Garkusha, T. S. Pshenitsyna, I.V. Balyasny // Rice growing. - 2017 - № 4 (37). - P. 6-10.

14. Kharitonov, E.M. Promising directions of breeding for adaptability to stress and increasing the environmental friendliness of rice production in the Russian Federation/ E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova, E.A. Malyuchenko, N.A. Ochkas, V.N. Bruyako, N.Y. Bushman // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2016 - № 60. - P. 314-320.

15. Kharitonov, E.M. Application of cluster analysis for the separation of rice varieties by reaction to changes in environmental conditions / E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova, A.N. Ivanov // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2014. - № 6. - P. 32-35.

16. Kharitonov, E.M. Improvement of methods for evaluating the breeding material of rice / E.M. Kharitonov, Yu.K. Goncharova, A.N. Ivanov // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2014. - № 4. - P. 8-10.

17. Cui, H.Y. Effects of shading on stalks morphology, structure and lodging of summer maize in field. Sci. Agric. Sin / H. Y. Cui, L. B. Jin, B. Li, J.W. Zhang, B. Zhao, S. T. Dong, P. Liu - 2012. - 45. -P. 3497- 3505.

18. Fu, X.Q. Morphological, biochemical and genetic analysis of a brittle stalk mutant of maize inserted by mutator / J. Feng, B. Yu, Y. J. Gao, Y.L. Zheng, B. Yue // Journal of Integrative Agriculture.-2013. - 12. - P. 12-18 (doi: 10.1016/S2095-3119(13)60200-2).

19. Hirano, K. Engineering the lodging resistance mechanism of post Green Revolution rice to meet future demands / K. Hirano, R.L. Ordonio, M. Matsuoka // Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci. - 2017 - V. 93. - № 4. - P. 220-233 (doi: 10.2183/pjab.93.014).

20. Huber, H. More cells, bigger cell or simply reorganization Alternative Mechanisms leading to changed internode architecture under contrasting stress regimes. New Phytol / H. Huber, J. Brouwer, E.J. Wettberg, H.J. Daring, N.P. Anten// New Phytologist. - 2013. - № 201.-P.193-204 (doi: 10.1111/nph.12474).

21. Tang, S. Rice production and genetic improvement in L. China / S. Tang, L. Ding, A.P. Bonjean Cereals in China. M.H. Gu // Discussion on the aspects of high-yielding breeding in rice. Acta Agronomica Sinica. - 2010-V. 36.- P. 1431-1439.

22. Zhang, W.J. Effects of nitrogen application rate and ratio on lodging resistance of super rice with different genotypes / W.J Zhang, G. H. Li, Y.M. Yang, Q. Li, J. Zhang, J. Y. Liu, S. Wang, S. Tang, Y. F. Ding // Journal of Integrative Agriculture. - 2014.-№ 13(1).-P.63-72 (doi: 10.1016/S2095- 3119(13)60388-3).

23. Zheng, T. Effects of plant and row allocation on population light environment and lodging resistance of strip sown wheat in drill. Sci. Agric. Sin. / T. Zheng, Y. Chen, G. Q. Pan, J.G. Li, C. S. Li, X.J. Rong, G. R. Li, W. Y. Yang, X. Guo. - 2013.-№ 46.-P. 1571-1582.

#### **Юлия Константиновна Гончарова**

Заведующая лабораторией генетики и гетерозисной селекции ООО «Аратай»,  
Участник инновационного центра Сколково  
E-mail:yuliya\_goncharova\_20@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

#### **Гончаров Сергей Владимирович**

Доцент

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

#### **Чичарова Евгения Евгеньевна**

Младший научный сотрудник лаборатории генетики и гетерозисной селекции  
E-mail:negrevskaya.zhenichka@mail.ru

#### **Симонова Виктория Васильевна**

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

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

#### **Julia Konstantinovna Goncharova**

Head of the laboratory of genetics and heterosis selection  
Aratay, LLC, Participant Skolkovo Innovation Center  
E-mail:yuliya\_goncharova\_20@mail.ru

FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

#### **Goncharov Sergey Vladimirovich**

Docent

Kuban State University named after I. T. Trubilin  
13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia

#### **Chicharova Evgenia Evgenievna**

Junior Researcher of Genetics and Heterotic Breeding laboratory  
E-mail: negrevskaya.zhenichka@mail.ru

#### **Simonova Victoria Vasilievna**

Senior Researcher of Genetics and Heterotic Breeding  
E-mail: viktoriasimonovaa@mail.ru

All: FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-61-66  
УДК 631.8:633.491

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

### **ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА РОСТ РАСТЕНИЙ, ФОРМИРОВАНИЕ КЛУБНЕЙ, ИХ УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО**

*Возрастающая потребность в картофеле ставит главную цель: увеличение его валовых сборов в результате использования природных и синтетических регуляторов роста, микроэлементов. Используемые новые высокоэффективные регуляторы роста (Мелафен, Микромецен, Универсал), содержащие в своем составе меламинавую соль бис (оксиметил) фосфиновую кислоту, определяют образование в растительных тканях фенольных биологически активных соединений, функциональная роль которых проявляется в их участии в основных физиологических процессах (рост, фотосинтез, дыхание), а также в лучшей адаптации растений к различного рода стрессам. Что касается микроэлементов (бор, молибден, цинк), то применение их в виде хелатов существенно повышает эффективность свойственного каждому из них механизма действия – стимуляции метаболизма, проявлении фунгицидных и бактерицидных свойств и других специфических для каждого функций. Полученные результаты исследований, исходя из биологических особенностей растений картофеля (отношение к элементам питания, устойчивость растений к различного рода стрессам), показали высокую эффективность системного применения регуляторов роста (Мелафен, Микромецен, Универсальный) и микроэлементов (цинк, бор, молибден) на ростовые и продукционные процессы. В опытном варианте формировались более мощные по габитусу кусты: более высокорослые и облиственные, обеспечившие образование в кустах большего числа клубней (13,9, в контроле – 12,1 шт/куст), более крупных по массе одного клубня (51,7, в контроле – 45,58 г) и общей массы клубней (711,26, в контроле – 551,46 г). Такая активация процесса клубнеобразования под действием испытываемых регуляторов роста и микроэлементов предопределила получение высокого урожая (507,9, в контроле – 393,7 ц/га) качественных клубней (содержание: крахмала – 25,4, сахара – 2,6, витамина С – 27,4, в контроле соответственно – 21,7 %, 2,1 % и 24,8 мг %).*

**Ключевые слова:** картофель, регуляторы роста, микроэлементы, обработка семян и растений, рост, урожайность, качество клубней.

### **THE EFFECT OF THE USE OF GROWTH REGULATORS AND TRACE ELEMENTS IN THE TECHNOLOGY OF GROWING POTATOES FOR PLANT GROWTH, FORMATION OF TUBERS, THEIR YIELD AND QUALITY**

*The increasing demand for potatoes sets the main goal – to increase its gross receipts as a result of the use of natural and synthetic growth regulators, microelements. The new highly effective growth regulators used (Melafene, Micromecene, Universal) containing the melamine salt bis(oxymethyl) phosphine acid in their composition predetermine the formation of phenolic biologically active compounds in plant tissues, the functional role of which is manifested in their participation in the main physiological processes (growth, photosynthesis, respiration), and also in the best adaptation of plants to various kinds of stresses. As for trace elements (boron, molybdenum, zinc), their use in the form of chelates significantly increases the effectiveness of the mechanism of action peculiar to each of them – stimulation of metabolism, manifestation of fungicidal and bactericidal properties and other functions specific to each.*

*The obtained research results, based on the biological characteristics of potato plants (attitude to nutrition elements, plant resistance to various kinds of stress), have shown high efficiency of the systemic use of growth regulators (Melafen, Micromecen, Universal) and trace elements (zinc, boron, molybdenum) on growth and production processes. In the experimental version, more powerful clusters were formed in terms of habit – taller and leafy, which provided the formation of a larger number of tubers in the bushes (13.9, in the control – 12.1 pcs./bush), larger by weight of one tuber (51.7, in the control – 45.58 g) and the total mass of tubers (711.26, in the control – 551.46 g). Such activation of the tuber formation process under the influence of the tested growth regulators and trace elements predetermined the receipt of a high yield (507.9, in the control – 393.7 c/ha) of high-quality tubers (content: starch – 25.4, sugar – 2.6, vitamin C - 27.4, in the control respectively – 21.7%, 2.1% and 24.8 mg%).*

**Keywords:** potato, growth regulators, trace elements, seed and plant processing, growth, yield, quality of tubers.

## Введение

Картофель – это ценнейшая и наиболее потребляемая техническая культура, которая выделена в отдельную отрасль «картофелеводство» и возделывается почти во всех странах мира.

Высокая питательная ценность картофеля связана с содержанием в нем 20–34 % сухого вещества, в том числе крахмала – 12–27 %, углеводов – 12–25 %, белка – 1–4 %, жиров – 0,3–0,6 %; целого комплекса витаминов – А, РР, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Р, D, С (10–30 мг%) и минеральных солей кальция, калия, серы, железа, фосфора, меди, кобальта, йода, никеля, марганца. Клубни картофеля богаты клетчаткой, пектиновыми веществами, аминокислотами, липидами, содержат ряд важнейших ферментов и органических кислот (лимонная, щавелевая, яблочная) [2, 17, 20].

Огромная востребованность в этой культуре может реализоваться за счет расширения площадей и увеличения урожайности. Одним из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля, является применение в технологии их возделывания новых высокоэффективных регуляторов роста и развития растений, оказывающих не только стимулирующее, но и антистрессовое действие [9, 10, 11, 14, 19, 21].

Испытуемый препарат Мелафен обладает широчайшим спектром функциональной активности, активируя ростовые процессы, фотосинтез, дыхание, а также усиливает устойчивость растений против климатических стрессов [5, 12].

Применение для обработки растений микроэлементов цинка, молибдена и бора целесообразно, что обусловлено механизмом их действия. Так, цинк, входя в состав многих ферментов, принимает активное участие в жизнедеятельности растений. Он необходим для роста и развития растений, принимает участие в метаболизме стимуляторов и ингибиторов роста, в биосинтезе хлорофилла, в азотном и углеводном обменах. Цинк повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды (засухоустойчивость, зимостойкость), а также устойчивость растений к грибковым и бактериальным заболеваниям. В отличие от других микроэлементов, накопление молибдена в значительных количествах не оказывает токсического действия. Молибден, как и цинк, входит в состав многих ферментов, принимающих активное участие в восстановлении молекулярного азота. Исключительное действие он оказывает на образование и содержание аскорбиновой кислоты в растениях, хлорофилла в листьях; положительно влияет на засухоустойчивость и морозостойкость растений [1, 8, 13, 15, 18].

Для роста и развития растений необходим бор. Он повышает содержание витаминов, способствует образованию сахаров, увеличению содержания в листьях хлорофилла; оказывает влияние на поступление в растения элементов минерального питания [7, 16, 22].

## Цель исследований

Установить биологическую эффективность ре-

гуляторов роста (Мелафен, Микромецен, Универсальный) и микроэлементов (бор, молибден, цинк) на картофеле при их комплексном применении.

## Материалы и методы

Исследования проводили в 2022 г. в полевых условиях в КФХ Самусенко (Старощербиновский район) на картофеле сорта Адретта. Сорт – среднеранний столовый, отличается дружными всходами и хорошим стартовым развитием. Клубни желтоватого цвета, лежкость клубней хорошая, вкусовые качества хорошие.

Схема опыта включала контрольный вариант – без обработки клубней и растений; опытный вариант – клубни перед посадкой обрабатывались путем опрыскивания их раствором Микромецена – Мелафен + Терпенол (расход препаратов 70 и 100 мл/1 л воды, расход рабочего раствора – 1 л/100 кг клубней) + трехкратная обработка растений: 1<sup>я</sup> – через 2 недели после появления всходов смесью агрохимикатов – Универсал, Цинк и Мелафен (расход агрохимикатов – 50, 15 и 5 мл соответственно на 5 л воды, расход рабочего раствора – 5 л/100 м<sup>2</sup>); 2<sup>я</sup> – в фазе бутонизации смесью агрохимикатов – Универсал, Цинк и Мелафен (расход агрохимикатов – 75, 30 и 15 мл соответственно на 10 л воды, расход рабочего раствора – 10 л/100 м<sup>2</sup>); 3<sup>я</sup> обработка растений за 3–4 недели до сбора урожая смесью агрохимикатов – Универсал, Цинк и Бор/Молибден (расход агрохимикатов – 75, 30 и 30 мл соответственно на 10 л воды, расход рабочего раствора – 10 л/100 м<sup>2</sup>).

Учётная площадь делянок 20 м<sup>2</sup>, повторность – четырёхкратная.

Во время обработки почвы в нее под вспашку вносили минеральные удобрения (фон NPK) из расчета на 100 м<sup>2</sup>: аммиачная селитра гранулированная – 1,8 кг, суперфосфат – 4,5 кг, сульфат калия – 1,2 кг.

Посадку картофеля необработанными клубнями (контроль) и обработанными агрохимикатами, согласно схемы опыта (опытный вариант) проводили в рыхлую подготовленную почву способом рядковой посадки с шириной междурядий 70 см и расстоянием между клубнями в ряду – 30–40 см.

Всходы сорняков в опыте уничтожали рыхлением междурядий на глубину 10–12 см. При высоте ботвы 15–20 см проводили окучивание. В период клубнеобразования, в связи с высокой температурой воздуха (> 35 °С) и длительной засухой провели несколько поливов, после каждого осуществляли рыхление почвы, после появления почвенной корки, для повышения эффективности полива. Обработку растений картофеля против фитофтороза проводили фунгицидом Браво в дозе 2,2 л/га (расход рабочего раствора – 250 л/га).

Обработку растений картофеля агрохимикатами проводили трехкратно в сроки и в дозах, указанных в схеме опыта.

Отбор растительных проб для проведения био-

метрического анализа – определения высоты растений, числа стеблей и листьев, площади листьев, содержания в них пигментов; биомассы и сухой массы ботвы, проводили через неделю после последней обработки растений [3].

Уборку картофеля проводили в период подсыхания ботвы. Урожайность определяли по общему валу клубней, убранных с куста и учетной площади. В средних пробах клубней (по 30 шт. типичных с варианта) определяли содержание сахара, витаминов С и крахмала, содержание нитратов определяли

нитратометром [6].

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [4].

#### Результаты и обсуждение

Обработка клубней картофеля перед посадкой и трехкратно растений (1<sup>я</sup> – через две недели после появления всходов, 2<sup>я</sup> – в фазу бутонизации, 3<sup>я</sup> – за 3–4 недели до сбора урожая) комплексом регуляторов роста (Микромецен, Универсал) и микроэлементов (Цинк, Бор/Молибден) оказала влияние на рост растений (табл. 1).

**Таблица 1. Влияние комплекса регуляторов роста и микроэлементов на рост растений картофеля**

Вариант	Высота растения, см	Масса ботвы, г/растение		Содержание сухого в-ва, %
		сырая	сухая	
Контроль – без обработки клубней и растений	41,6	168,17	41,87	24,9
Комплекс регуляторов роста и микроэлементов – обработка клубней и растений 3 <sup>х</sup> -кратно	47,3	190,05	50,90	26,8
НСР <sub>05</sub>	2,1	8,24	2,18	

Из данных таблицы 1 видно, что применение в технологии выращивания картофеля рекомендуемого комплекса препаратов стимулирует рост растений в высоту (47,3, в контроле – 41,6 см) и нарастание ботвы (сырая масса – 190,05, в контроле – 168,17 г/растение; сухая масса – 50,90 и 41,87 г соответственно). При этом следует отметить, что в опытном варианте под действием испытуемых препаратов ассимиляционные процессы протекают наиболее активно, на что указывает содержание сухого вещества в надземных органах – ботве (26,8 %, в контроле – 24,9 %).

Учитывая, что основными ассимилирующими органами являются листья, несомненный интерес вызывает процесс нарастания листового аппарата и фотосинтетическая активность листьев в зависимости от обработки клубней и растений испытуемыми препаратами (табл. 2).

В опытном варианте, как видно из данных таблицы 2, под действием испытуемых препаратов возросло число листьев на растении (18,3 шт., в контроле – 16,9 шт.) и их общая площадь (13,066 дм<sup>2</sup>, в контроле – 11,738 дм<sup>2</sup>).

**Таблица 2. Влияние применения в технологии выращивания картофеля комплекса регуляторов роста и микроэлементов на нарастание листового аппарата и содержание в листьях пигментов**

Вариант	Число листьев, шт./растение	Площадь листьев, дм <sup>2</sup> /растение	Содержание в листьях пигментов, мг/г сыр. в-ва		
			хл. а	хл. b	каротиноиды
Контроль – без обработки клубней и растений	16,9	11,738	0,59	0,27	0,21
Комплекс регуляторов роста и микроэлементов – обработка клубней и растений 3 <sup>х</sup> -кратно	18,3	13,066	0,86	0,39	0,27
НСР <sub>05</sub>	0,7	0,484			

Данные таблицы 2 позволяют сделать вывод о том, что существенное увеличение площади листового аппарата в опытном варианте обусловлено не только нарастанием большего числа листьев, но и более длительной их жизнедеятельностью. Наступление фотосинтетической зрелости листьев происходит в более поздние сроки. Отмеченное обусловлено повышением жизнеспособности ли-

стьев, что сопряжено с повышением содержания в листьях пигментов (хл. а+b – 1,25, в контроле – 0,86; каротиноидов – 0,27 и 0,21 мг/г сыр. в-ва соответственно).

Усиление ростовых процессов и фотосинтеза при обработке клубней перед посадкой и трехкратная последовательная обработка растений положительно сказалась на клубнеобразовании (табл. 3).



**Таблица 3. Влияние применения в технологии выращивания картофеля комплекса регуляторов роста и микроэлементов на клубнеобразование**

Вариант	Число клубней, шт/куст	Масса среднего	Сбор клубней	
			с куста, г	с 1 м <sup>2</sup> , кг
Контроль – без обработки клубней и растений	12,1	45,58	551,46	4,10
Комплекс регуляторов роста и микроэлементов – обработка клубней и растений 3 <sup>х</sup> -кратно	13,9	51,17	711,26	5,07
НСР <sub>05</sub>	0,6	2,18	30,31	0,21

Данные таблицы 3 показывают, что применяемый комплекс препаратов активизирует процесс клубнеобразования. В опытном варианте существенно возросло число клубней в кусте (13,9, в контроле – 12,1 шт., НСР<sub>05</sub>=0,6 шт.), масса среднего клубня (51,17, в контроле – 45,58 г, НСР<sub>05</sub>=2,18 г), сбор клубней с куста (711,26, в контроле – 551,46 г, НСР<sub>05</sub>=30,31 г) и с 1 м<sup>2</sup> (5,07 кг, в контроле – 4,10 кг, НСР<sub>05</sub>=0,21 кг), что не могло не сказаться на урожайности картофеля и качестве клубней.

Результаты исследований показали, что обработка клубней картофеля перед посадкой Микромеценом и последующая трехкратная обработка растений комплексом регуляторов роста и микроэлементов обеспечила получение высокого урожая – 507,9 ц/га, в контроле – 393,7 ц/га) качественных клубней (содержание в клубнях: сухого вещества – 18,7 %, крахмала – 25,4 %, сахара – 2,6 %, витамина С – 27,4 мг%; в контроле – 17,5 %, 21,7 %, 2,1 %, 24,8 мг% соответственно) (табл. 4).

**Таблица 4. Влияние применения в технологии выращивания картофеля комплекса регуляторов роста и микроэлементов на урожайность и качество клубней**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание в клубнях				
		ц/га	%	сухого вещества, %	крахмала, %	сахара, %	витамина С, мг%	нитратов, мг/кг сыр. массы
Контроль – без обработки клубней и растений	393,7	–	–	17,5	21,7	2,1	24,8	176,8
Комплекс регуляторов роста и микроэлементов – обработка клубней и растений 3 <sup>х</sup> -кратно	507,8	114,1	29,0	18,7	25,4	2,6	27,4	158,7
НСР <sub>05</sub>	20,1							

Из данных таблицы 4 видно, что по содержанию в клубнях нитратов (158,7 мг/кг сыр. массы), а также учитывая санитарные нормы для питания по содержанию нитратов (для картофеля – ПДК составляет 250 мг/кг сыр. массы), можно утверждать, что потребление их в пищу является безопасным.

**Выводы**

Высокая эффективность использования в технологии выращивания картофеля разработанного

комплекса регуляторов роста (Мелафен, Микромецен, Универсал) и микроэлементов (бор, молибден, цинк) при обработке им клубней перед высадкой и трехкратно растений (1<sup>я</sup> – через две недели после появления всходов, 2<sup>я</sup> – в фазу бутонизации, 3<sup>я</sup> – за 3–4 недели до сбора урожая) обусловлена активным нарастанием ботвы и клубней, получением высокой прибавки урожая – 29,0 %, при урожайности в контроле – 393,7 ц/га, качественных клубней.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Володько, И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [Текст] / И.К. Володько. – Минск: Наука и техника, 1983. – 192 с.
2. Гикало, Г.С. Овощеводство юга России: учеб. пособие [Текст] / Г.С. Гикало, Р.А. Гиш, С.А. Фролов. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – С. 277-308.
3. Годнев, Т. Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения [Текст] / Т. Н. Годнев – Минск: АН БССР, 1952. – 146 с.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта [Текст] / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 352 с.
5. Жигачева, И.В. Антистрессовые свойства препарата Мелафен / И.В. Жигачева, Л.Д. Фаткуллина, И.Ф. Русина, А.Г. Шугаев, И.П. Генерозова, С.Г. Фаттахов, А.И. Коновалов // ДАН, 2007. – Т. 414. – № 2. – С. 263-265.
6. Иванов, Н. Н. Методика физиологии и биохимии растений [Текст] / Н. Н. Иванов. – 4 изд., исп. и доп. –М. –Л.: Сельхозиздат, 1946. – 493 с.
7. Кибаленко, А.П. Бор в жизни и продуктивности растений [Текст] / А.П. Кибаленко. – Киев: Изд-во «Наукова

думка», 1973. – 222 с.

8. Пейве, Я.В. Биохимия молибдена [Текст] / Я.В. Пейве // Биологическая роль молибдена. – М.: Изд-во «Наука», 1972. – С. 7-24.

9. Тосунов, Я.К. Урожайность и качество плодов пасленовых культур под действием препарата НВ-ЭКО / Я.К. Тосунов, А.Я. Барчукова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2013. – № 92. – С. 849-858.

10. Тосунов, Я. К. Эффективность препарата Атоник Плюс на картофеле / Я. К. Тосунов, А. Я. Барчукова // Труды Кубанского аграрного университета. – Краснодар, 2014. – № 48. – С. 102-105.

11. Тосунов, Я. К. Эффективность применения препарата Гидрогумин на картофеле / Я. К. Тосунов, А. Я. Барчукова, В.В. Дири // Труды Кубанского аграрного университета. – Краснодар, 2016. – № 58. – С. 167-170.

12. Фаттахов, С.Г. Меламиновая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты в качестве регулятора роста и развития растений и способ ее получения / С.Г. Фаттахов, Н.Л. Лосева, В.С. Резник // Патент РФ № 2158735 от 10.11.2000.

13. Хох, Ф. Роль цинка в обмене веществ / Ф. Хох, Б. Валли // Микроэлементы. – М., 1962. – С. 435-470.

14. Чуксеев, А.А. Использование регуляторов роста на культуре картофеля / А.А. Чуксеев, И.М. Якименко, Е.Н. Благородова, А.Я. Барчукова // В сб.: Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 265-269.

15. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия [Текст] / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП, 2003. – 1027 с.

16. Школьник, М.Я. О физиологической роли бора. К вопросу о причинах особой роли бора в формировании репродуктивных органов и плодообразовании / М.Я. Школьник, Е.А. Соловьева-Троицкая // Бот. журнал, 1962. – 47.10:1414.

17. Яшина, И.М. Картофель [Текст] / И.М. Яшина, Н.П. Склорова. – М.: ЗАО «Фитон+», 2000. – 128 с.

18. Brown, P.H. Form and function of zinc in plants. // Zinc in soil and plants / P.H. Brown, I. Cakmak, O. Zhang // Ed. A.D. Robson. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1993. – Chap. 7. – P. 93-106.

19. Escalante, B.Z. Role of growth regulator in in vitro rhizome growth of potato / B.Z. Escalante, A.R. Langille // Hort. Science, 1995. – 30, № 6. – P. 1248-1250.

20. Pope, L.R. Processing characteristics of potato / L.R. Pope, C.L. Balford // Am. Potato 1. – 1981. – Vol. 48. – № 11. – P. 403-409.

21. Waraich, E.A. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants / E.A. Waraich, R. Ahmad, M.Y. Ashraf // Australian Journal of Crop Science, 2011. – V. 5. – № 6. – P. 764-777.

22. Wulkow, A. Effect of calcium and boron in potato tubers (*Solanum tuberosum*) of various cultivars differing in blackspot susceptibility / A. Wulkow, E. Pawelzik, B. Heckl // Conference of European Association for potato research / Potato for a changing world: 17-th International Conference of European Association for potato research: abstract of papers and posters. – Brasov, 2008. – P. 228-229.

## REFERENCES

1. Volodko, I.K. Trace elements and plant resistance to adverse environmental factors [Text] / I.K. Volodko. – Minsk: Science and Technology, 1983. – 192 p.

2. Gikalo, G.S. Vegetable growing in the South of Russia: studies. manual [Text] / G.S. Gikalo, R.A. Gish, S.A. Frolov. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – P. 277-308.

3. Godnev, T. N. The structure of chlorophyll and methods of its quantitative determination [Text] / T. N. Godnev – Minsk: Academy of Sciences of the BSSR, 1952. – 146 p.

4. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience [Text] / B. A. Dospekhov. – M.: Kolos, 1985.

5. Zhigacheva, I.V. Antistress properties of the drug Melafen / I.V. Zhigacheva, L.D. Fatkullina, I.F. Rusina, A.G. Shugaev, I.P. Generozova, S.G. Fattakhov, A.I. Konovalov // DAN, 2007. – Vol. 414. – № 2. – P. 263-265.

6. Ivanov, N.N. Methodology of plant physiology and biochemistry [Text] / N. N. Ivanov. – 4th ed., isp. and dop. – M. – L.: Agricultural Publishing house, 1946 – 493 p.

7. Kibalenko, A.P. Boron in the life and productivity of plants [Text] / A.P. Kibalenko. – Kiev: Naukova Dumka Publishing House, 1973. – 222 p.

8. Peyve, Y.V. Biochemistry of molybdenum [Text] / Ya.V. Peyve // Biological role of molybdenum. – M.: Publishing House «Nauka», 1972. – P. 7-24.

9. Tosunov, Y.K. Productivity and quality of fruits of nightshade crops under the action of the drug NV-ECO / Y.K. Tosunov, A.Y. Barchukova // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2013. – №. 92. – P. 849-858.

10. Tosunov, Y.K. The effectiveness of the drug Atonic Plus on potatoes / Y. K. Tosunov, A. Y. Barchukova // Proceedings of the Kuban Agrarian University, 2014. – №. 48. – P. 102-105.

11. Tosunov, Y. K. The effectiveness of the use of the drug Hydrogumin on potatoes / Y. K. Tosunov, A. Y. Barchukova, V.V. Dirin // Proceedings of the Kuban Agrarian University, 2016. – №. 58. – P. 167-170.

12. Fattakhov, S.G. Melamine salt bis(oxymethyl)phosphoric acid as a growth regulator and plant development and the method of its production / S.G. Fattakhov, N.L. Loseva, V.S. Reznik // RF Patent №. 2158735 dated 10.11.2000.

13. Hoh, F. The role of zinc in metabolism / F. Hoh, B. Valli // Trace elements. – M., 1962. – P. 435-470.

14. Chukseev, A.A. The use of growth regulators on potato culture / A.A. Chukseev, I.M. Yakimenko, E.N. Nobelova, A.Y. Barchukova // In the collection: Bulletin of Scientific and Technical creativity of the youth of the Kuban State University, 2017. – P. 265-269.

15. Sheudzhen, A.H. Biogeochemistry [Text] / A.H. Sheudzhen. – Maykop: GURIPPE, 2003. – 1027 p.

16. Shkolnik, M.Y. About the physiological role of boron. On the question of the causes of the special role of boron in the formation of reproductive organs and fruit formation / M.Y. Shkolnik, E.A. Solovyova-Troitskaya // Bot. journal, 1962. – 47.10:1414.

17. Yashina, I.M. Potato [Text] / I.M., Yashina, N.P. Sklyarova. – M.: CJSC «Fiton+», 2000. – 128 p.
18. Brown, P.H. Form and function of zinc in plants. // Zinc in soil and plants / P.H. Brown, I. Cakmak, O. Zhang // Ed. A.D. Robson. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1993. – Chap. 7. – P. 93-106.
19. Escalante, B.Z. Role of growth regulator in in vitro rhizome growth of potato / B.Z. Escalante, A.R. Langille // Hort. Science, 1995. – № 6. – P. 1248-1250.
20. Pope, L.R. Processing characteristics of potato / L.R. Pope, C.L. Balford // Am. Potato 1. – 1981. – Vol. 48. – № 11. – P. 403-409.
21. Waraich, E.A. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants / E.A. Waraich, R. Ahmad, M.Y. Ashraf // Australian Journal of Crop Science, 2011. – V. 5. – № 6. – P. 764-777.
22. Wulkow, A. Effect of calcium and boron in potato tubers (*Solanum tuberosum*) of various cultivars differing in blackspot susceptibility / A. Wulkow, E. Pawelzik, B. Heckl // Conference of European Association for potato research / Potato for a changing world: 17-th International Conference of European Association for potato research: abstract of papers and posters. – Brasov, 2008. – P. 228-229.

**Алла Яковлевна Барчукова**

Профессор кафедры физиологии и биохимии растений

E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

**Янис Константинович Тосунов**

Доцент кафедры физиологии и биохимии растений

E-mail: tosunyanis@yandex.ru

**Наталья Викторовна Чернышева**

Заведующий кафедрой прикладной экологии

E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

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

**Alla Yakovlevna Barchukova**

Professor of the Department of plant physiology and biochemistry

E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

**Yanis Konstantinovich Tosunov**

Associate Professor of the Department of physiology and biochemistry plants

E-mail: tosunyanis@yandex.ru

**Natalia Viktorovna Chernysheva**

Head of applied ecology Department

E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru

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

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-67-70  
УДК: 528.9:631.8:631.4:633.18

**Чижиков В.Н.**, канд. с.-х. наук,  
**Шарифуллин Р.С.**, канд. с.-х. наук  
г. Краснодар, Россия

### КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ ПО АГРОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Исследования проведены на лугово-черноземной почве рисовой оросительной системы (РОС) в РПЗ «Красноармейский» Красноармейского района Краснодарского края. В результате агрохимического обследования получены данные по наиболее информативным показателям почвенного плодородия. Проведена статистическая обработка полученных результатов по следующим агрохимическим показателям почвы:  $pH_{\text{вод}}$ , гумус, подвижный фосфор. Определены коэффициенты вариации изучаемых показателей и выявлена разная степень их варьирования. По результатам проведённых исследований установлено, что обеспеченность почвы, изучаемого участка РОС подвижным фосфором изменялась в пределах от 3,40 до 8,8 мг/100 г почвы. Однако его варьирование было значительным в пределах границы рисовой карты, коэффициент вариации составил 34,1 %. Вариабельность органического вещества почвы была незначительной (2,98–4,09 %). Значения показателя  $pH_{\text{вод}}$  имели низкий коэффициент вариации (1,31–1,96 %), что говорит о его незначительной пространственной изменчивости в пределах исследуемых полей. Для формирования цифровых агрохимических картограмм создана геоинформационная база данных с использованием программного обеспечения QGIS. База состоит из пространственной и атрибутивной информации по агрохимическим показателям почвы. На её основе можно формировать пространственное распределение норм минерального питания с учетом обеспеченности почвы элементами питания, разрабатывать способы применения точных агротехнологий.

**Ключевые слова:** почва, агрохимические показатели, картограммы агрохимических свойств почвы, геоинформационная база данных.

### MAPPING OF RICE FIELD SOILS BY AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS USING GEOINFORMATION SYSTEMS

The studies were carried out on the meadow-chemozem soil of the rice irrigation system (ROS) in the Krasnoarmeysky RPZ of the Krasnoarmeysky district of the Krasnodar Territory. According to the results of the agrochemical survey, the data of the most informative indicators of soil fertility were obtained. The coefficients of variation were determined for the following agrochemical indicators of the soil:  $pH_{\text{water}}$ , humus, mobile phosphorus. According to the data obtained, it was found that the availability of mobile phosphorus in the soil of the investigated area of the DSS varied from 3.40 to 8.8 mg/100 g of soil. However, its variation was significant within the border of the rice map, with the highest coefficient of variation (34.1 %) noted on map № 23. The variability of soil organic matter was insignificant (2.98–4.09 %). The smallest coefficient of variation was obtained on map № 13 (3.64 %), and the largest - on kata № 20 (11.97 %). Values of  $pH_{\text{water}}$ . They ranged from 6.27 to 6.66 and had a low coefficient of variation (1.31–1.96 %), which indicates its insignificant spatial variability within the studied fields. For the formation of digital agrochemical cartograms, a geoinformation database was created using the QGIS software. The database consists of spatial and attributive information on the agrochemical parameters of the soil. On its basis, it is possible to form the spatial distribution of mineral nutrition norms, taking into account the provision of soil with nutrients, to develop methods for applying precise agricultural technologies.

**Key words:** soil, agrochemical indicators, cartograms of agrochemical properties soil, geoinformation database.

#### Введение

Современные способы применения удобрений должны обеспечивать точное внесение их оптимальных доз для каждого участка поля и удовлетворять требования по защите окружающей среды. В наибольшей степени этому соответствуют технологии точного земледелия, основанные на использовании геоинформационных технологий и навигационных систем. При применении удобрений необходимо принимать во внимание внутрипольную пестроту плодородия почвы, что не менее важно, чем различия в плодородии отдельных полей, которые учитываются в традиционных технологиях земледелия [1, 7].

Почвам рисовых полей в большей степени прису-

ща пространственная изменчивость агрохимических свойств, что в свою очередь обуславливает неодинаковую обеспеченность растений элементами минерального питания [3, 6]. Пространственная вариабельность агрохимических показателей в границах поля свидетельствует о наличии зон неоднородностей, что определяет необходимость дифференцированного подхода к применению минеральных удобрений.

Определение внутрипольной неоднородности агрохимических свойств почв на полях рисовой оросительной системы (РОС) позволяет группировать их по зонам обеспеченности, на основе которых составлять картограммы для внесения минеральных удобрений и мелиорантов [3, 4, 6].



Применение геоинформационных систем в исследованиях по оценке пространственной неоднородности агрохимических свойств почв является основным элементом при освоении прецизионных агротехнологий в рисоводстве, основным направлением которых, является дифференцированное внесения удобрений и химических мелиорантов [7, 8, 10, 11].

#### Цель исследований

Определить пространственную вариабельность агрохимических показателей почвы элементарных участков и на их основе создать картограммы опытных полей.

#### Материалы и методы

Исследования проводили на рисовой оросительной системе (РОС) РПЗ «Красноармейский» в период с 2020 по 2022 годы. Почва исследуемого участка лугово-черноземная, тяжелосуглинистая, старопахотная. Отбор проб почвы для проведения агрохимического обследования проводился осенью (октябрь) после уборки риса на картах: № 11 - 15 и 20 - 24, отделения №2. Пробы почвы отбирались из пахотного слоя (0-20 см), с каждого чека было отобрано 20 – 25 точечных проб (уколов тростевым буром), на основе которых формировалась объединенная проба. Всего получено 57 объединённых проб в которых определялись: фосфор подвижный по Чирикову, pH потенциометрически, гумус общий по Тюрину [2, 5, 9].

Обработка данных агрохимического обследования проводилась с использованием геоинформационной программы QGIS, статистическая в программном обеспечении SPSS [8, 9].

#### Результаты и обсуждение

В результате проведенных анализов получены данные, на основе которых выполнена оценка агрохимических признаков в пределах элементарного участка (рисовый чек), создана геоинформационная база данных на основе которой построены агрохимические

картограммы пространственного распределения показателей плодородия. Согласно полученных данных установлено, что показатели агрохимических свойств почвы варьируют в пределах рисовой карты. Это говорит об их пространственной неоднородности.

Согласно градации по содержанию гумуса почвы, исследуемый участок относится к малообеспеченным. Обеспеченность подвижным фосфором колеблется от средней до высокой. Вариабельность содержания в почве подвижного фосфора на отдельных картах РОС оказалась значительной, что говорит о пространственной неоднородности его содержания.

При анализе полученных данных, исследуемых полей РОС, были выявлены участки, попадающие в разные категории обеспеченности, причем диапазон между минимальными и максимальными значениями показателей не превышает единицы градации обеспеченности.

Реакция почвенной среды в пахотном слое была нейтральной (рН вод.) и находилась в пределах от 6,27 до 6,66. Однако, на отдельных чеках, отмечена тенденция к его снижению. Коэффициент вариации исследуемого показателя был в пределах от 1,31 до 1,96 %.

Содержание гумуса в почве обследованных полей изменялось в пределах от 2,98 % до 4,09 % и согласно градации, она находится в диапазоне от низкой до средней.

Обеспеченность почвы подвижным фосфором исследуемого участка РОС, изменялась от 3,40 до 8,85 мг/100 г. Однако его варьирование было значительным в пределах границы рисовой карты, коэффициент вариации составил 34,1 % (табл. 1, 2). На основе полученных данных выявлены участки с разной степенью обеспеченности, что указывает на необходимость в применении дифференцированного подхода при внесении фосфорных удобрений.

**Таблица 1. Статистические характеристики показателей почвы РОС РПЗ «Красноармейский», поле № VI к**

Показатели изменчивости	Карта 11	Карта 12	Карта 13	Карта 14	Карта 15
рН					
Среднее	6,27	6,37	6,58	6,62	6,38
Стандартное отклонение	0,114	0,125	0,086	0,102	0,092
Коэффициент вариации	1,82	1,96	1,31	1,54	1,44
min	6,14	6,06	6,04	6,44	6,06
max	6,43	6,88	6,81	6,70	6,88
Гумус, %					
Среднее	3,92	2,98	3,24	3,24	3,06
Стандартное отклонение	0,190	0,166	0,118	0,275	0,245
Коэффициент вариации	4,85	5,57	3,64	8,62	8,01
min	3,71	2,79	3,13	2,76	2,25
max	4,20	3,20	3,48	3,55	3,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г					
Среднее	6,01	7,87	5,59	6,55	7,24
Стандартное отклонение	1,790	0,282	1,165	0,324	1,140
Коэффициент вариации	29,83	3,58	20,84	4,95	15,74
min	3,10	7,46	4,39	4,29	6,07
max	8,17	8,16	7,30	7,91	8,92

Создана цифровая карта исследуемых полей, состоящая из отдельных полигонов, которые являются элементарными участками РОС. Разработана реляционная структура геоинформационной базы данных основанная на пространственной и атрибутивной информации с привязкой к картографической основе. Созданы векторные картограммы пространственно-

го распределения агрохимических показателей почвы опытного участка (рН вод., гумуса и подвижного фосфора) (рис. 1). Геоинформационная база данных агрохимических признаков почвы является основой для создания карт-заданий по дифференцированному внесению минеральных удобрений на полях рисовых оросительных систем.

**Таблица 2. Статистические характеристики показателей почвы РОС РПЗ «Красноармейский», поле № VI к**

Показатели изменчивости	Карта 20	Карта 21	Карта 22	Карта 23	Карта 24
рН					
Среднее	6,54	6,37	6,41	6,66	6,39
Стандартное отклонение	0,113	0,110	0,117	0,108	0,124
Коэффициент вариации	1,73	1,73	1,53	1,62	1,95
min	6,12	6,20	6,29	6,61	6,19
max	6,83	6,50	6,46	6,70	6,51
Гумус, %					
Среднее	3,80	4,09	3,75	3,96	3,06
Стандартное отклонение	0,455	0,322	0,295	0,207	0,470
Коэффициент вариации	11,97	7,87	8,68	5,23	11,34
min	2,99	3,72	3,07	3,10	3,60
max	4,56	4,61	4,69	4,82	4,78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г					
Среднее	7,08	8,85	8,90	4,75	3,40
Стандартное отклонение	0,922	0,893	0,881	1,620	0,757
Коэффициент вариации	13,02	10,09	15,7	34,10	22,26
min	6,04	6,26	6,06	4,32	2,42
max	7,95	9,12	9,17	5,67	4,65



- Очень низкое (менее 1,5 мг/100 г)
- Низкое (1,5 - 3,0 мг/100 г)
- Среднее (3 - 5 мг/100 г)
- Повышенное (5 - 10 мг/100 г)
- Высокое (10 - 18 мг/100 г)
- Очень высокое (более 18 мг/100 г)

0,25 0 0,25 0,5 0,75 1 км



**Рисунок. Агрохимическая картограмма содержания подвижного фосфора в почве**

**Выводы**

1. Определены значения агрохимических признаков и установлена степень их вариативности на полях РОС. Выделены участки с пространственной неоднородностью распре-

ления подвижных форм фосфора и содержания гумуса.

2. Разработана геоинформационная база данных, основанная на пространственной и атрибутивной информации по наиболее информативным агро-





DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-71-78  
УДК 633.1:576.8.06

Лазько В.Э.<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук,  
Варивода Е.А.<sup>2</sup>,  
Якимова О.В.<sup>1</sup>,  
Ковалева Е.В.<sup>1</sup>,  
Масленникова Е.С.<sup>2</sup>  
г. Краснодар<sup>1</sup>, г. Волгоград<sup>2</sup>, Россия

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ДЫНИ И АРБУЗА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В разных агроклиматических зонах бахчеводства проведена оценка и получены двухлетние результаты агроэкологических испытаний сортов арбуза и дыни кубанской и волгоградской селекции. Целью исследования явилось экологическое испытание сортов селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО и ФГБНУ «ФНЦ риса» для формирования адресного сортового сортимента арбуза для конкретной почвенно-климатической зоны выращивания. Опытные делянки закладывали на производственном участке в Центральной зоне Краснодарского края на селекционно-семеноводческом участке ФГБНУ «ФНЦ риса» и в сухостепной зоне Волгоградского Заволжья в селекционном питомнике Быковской БСОС – филиале ФГБНУ ФНЦО. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с рекомендованными методиками полевого опыта в овощеводстве. Агротехнические мероприятия по выращиванию на опытных участках выполнялись в соответствии с разработанными рекомендациями для регионов. Выделены по урожайности и качеству сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и Быковской БСОС, которые можно выращивать и гарантированно получать высокие урожаи бахчевых культур в Центральной зоне Краснодарского края и Среднего Заволжья. Выращивание сортов Кубанской селекции Ница и Юбиляр в степной зоне недостаточного увлажнения Волгоградского Заволжья за два года обеспечивало получение высокого урожая плодов арбуза - 16,0...17,4 т/га, с содержанием сухих растворимых веществ в мякоти плодов более 10 %. При испытании сортов Волгоградской селекции в Центральной зоне Краснодарского края стабильную урожайность показали сорта позднеспелой группы Икар и Рубин. При разных погодных условиях периода вегетации получали максимальный урожай плодов. Высокую оценку по качеству с содержанием сахаров более 12 % получил сорт Волжанин, но при экстремальных погодных условиях он может уступить по урожайности сортам Кубанской селекции. В двух зонах использование раннеспелого сорта дыни Таманская позволит получать ранний урожай плодов высокого качества. Стабильные показатели содержания сухих растворимых веществ в мякоти плодов показывает сорт дыни Волгоградской селекции – Прима. Для зоны Среднего Заволжья из сортов кубанской селекции можно рекомендовать к посеву позднеспелый сорт Славия. Двухлетнее агроэкологическое испытание арбуза и дыни позволило дать оценку и выделить сорта, которые можно рекомендовать сельхозпроизводителям для конкретной зоны выращивания.

**Ключевые слова:** арбуз, дыня, сорт, почвенно-климатические условия, зона выращивания, урожайность, сухое растворимое вещество.

## AGROECOLOGICAL TESTING OF MELON AND WATERMELON VARIETIES IN THE KRASNODAR TERRITORY AND THE VOLGOGRAD REGION

In different agro-climatic zones of melon cultivation, an assessment was carried out and two-year results of agroecological tests of watermelon and melon varieties of Kuban and Volgograd breeding were obtained. The purpose of the study was the ecological testing of varieties of breeding Bykovskaya BSOS – a branch of FGBNU FNTSO and FGBNU “FNC rice” for the formation of a targeted varietal assortment of watermelon for a specific soil and climatic growing zone. Experimental plots were laid at the production site in the Central zone of the Krasnodar Territory at the breeding and seed-growing site of the FSBI “FNC rice” and in the dry-steppe zone of the Volgograd Volga region in the breeding nursery of the Bykovskaya BSOS - a branch of the FSBI FNC. Records and observations were carried out in accordance with the recommended methods of field experience in vegetable growing. Agrotechnical measures for growing on experimental plots were carried out in accordance with the developed recommendations for the regions. According to the yield and quality, the varieties of the selection of the FGBNU “FNC rice” and the Bykovskaya BSOS, which can be grown and guaranteed to receive high yields of melons in the Central zone of the Krasnodar Territory and the Middle Volga region, have been identified. The cultivation of varieties of the Kuban selection of Nice and Jubilee in the steppe zone of insufficient moisture of the Volgograd Volga region for two years provided a high yield of watermelon fruits - 16.0 ... 17.4 t / ha, with a content of dry soluble substances in the pulp of fruits of more than 10 %. When testing varieties of the Volgograd selection in the Central zone of the Krasnodar Territory, stable yields were shown by the late-ripening varieties of the Icarus and Ruby group. Under different weather conditions of the growing season, the maximum yield of fruits was obtained. The Volzhanin variety received a high rating in quality with a sugar content of more than 12%, but under extreme weather conditions it may yield to the varieties of the Kuban selection. In two zones, the use of the early-ripening Tamanskaya melon variety will allow for an early harvest of high-quality fruits. Stable indicators of the content of dry soluble substances in the pulp of fruits are shown by the melon variety of Volgograd selection – Prima. For the zone of the Middle Volga region from the varieties of the Kuban selection, a late-ripening variety of Slavia can be recommended for sowing. A two-year agroecological test of watermelon and melon allowed us to evaluate and identify varieties that can be recommended to farmers for a specific growing area.

**Key words:** watermelon, melon, variety, soil and climatic conditions, growing area, yield, dry soluble substance.



## Введение

Сельскохозяйственные культуры максимально реализуют свой потенциал урожайности в том случае, когда условия возделывания в наибольшей степени отвечают их биологическим требованиям [6]. Увеличение производства плодов арбуза и дыни возможно только при использовании высокоурожайных сортов, адаптивных к почвенно-климатическим условиям зоны выращивания. Для этого необходимо высевать только районированные сорта и гибриды, апробированные в географическом ареале, выделившиеся по продуктивности и качеству плодов [1]. В последние годы произошли изменения в правилах Государственной комиссии по включению в список рекомендованных к использованию сортов и гибридов бахчевых культур. В реестр попадают сорта и гибриды, по экспертной оценке, на основании результатов одного года исследований. С сортами местной селекции на протяжении нескольких лет проводят испытание в данной географической зоне. Полученные результаты при разных погодных условиях периода вегетации позволяют объективно оценить потенциал нового сорта и рекомендовать его для выращивания товарной продукции в данном регионе. Для сортов и гибридов, полученных в других селекционных центрах или коммерческих фирмах, которые рекомендуются к использованию в данной зоне, одного года оценки бывает недостаточно, так как погодные условия могут отличаться по годам.

Правильный выбор сорта арбуза и дыни в значительной степени определяет устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов в период вегетации и высокую потенциальную продуктивность, что в итоге характеризует пригодность растений к конкретным почвенно-климатическим условиям региона. Проведение зональных испытаний позволяют дифференцировать сорта по реакции на агрофон и адресно рекомендовать их для использования в производстве. Это позволит получать устойчивые и гарантированные урожаи без потерь от климатических условий зоны выращивания.

## Цель исследований

Провести экологическое испытание сортов селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО и ФГБНУ «ФНЦ риса» с целью формирования адресного сортового сортимента арбуза для конкретной почвенно-климатической зоны выращивания.

## Материалы и методы

Для целей определения пригодности сортов селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО и ФГБНУ «ФНЦ риса» для выращивания в разных почвенно-климатических зонах проводили экологические испытания в зонах, отличающихся почвенно-климатическими условиями: Среднее Поволжье и Краснодарский край. Опытные делянки закладывали на производственном участке в Цен-

тральной зоне Краснодарского края на селекционно-семеноводческом участке ФГБНУ «ФНЦ риса» и в сухостепной зоне Волгоградского Заволжья в селекционном питомнике Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с рекомендованными методиками полевого опыта в овощеводстве [1, 2]. Агротехнические мероприятия по выращиванию на опытных участках выполнялись в соответствии с разработанными рекомендациями для регионов [4, 5].

В Волгоградском Заволжье климат континентальный с жарким засушливым летом. Абсолютный максимум температуры воздуха в летний период достигает 38...44 °С. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С – 2900...3150 °С. В теплый период осадков выпадает 250...300 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,50...0,55. Почвы светло-каштановые, супесчаные, лёгкие по гранулометрическому составу. Обладают высокой водопроницаемостью, способны улавливать незначительные осадки. Содержание общего азота 0,12...0,15 %, общего фосфора 0,07 - 0,09 %, обменного калия – 120 - 180 мг/кг. Содержание гумуса до 1,1 %.

Климат центральной зоны Краснодарского края умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением (ГТК-0,7...1,2). За теплый период года (апрель – октябрь) выпадает осадков – 334...360 мм. Лето наступает рано - в мае и характеризуется быстрым нарастанием высоких температур, часто сухое и жаркое. Максимальная температура в июле-августе поднимается до 40...42 °С. Сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период составляет 3400–3600 °С. Почва – выщелоченный слитый чернозем. В пахотном горизонте содержится 3,5...4,6 % гумуса, 15...20 мг  $P_2O_5$ , 20...30 мг  $K_2O$  и сумма поглощенных оснований 39 мг-экв на 100 г воздушно сухой почвы [8, 9]. После выпадения осадков пахотный горизонт склонен к заплыванию и образованию корки. Климатические показатели этих двух зон удовлетворяют биологическим требованиям бахчевых культур и позволяют получать устойчивые урожаи в богарных условиях [6, 7].

Объектами исследований являлись сорта:

- селекции ФГБНУ «ФНЦ риса»: арбуз - Терский ранний, Ница, Необычайный, Юбиляр; дыня – Таманская, Стрельчанка, Золотистая и Славия;
- Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО: арбуз – Рубин, Волжанин, Фаворит, Икар; дыня – Комета, Гармония, Идиллия и Прима.

## Результаты и обсуждение

Для адресной рекомендации использования сортимента арбуза и дыни в конкретном регионе необходима предварительная оценка воздействия на эти сорта лимитирующих факторов окружающей среды. Погодные условия в районах проведения испытания сортов арбуза были контрастными по

температурному режиму и осадкам, что позволило дать всестороннюю оценку экологической адаптивности сортов арбуза и дыни селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО. К посеву семян приступают при прогревании почвы до 12-15 °С [10]. В центральной зоне Краснодарского края бахчевые культуры были посеяны в начале третьей декады апреля. Посев бахчевых на Быковской опытной станции проводился во второй декаде мая.

Появление всходов и рост растений в центральной зоне Краснодарского края в 2021 году сдерживался возвратом низких температур в конце апреля и первой декаде мая. Температуры июня и июля превышали на 1,5...3,7 °С среднемноголетние значения. В отдельные дни в период цветения температура воздуха поднималась до 39...41 °С, что от-

разилось на качестве опыления завязей. Погодные условия Волгоградского Заволжья характеризовались большим количеством осадков в мае и июне. Осадки в этот период превысили среднемноголетние значения в 2,1-3,3 раза, что привело к высокой заболеваемости бахчевых в первые фазы развития растений. Третья декада июня, июль и август, отличались низким количеством осадков и высокими температурами воздуха, средняя температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,6...2,2 °С.

Сложившиеся погодные условия в районах проведения оценки с лимитированным по влагообеспеченности периодом вегетации на фоне высокого теплового баланса характеризуются как удовлетворительные и в целом были благоприятные для роста растений арбуза (табл. 1).

**Таблица 1. Погодные условия весенне-летнего периода вегетации, 2021 г.**

Месяц	Сумма активных температур, °С		Сумма осадков, мм		ГТК	
	Краснодар	Волгоград	Краснодар	Волгоград	Краснодар	Волгоград
Апрель (III дек.)	128	102	16	5,3	1,25	0,52
Май	649	589,8	109	147,0	1,68	2,49
Июнь	753	703,4	113	92,6	1,50	1,3
Июль	965	843,5	88	13,1	0,91	0,16
Август	968	840,2	113	4,8	1,17	0,06
Сентябрь (I дек.)	204	171	7	8,8	0,34	0,51
За период вегетации 2021 г.	3667	3246,9	446	271,6	1,22	0,84
За период вегетации (среднее по годам)	2550,0	3625,5	239,0	299,6	1,25	0,83

В целом погодные условия в центральной зоне Краснодарского края в период вегетации 2022 года для растений бахчевых культур были удовлетворительными, за исключением возврата низких температур в первой декаде мая. Температурные колебания этого периода детально представлены на графике (рис. 1).

Весна в 2022 году началась рано. С 11 апреля температура воздуха поднялась до 23 °С. Ночью температура воздуха не опускалась ниже 11...15 °С. Почва на глубине 10 см за неделю прогрелась до 12...14 °С. Первые всходы стали появляться через 10 дней. Сумма активных температур за период от посева до появления всходов составила 217 °С. Температурный баланс воздуха и почвы способствовал дружному прорастанию семян.

В первой декаде мая погодные условия значительно ухудшились. Дневная температура воздуха снижалась до 9 °С. Ночью опускалась до 6 °С,

что значительно ниже биологического минимума (10 °С) для бахчевых культур. Температурный стресс имел длительный и интенсивный характер (более 10 дней), в результате чего стало заметно снижение фотосинтетической активности и дыхания у растений. Появившиеся всходы бахчевых культур начинали желтеть, терять тургор, вплоть до гибели растений.

Погодные условия периода вегетации 2022 года для выращивания бахчевых культур в зоне Волгоградского Заволжья складывались следующим образом: в мае среднесуточная температура воздуха была ниже среднемноголетних данных на 1,2-5,7 °С, это привело к позднему получению всходов (3 декада мая – 1 декада июня). Ниже среднемноголетних данных температура воздуха была во время роста и развития растений (июнь, июль), что в принципе не оказало отрицательного влияния на урожайность и качественные показатели бахчевых культур (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2. Погодные условия весенне-летнего периода вегетации, 2022 г.

Месяц	Сумма активных температур, °С		Сумма осадков, мм		ГТК	
	Краснодар	Волгоград	Краснодар	Волгоград	Краснодар	Волгоград
Апрель	401,0	343	23,0	31,2	0,57	0,91
Май	452,0	395,1	49,0	42,7	1,08	1,08
Июнь	688,0	654,8	167,0	50,5	2,43	0,77
Июль	712,0	744,4	60,0	33,1	0,84	0,44
Август	787,0	837,8	90,0	12,2	1,14	0,15
Сентябрь	640,0	490,5	103,0	133,6	1,61	2,72
За период вегетации 2022 г.	3680,0	3465,6	492,0	303,3	1,34	0,88
За период вегетации (среднее по годам)	2550,0	3625,5	239,0	299,6	1,07	0,83

Урожайность зависит не только от биологического потенциала сортов, но и от количества растений, сохранившихся к уборке [3]. От возврата низких температур в мае в Центральной зоне Краснодарского края погибло более 60 % растений арбуза. Часть

растений с ослабленным иммунитетом в значительной степени пострадали и погибли от бактериоза. К уборке сохранилось растений арбуза и дыни сортов Краснодарской селекции от 20,9 % до 35,5 %, у сортов волгоградской селекции – от 22,8 % до 35,6 %.

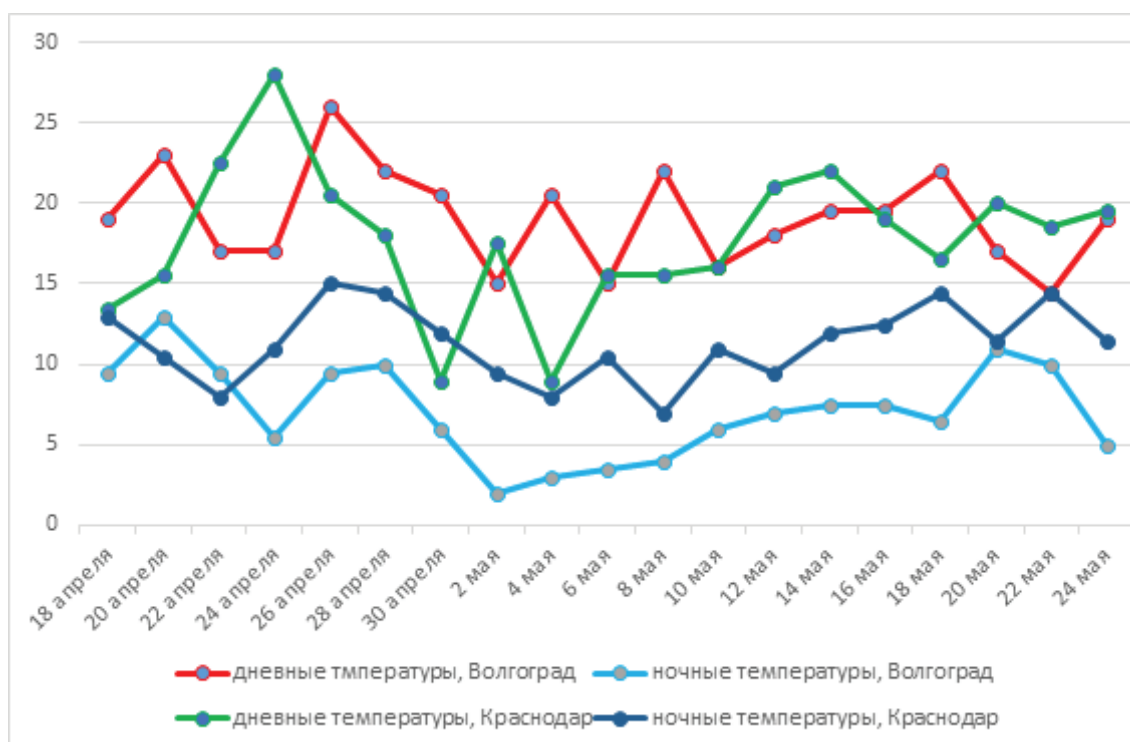


Рисунок 1. Графики дневных и ночных температур в период посев-всходы 2022 года, Краснодар-Волгоград

Полученные результаты за два года выращивания в двух зонах показали влияние климатических условий на массу плодов и урожайность бахчевых культур. Благоприятные погодные условия в 2021 году способствовали нормальному росту и развитию растений арбуза. К концу вегетации сформировались плоды арбуза, средняя масса которых соответствовала заявленным сортовым характеристикам. Следует отметить, что в сравнении с

показателями, полученными в центральной зоне Краснодарского края в условиях Среднего Поволжья, у сортов кубанской селекции плоды были крупнее на 26,3...27,3 %, а у сортов волгоградской селекции разница в массе плодов составила от 27,1 % до 95,7 % (табл. 3).

Всходы растений арбуза в 2022 году попали под низкотемпературный стресс, вызванный возвратом холодов. Особенно пострадали посевы в Крас-

нодарском крае. Отставание в развитии растений сказалось на массе плодов. В сравнении с прошлогодними показателями в условиях Центральной зоны Краснодарского края у сортов кубанской селекции сформировались плоды на 25,5...36,4 % меньше, у сортов волгоградской селекции – разница составила от 13,1 до 30,6 %. Только два сорта Терский ранний и Фаворит за два года имели стабильные показатели по массе плодов в этой зоне.

Погодные условия 2022 года в зоне Среднего Поволжья повлияли на развитие растений и массу плодов. Только у сорта Фаворит масса плодов превысила семь килограмм, но на 15,6 % была меньше, чем в предыдущий год. У сортов Кубанской селекции плоды сформировались на 5,6...14,3 % меньше в сравнении с показателями 2021 года. Средняя масса плодов арбуза местной селекции так же получилась ниже на 12,4...34,4 %.

Урожайность плодов арбуза зависит от многих факторов; погодных условий, фитосанитарного состояния посевов, количества растений, массы плодов и т.д. Погодные условия 2021 года в двух зонах были благоприятные для роста и плодоношения бахчевых культур. Максимальный урожай плодов арбуза был собран в Центральной зоне Краснодарского края – от 20,4 до 32,4 т/га. Наиболее продуктивные были сорта средней и поздней группы спелости: Необычайный (32,4 т/га), Волжанин (31,7 т/га), Рубин (30,2 т/га). Из раннеспелых сортов по урожайности выделился Юбиляр – 30,5 т/га. В зоне Среднего Заволжья урожаем плодов арбуза получился меньше и составил от 11,4 до 21,0 т/га. Выделились сорта волгоградской селекции среднего срока созревания Фаворит (21,0 т/га) и Волжанин (20,4 т/га). Из-за воздушносухой засухи и минимального количества осадков во второй половине лета у сортов поздней группы спелости Икар и Рубин урожайность была значительно ниже потенциала. Продуктивность сорта кубанской селекции Юбиляр в этой зоне оказалась, почти два раза ниже (11,4 т/га), чем в Центральной зоне Краснодарского края.

На Кубани весной 2022 года всходы бахчевых

культур оказались под воздействием низких температур, которые привели к значительной гибели растений более 60 %. Оставшиеся ослабленные растения сильно отставали в росте, развитии и в значительной степени были повреждены бактериозом. Урожайность сортов ранней и средней группы спелости не превышала 6,4...7,4 т/га. Только сорта поздней группы спелости смогли значительно восстановиться, благодаря более длительному периоду вегетации (>90 дней) и дать урожай от 10,1 т/га до 11,4 т/га. Погодные условия Среднего Поволжья, несмотря на возврат низких, но не критических температур, позволили собрать урожай на уровне 16,0...18,4 т/га. За два года стабильные показатели по урожайности показали сорта кубанской селекции – Ница (16,0 т/га) и Волгоградской селекции – Рубин (18,4 т/га).

Важный показатель пищевой ценности сортов арбуза – содержание сахаров. В условиях Центральной зоны Краснодарского края в 2021 году по сортам в мякоти плодов содержание сухих растворимых веществ варьировало от 8,2 % до 12,7 %. Выделились сорта средней и поздней группы спелости Необычайный, Волжанин и Икар. Погодные условия Среднего Заволжья способствовали большему накоплению сухих растворимых веществ (СРВ): на 0,8 % у сорта Волжанин, на 1,1 % – Икар и Рубин. Максимальная разница по содержанию СРВ отмечена у сорта Фаворит (на 2,8 %).

Сложные погодные условия 2022 года отразились на содержании СРВ в мякоти плодов. В Центральной зоне Краснодарского края показатели сахаров были в 1,1...1,5 раза ниже в сравнении с 2021 годом. По уровню содержания СРВ стабильными по годам показали себя сорта Фаворит и Икар. В условиях Среднего Поволжья содержание СРВ в мякоти плодов арбуза было выше 10 % у всех сортов. Сорта кубанской селекции Ница и Юбиляр накапливали по годам одинаковое количество СРВ. Для сортов волгоградской селекции нестабильная погода 2022 года отразилась на меньшем накоплении сахаров – на 0,4...2,0 %, но в целом сахаристость была высокая (табл. 3).

**Таблица 3. Биометрические показатели и урожайность плодов арбуза по зонам выращивания**

Сорт	Масса плодов, кг			Урожайность, кг			СРВ, %		
	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя
Краснодарский край, центральная зона									
Терский ранний	3,4	3,4	3,4	20,4	4,9	12,7	9,0	6,9	8,0
Ница	5,5	3,5	4,5	29,7	6,7	18,2	10,5	9,3	9,9
Юбиляр	5,7	3,9	4,8	30,5	6,4	18,5	9,8	7,9	8,9
Необычайный	5,1	3,8	4,5	32,4	11,5	22,0	11,6	7,5	9,6
Фаворит	4,6	4,6	4,6	29,1	7,4	18,3	8,2	8,8	8,5
Волжанин	5,2	3,8	4,5	31,7	7,2	19,5	12,7	9,5	11,1
Икар	5,9	4,1	5,0	28,4	10,1	19,3	11,3	11,3	11,3
Рубин	4,6	4,0	4,3	30,2	10,2	20,2	9,7	6,5	8,1
	F <sub>факт.</sub> 1,49 < F <sub>теор.</sub> 2,65			1,93 < F <sub>теор.</sub> 2,65			F <sub>факт.</sub> 3,38 > F <sub>теор.</sub> 2,65		



Продолжение таблицы 3

Сорт	Масса плодов, кг			Урожайность, кг			СРВ, %		
	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя
Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО									
Ница	7,0	6,0	6,5	16,0	16,0	16,0	10,0	10,0	10,0
Юбиляр	7,2	6,8	7,0	11,4	17,4	14,4	11,4	11,4	11,4
Фаворит	9,0	7,6	8,3	21,0	17,6	19,3	11,0	10,6	10,8
Волжанин	8,4	6,4	7,4	20,4	17,2	18,8	13,5	11,5	12,5
Икар	7,5	5,0	6,3	15,4	16,5	16,0	12,4	11,0	11,7
Рубин	8,1	7,1	7,6	18,4	18,4	18,4	10,8	10,4	10,6
	$F_{\text{факт.}} 2,81 < F_{\text{теор.}} 3,10$			$F_{\text{факт.}} 4,68 > F_{\text{теор.}} 3,10$			$F_{\text{факт.}} 9,02 > F_{\text{теор.}} 3,10$		

Анализ двухлетних результатов выращивания дыни в двух зонах показал сортовую реакцию на особенности климата и погоды, складывающиеся в период вегетации. В центральной зоне Краснодарского края в 2022 году после стресса, вызванного низкими температурами, у большинства сортов отмечено уменьшение массы плодов на 11,2...12,5 %. Максимальное снижение этого показателя было у сорта Прима (на 30,8 %), в сравнении с 2021 годом. Не зависимо от погодных условий показатели массы были стабильные у сортов кубанской селекции – Таманская и Золотистая. В сложный по метеорологическим условиям год плоды были меньше, но оставались

в пределах сортовых характеристик. В условиях зоны Среднего Заволжья за годы наблюдений стабильные показатели массы имели сорта местной селекции Комета и Идиллия, из сортов Кубанской селекции – Таманская и Славия. Погодные условия 2022 года оказались благоприятные для сорта Гармония, у которого в среднем масса плодов увеличилась на 8,3 %. У большинства сортов на фоне дефицита влаги и высоких температур снижалась масса плодов на 13,7...25,0 %. Варьирование показателей массы плодов дыни в условиях зоны Среднего Заволжья оставалось в пределах сортовых характеристик (табл. 4).

Таблица 4. Биометрические показатели и урожайность плодов дыни по зонам выращивания

Сорт	Масса плодов, кг			Урожайность, кг			СРВ, %		
	2021 г.	2022 г.	ср.	2021 г.	2022 г.	ср.	2021 г.	2022 г.	ср.
Краснодарский край, центральная зона, ФГБНУ «ФНЦ риса»									
Комета	2,4	2,1	2,3	11,8	2,0	6,9	13,2	10,0	11,6
Гармония	2,5	2,0	2,3	15,9	2,9	9,4	8,3	8,9	8,6
Идиллия	2,7	2,4	2,6	16,8	3,4	9,9	14,3	9,1	11,7
Прима	5,2	3,6	4,4	24,6	6,5	15,6	13,0	12,8	12,9
Таманская	1,2	1,3	1,3	8,9	1,4	5,2	8,7	7,4	8,1
Стрельчанка	2,5	2,2	2,4	13,9	2,6	8,3	10,4	8,6	9,5
Золотистая	2,4	2,3	2,4	14,1	3,0	8,9	12,5	10,1	11,3
Славия	2,8	1,9	2,4	19,3	5,3	12,3	14,6	11,4	13,0
	$F_{\text{факт.}} 18,46 > F_{\text{теор.}} 2,65$			$F_{\text{факт.}} 0,78 < F_{\text{теор.}} 2,65$			$F_{\text{факт.}} 5,83 > F_{\text{теор.}} 2,65$		
Среднее Заволжье, Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО									
Комета	2,2	2,1	2,2	11,4	12,5	12,0	13,2	12,8	13,0
Гармония	2,4	2,6	2,5	13,8	13,4	13,6	14,6	14,6	14,6
Идиллия	2,6	2,7	2,7	16,2	15,4	15,8	14,6	14,2	14,4
Прима	4,6	3,8	4,2	17,3	10,8	14,1	12,7	12,4	12,6
Таманская	1,2	1,3	1,3	10,2	11,2	10,7	10,8	11,0	10,9
Стрельчанка	2,2	1,9	2,1	11,4	10,0	10,7	11,4	9,8	10,6
Золотистая	2,4	1,8	2,1	12,8	11,4	12,1	12,8	13,5	13,2
Славия	2,8	2,9	2,9	16,0	13,9	15,0	14,6	14,2	14,4
	$F_{\text{факт.}} 58,12 > F_{\text{теор.}} 2,65$			$F_{\text{факт.}} 6,56 > F_{\text{теор.}} 2,65$			$F_{\text{факт.}} 63,02 > F_{\text{теор.}} 2,65$		

Одним из факторов, влияющих на урожайность является «количество растений, сохранившихся к уборке». В Центральной зоне Краснодарского края низкие температуры в первой декаде мая

в 2022 году оказали негативное воздействие на всходы дыни. К концу вегетационного периода осталось от 16,0 % до 27,3 % растений дыни. В сравнении с 2021 годом урожайность снизилась

на 72,6...84,3 %. В благоприятный год по погодным условиям на Кубани урожайность составляла от 8,9 т/га до 24,6 т/га. Максимальное количество плодов было собрано на сортах дыни поздней группы спелости Идилия, Прима и Славия.

В степной зоне Среднего Заволжья погодные условия за два года были засушливые (ГТКО,84...0,88). В 2022 году в первой половине лета осадков выпало на 31,7 мм больше, что способствовало увеличению урожайности у сортов ранней группы спелости Комета и Таманская на 9,6...9,8 %. Высокие температуры и воздушная засуха второй половины лета повлияли на урожайность сортов поздней группы спелости. В сравнении с 2021 годом урожай дыни снизился на 5,0...37,6 %. Максимальный недобор плодов отмечен на сорте Прима. Стабильную урожайность по годам показал сорт Волгоградской селекции Гармония.

Количество сухих растворимых веществ в мякоти плодов контролируется не только генотипом сортов, но и зависит от складывающихся погодных условий. В Центральной зоне Краснодарского края после низкотемпературного стресса весной 2022 года у ослабленных растений сахаристость была значительно ниже. Разница по годам составляла от 15,0 до 36,4 %. На фоне остальных сортов выделилась дыня сорта Гармония, у которой, несмотря на значительные повреждения, количество СРВ в мякоти плодов увеличилось на 7,2 %. Одинаковую сахаристость по годам имел сорт Волгоградской селекции Прима.

В степной зоне Волгоградской области у большинства сортов дыни показатели СРВ в мякоти

плодов не отличались по годам. Снижение сахаристости отмечено у сортов Комета и Стрельчанка – 3,1...14,1 %. У сорта Кубанской селекции наблюдалась положительная динамика в накоплении сахаров (+5,4 %).

#### Выводы

Двухлетнее агроэкологическое испытание бахчевых культур позволило дать оценку и выделить сорта, которые можно адресно рекомендовать сельхозпроизводителям для конкретной зоны выращивания:

- выращивание сортов арбуза кубанской селекции Ница и Юбиляр в зоне недостаточного увлажнения Среднего Заволжья гарантированно обеспечат получение высокого урожая и содержанием сухих растворимых веществ в мякоти плодов более 10 %;

- для посева в Центральной зоне Краснодарского края использование сортов арбуза волгоградской селекции, максимальный урожай обеспечат позднеспелые Икар и Рубин. Высокую оценку по качеству с содержанием сахаров более 12 % получил сорт Волжанин, но при экстремальных погодных условиях он может уступить по урожайности сортам Кубанской селекции;

- в двух зонах использование раннеспелого сорта дыни Таманская позволит получить ранний урожай плодов высокого качества. Стабильные показатели содержания СРВ в мякоти плодов показывает сорт волгоградской селекции – Прима. Для зоны Среднего Заволжья из сортов кубанской селекции можно рекомендовать к посеву позднеспелый сорт Славия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гиш, Р.А. Овощеводство юга России: учебник / Р.А. Гиш, Г.С. Гикало. – Краснодар: ЭДВИ, 2012. – 632 с.
2. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. – М., 2011. – 649 с.
3. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика) / А. А. Жученко. – М.: Агрорус, 2004. – Т. I. – 690 с.
4. Цыбулевский, Н.И. Бахчевые культуры. Рекомендации. – Краснодар. – 2009. – 35 с.
5. Рекомендации по выращиванию бахчевых культур в хозяйствах Волгоградской области. – Волгоград. – 2007. – 40 с.
6. Верховодов, П.А. Пособие бахчеводству. – Ростов-на-Дону, 2009. – 100 с.
7. Лудилов, В.А. Аprobация бахчевых культур: справочное пособие / В.А. Лудилов, Ю.А. Быковский. – М., 2007. – 181 с.
8. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы северного Кавказа): учеб. для вузов / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 728 с.: ил.
9. Подколзин, О.А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О.А. Подколзин, И.В. Соколова, А.В. Осипов, В.Н. Слюсарев // Труды государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117-124.
10. Shaogui, Guo The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions / Guo Shaogui, Jianguo Zhanget // Nature Genetics. – 2013. – Volume 45. – P. 51–58. <https://doi.org/10.1038/ng.2470>

#### REFERENCES

1. Gish, R.A. Vegetable growing in the South of Russia: textbook / R.A. Gish, G.S. Gikalo. – Krasnodar: EDVI, 2012. – 632 p.
2. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. – M., 2011. – 649 p.
3. Zhuchenko, A. A. Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agricultural sphere (theory and practice) / A. A. Zhuchenko. – M.: Agrorus, 2004. – T. I. – 690 p.
4. Tsybulevsky, N.I. Melon crops. Recommendations. – Krasnodar., 2009. – 35 p.
5. Recommendations for the cultivation of melons in the farms of the Volgograd region. – Volgograd., 2007. – 40 p.
6. Verkhovodov, P.A. Handbook of melon growing. – Rostov-on-Don, 2009. – 100 p.
7. Ludilov, V.A. Approbation of melon crops: a reference guide / V.A. Ludilov, Yu.A. Bykovsky. – M., 2007. – 181 p.
8. Valkov, V.F. Soil science (soils of the North Caucasus): studies. for universities / V.F. Valkov, Yu.A. Shtompel, V.I.

Tulpanov. – Krasnodar: Sov. Kuban, 2002. – 728 p.: ill.

9. Podkolzin O.A. Monitoring of soil fertility of the Krasnodar Territory lands/ O.A. Podkolzin, I.V. Sokolova, A.V. Osipov, V.N. Slyusarev // Proceedings of the State Agrarian University. – 2017. - № 68. – P. 117-124.

10. Shaogui, Guo The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions / Guo Shaogui, Jianguo Zhanget // Nature Genetics. -2013. - Volume 45. – P. 51–58. <https://doi.org/10.1038/ng.2470>

**Станислав Алексеевич Владимиров**

Заведующий кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов  
E-mail: st.vlad.52@yandex.ru

**Stanislav Alexeevich Vladimirov**

Head of the Department of construction and operation of water facilities  
E-mail: st.vlad.52@yandex.ru

**Виктор Эдуардович Лазко**

Ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией бахчевых и луковых культур  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

**Viktor Eduardovich Lazko**

Leading Researcher, Head of the Laboratory of melons and onion crops  
E-mail:arri\_kub@mail.ru

**Елена Александровна Варивода**

Старший научный сотрудник, Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО  
E-mail:elena-varivoda@mail.ru

**Elena Aleksandrovna Varivoda**

Senior Researcher, Bykovskaya BSOS – Branch of FSBI FNCO  
E-mail:elena-varivoda@mail.ru

**Ольга Владимировна Якимова**

Научный сотрудник  
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

**Olga Vladimirovna Yakimova**

Researcher  
E-mail: belyaeva12092013@yandex.ru

**Екатерина Викторовна Ковалева**

Младший научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ риса»  
E-mail:evik22041976@mail.ru

**Ekaterina Viktorovna Kovaleva**

Junior Researcher, FSBI “FNC rice”  
E-mail:evik22041976@mail

**Екатерина Сергеевна Масленникова**

Научный сотрудник, Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО  
E-mail:katerina.maslennikova.88@mail.ru

**Ekaterina Sergeevna Maslennikova**

Researcher, Bykovskaya BSOS – branch of the FSBI FNCO  
E-mail:katerina.maslennikova.88@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

All: FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО

404067 Волгоградская область, Быковский район, поселок Зеленый, улица Сиреневая 11.  
E-mail:BBSOS34@yandex.ru

Bykovskaya BSOS – Branch of FSBI FNCO

Bykovskaya BSOS is a branch of FGBNU FNCO  
11, Lilac Street, Zeleny settlement, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-79-83  
УДК: 635.649:631.526.3

Лыско И.А., канд. биол. наук,  
Радько Д.П.,  
г. Краснодар, Россия

### ЧЕРНАЯ БАКТЕРИАЛЬНАЯ ПЯТНИСТОСТЬ ПЕРЦА (ОБЗОР)

Перец сладкий является одной из ценнейших и экономически значимых овощных культур. В Российской Федерации в 2020 году под перцем сладким было занято 44,1 га, при средней урожайности 12,4 т/га, а валовой сбор составил 549,0 т. Одной из наиболее вредоносных болезней перца в России является черная бактериальная пятнистость. Возбудитель – бактерия *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* поражает перец и вызывает значительные потери урожая. Болезнь распространена повсеместно и зарегистрирована более чем в 70 странах. В России болезнь отмечена на Северном Кавказе, в Краснодарском и Алтайском краях, Воронежской, Читинской, Волгоградской и других областях. Количество больных растений составляет от 40 до 70 %. Потери урожая часто превышают 30 %. Главным источником инфекции являются зараженные семена и остатки больных растений. В 2022 году на базе ФГБНУ «ФНЦ риса» создана лаборатория иммунитета и защиты растений, деятельность которой предусматривает оценку селекционного материала растения-хозяина на искусственном и естественном инфекционных фонах на устойчивость к опасным болезням риса и овощных культур, в том числе черной бактериальной пятнистости перца сладкого, с целью выделения эффективных источников устойчивости к основным болезням риса и овощных культур для включения их в селекционный процесс. Целью исследования явилось изучение вредоносности и распространенности бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, вызывающей заболевание перца сладкого. В работе использованы описательный, сравнительный и статистический методы исследований.

**Ключевые слова:** перец, бактериальные болезни, черная бактериальная пятнистость, фитопатоген.

### BLACK BACTERIAL PEPPER SPOTTING (REVIEW)

Sweet pepper is one of the most valuable and economically significant vegetable crops. In the Russian Federation in 2020, 44.1 hectares were occupied under sweet pepper, with an average yield of 12.4 t/ha, and the gross harvest was 549.0 tons. One of the most harmful diseases of pepper in Russia is black bacterial spotting. The causative agent – the bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* affects pepper and causes significant crop losses. The disease is widespread everywhere and has been registered in more than 70 countries. In Russia, the disease has been noted in the North Caucasus, Krasnodar and Altai Territories, Voronezh, Chita, Volgograd and other regions. The number of diseased plants ranges from 40 to 70 %. Crop losses often exceed 30%. The main source of infection is infected seeds and the remains of diseased plants. In 2022, a laboratory of immunity and plant protection was established on the basis of the FSBI “Rice Research Center”, whose activities provide for the assessment of the breeding material of the host plant on artificial and natural infectious backgrounds for resistance to dangerous diseases of rice and vegetable crops, including black bacterial spotting of sweet pepper, in order to identify effective sources of resistance to major diseases rice and vegetable crops for their inclusion in the breeding process. The aim of the study was to study the harmfulness and prevalence of the bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causing the disease of sweet pepper. Descriptive, comparative and statistical research methods are used in the work.

**Key words:** pepper, bacterial diseases, bacterial black spot, causative agent, phytopathogen, bacterium.

#### Введение

Перец (*Capsicum annuum* L.) является экономически значимой овощной культурой во многих странах мира, в том числе в России, относится к семейству пасленовые – *Solanaceae* Pers, роду – *Capsicum*, происходит из Центральной и Южной Америки, где является многолетним растением, но в климате Европы и Азии это однолетник.

По данным ФАО, посевные площади под перцем (сладкие и острые формы) в мире в 2020 году составили 1,933 млн. га, при средней урожайности – 16,105 т/га, а мировое товарное производство продукции составило 31,131 млн. т. Наиболее крупными производителями перца в мире являются Китай – 15,823 млн. т., Мексика – 2,294, Турция – 2,159 и Индонезия – 1,726 млн. т. Самая высокая урожайность

отмечена в Нидерландах – 270,83 т/га, Великобритании – 255,43; Бельгии – 227,0; Финляндии – 122,6; Германии – 117,26 т/га [10]. Широкое распространение перца и большой удельный вес в структуре валового сбора овощей во многих странах мира объясняется способностью расти и плодоносить в различных климатических зонах. В России перец выращивают в Северо-Кавказском, Южном федеральных округах и Поволжье. Его площадь за последние 4-5 лет составляет около 15-20 тыс. га [2, 7, 11].

Согласно статистическим данным Минсельхоза России в 2020 году под перцем сладким было занято 44,1 га, при средней урожайности 12,4 т/га, а валовой сбор составил 549,0 т.

Перец является одной из важнейших овощных культур. Его плоды богаты биологически активными



веществами, отличаются высокими вкусовыми качествами, обладают лечебными и целебными свойствами. Полезные свойства перца обуславливаются высоким содержанием витамина С, витаминов группы В, витамины А, Р и Е, а также макро- и микроэлементы, способствующих повышению иммунитета и укреплению защитных функций организма [1, 5, 10].

#### Цель исследований

Изучить вредоносность и распространенность бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, вызывающей заболевание перца сладкого.

#### Материалы и методы

В работе использованы описательный, сравнительный и статистический методы исследований. В результате проведенного анализа систематизирован материал о вредоносной бактериальной болезни пасленовых культур – черная бактериальная пятнистость перца.

#### Результаты и обсуждение

Значительный экономический ущерб перцу наносят бактериозы, в том числе черная бактериальная пятнистость, вызываемая различными видами рода *Xanthomonas*; бактериальный рак (возбудитель *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*); мягкая бактериальная гниль плодов, стеблей и корней (возбудитель *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum*). При массовом поражении растений бактериозами потери урожая часто превышают 30 % [3, 4].

Черная бактериальная пятнистость – самая распространенная и опасная бактериальная болезнь перца в открытом и закрытом грунте. Возбудителем заболевания является бактерия *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* [6]. Болезнь распространена на всех континентах. В Российской Федерации болезнь отмечена на Северном Кавказе, в Краснодарском и Алтайском краях, Воронежской, Читинской, Волгоградской и других областях [8].

Бактерия имеет как специализированные штаммы, вредящие отдельно томату и отдельно перцу, так и смешанные, которые поражают оба растения-хозяина [11].

Представители рода *Xanthomonas* имеют высокое фитосанитарное значение, легко распространяются в окружающей среде и быстро заражают новые растения, вызывая при этом снижение каче-

ства плодов и гибель растений.

Возбудитель черной бактериальной пятнистости *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* был впервые описан в 1920 г. и в настоящее время зарегистрирован более чем в 70 странах [15, 23]. Плоды перца при заражении этим фитопатогеном часто становятся не пригодными для употребления в пищу, а пораженность растений в открытом грунте может составлять от 40 до 70 %. Патоген распространяется зараженными семенами, насекомыми, поливной водой, растительными остатками, орудиями труда, ветром, дождем и не выживает в почве дольше, чем сохраняются перегнивающие части пораженного растения. Бактерии проникают в растение через устьица и размножаются в межклетниках паренхимы листьев. В плоды, на ранних стадиях формирования – через поврежденные волоски, при дальнейшем созревании – через места повреждений. В сухих растительных остатках инфекция сохраняется до двух лет, в семенах более 10 лет. Установлено также, что на сеянцах перца, выращенных из зараженных семян, возбудитель может размножиться, не вызывая явных симптомов болезни. Такие сеянцы, несущие большое количество патогенных бактерий, могут влиять на распространение бактерии [4, 10].

Классификация видов рода *Xanthomonas*, вызывающих бактериальную пятнистость листьев, в настоящее время находится в процессе изменения. В 2004 году *Xanthomonas vesicatoria* разделен на четыре самостоятельных вида: *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans*, *X. gardneri*, которые отличаются друг от друга по биохимическим и молекулярно-генетическим признакам [13, 16, 17, 22, 24, 25].

Бактерия представляет собой грамтрицательную палочку с одним полярным жгутиком, размером 0,6–0,7×1,0–1,5 мкм, встречается одиночно, парами или цепочками; спор не образует; аэроб. Благоприятными условиями развития для бактерии являются температура 25–30°C и высокая влажность воздуха. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* достаточно устойчива к низкой температуре, но не выносит резких колебаний, погибает при температуре выше 56 °C, очень чувствительна к свету, но устойчива к высушиванию (рис. 1) [3, 18, 21].

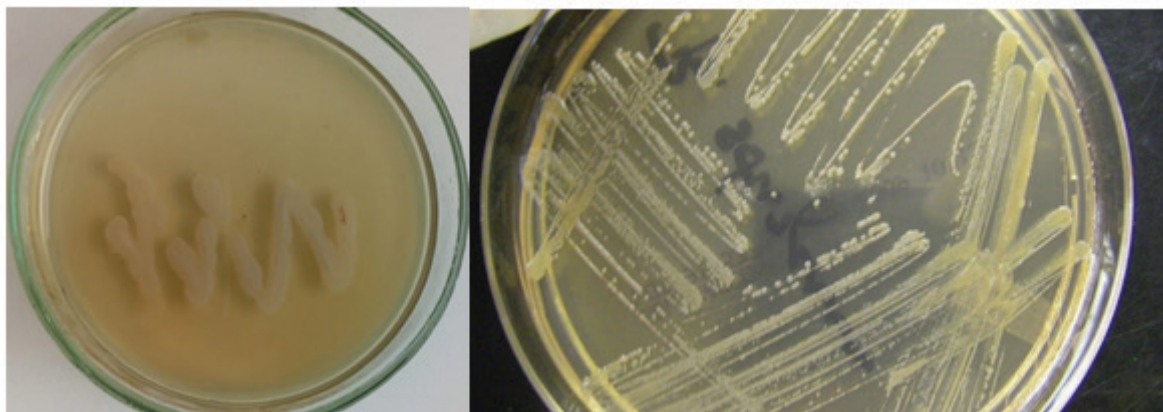


Рисунок 1. Штамм бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*

Патоген проникает в растения через устьица, размножается в межклетниках паренхимы листьев, в молодые плоды (диаметром до 2,5 см) они попадают через поврежденные волоски, а на более поздних стадиях через ранки [19, 26]. Оптимальными условиями для развития бактерий является высокая влажность воздуха и температура 25-30°C. Инкубационный период развития заболевания составляет 3-6 дней в зависимости от температуры воздуха [9, 14].

Черная бактериальная пятнистость перца проявляется в виде мелких водянистых точечных пятен на листьях, черешках, стеблях и плодах. Особенно сильно болезнь поражает молодые ткани. Постепенно пятна увеличиваются и становятся темными с желтой окантовкой по краям, а также приобретают округлую или неправильно-угловатую форму. Листья постепенно отсыхают и опадают. Пораженные растения плохо развиваются и имеют угнетенный вид; сильное поражение цветоножек может вызвать массовое опадение цветков. Повреждения на плодах имеют вид парши. Плоды становятся бугристыми и шероховатыми, пятна на их коже приобретают прозрачность и со временем превращаются в язвы. Обычно возбудитель бактериоза проникает в молодой плод через повреждения сосущим насекомыми (рис. 2) [3, 4].



**Рисунок 2. Черная бактериальная пятнистость перца сладкого**

Система защиты от бактериальных заболеваний состоит из комплекса агротехнических и организационно-хозяйственных приемов:

- оптимальная агротехника
- соблюдение севооборота
- выращивание устойчивых сортов
- тщательное уничтожение растительных остатков
- очистку семенного фонда от щуплых, поврежденных и больных семян
- протравливание семенного материала перед посевом и опрыскивание растений в период вегетации [2, 11].

На базе ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» в 2022 году создана лаборатория иммунитета и защиты растений, деятельность которой предусматривает оценку генетического разнообразия растения-хозяина на провокационных инфекционных фонах для усиления селекции на устойчивость к болезням риса и овощных культур, в том числе черной бактериальной пятнистости перца, с целью поиска новых источников к наиболее вредоносным видам патогенов и создания специализированных сортов и гибридов  $F_1$  с высоким генетическим потенциалом, комплексом хозяйственно ценных признаков, устойчивых к стрессовым факторам среды.

#### **Выводы**

В результате проведенного анализа систематизирован материал о вредоносной бактериальной болезни пасленовых культур – черной бактериальной пятнистости перца.

Для организации мер борьбы и профилактики бактериальных болезней пасленовых культур требуются комплексные подходы к защите, поскольку разовые мероприятия, используемые отдельно, являются недостаточными для адекватного снижения вызванных бактерией потерь урожая пасленовых культур. Наиболее эффективным методом борьбы с бактериальной болезнью на перце является создание генетически устойчивых гибридов, количество которых очень ограничено в современном ассортименте на российском рынке семян. Таким образом, учитывая выраженное негативное воздействие возбудителя на растение-хозяин, необходимо продолжать поиск эффективных источников устойчивости для дальнейшей оценки потомства на стабильное проявление резистентности и возможности использования их в селекционном процессе.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Антипова, Н. Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого / Н.Ю. Антипова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 8-1(59). – С. 81-84.
2. Гиш, Р.А. Культура перца: монография/ Р.А. Гиш. – Краснодар. КубГАУ, 2017. – 400 с.
3. Горшков, В. Ю. Бактериозы растений: молекулярные основы формирования растительно-микробных патосистем/ В.Ю. Горшков. – Казань: Издательство Сергея Бузукина, 2017. – 304 с.
4. Демидов, Е.С. Селекция перца сладкого на устойчивость к болезням в условиях Приднестровья / Е.С. Демидов, О.П. Бронич, А.А. Кушнарв, О.Н. Шлемка, И.В. Кропивянская // Овощи России. - 2018. – №1(39). – С. 43-46.
5. Зубрицкая, К.В. Накопление пигментов растениями перца сладкого при использовании различных предпосев-

ных обработок семян / К.В. Зубрицкая, А.А. Буиклы // Сборник материалов Республиканской студенческой научно-практической конференции «Культурная и дикорастущая флора Белорусского полесья», Брест, 2020. – С. 23-26.

6. Станчева, Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Том 1. Болезни овощных культур / Й. Станчева. – Текст: непосредственный // переведен с болгарского Г. Даниловой, София. – Москва, 2005. – 181 с.

7. Котов, В.П. Овощеводство: учебное пособие для вузов/ В.П. Котов, Н.А. Адрицкая, Н.М. Пуць [и др.]. – 7-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 496 с.

8. Кузнецова, Т.А. Оценка гибридов F1 перца сладкого на устойчивость к основным заболеваниям в условиях Краснодарского края / Т.А. Кузнецова, М.А. Берг // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 1. – Курск, 2020. – С. 316-320.

9. Наумова, Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию/ Н.А. Наумова. – Москва, 1970. – 208 с.

10. Невестенко, Н.А. Плоды перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) как источник биологически ценных веществ для сбалансированного питания/ Н. А. Невестенко, И.Г. Пугачева, М.М. Добродькин, А.В. Кильчевский // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: А.И. Горбылевой, Ю.П. Сиротина и В.И. Тюльпанова, Горки, 18-20 декабря 2018 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 152-154.

11. Ториков, В. Е. Овощеводство: учебное пособие для вузов/ В.Е. Ториков, С.М. Сычев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 124 с.

12. ФАОСТАТ. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org>.

13. Awad-Allah, E.F.A. Suppression of Bacterial Leaf Spot by Green Synthesized Silica Nanoparticles and Antagonistic Yeast Improves Growth, Productivity and Quality of Sweet Pepper/ E.F.A. Awad-Allah, A.H.M. Shams, A.A. Helaly // Plants. – 2021. – №10. – P. 1689. <https://doi.org/10.3390/plants10081689>.

14. Dye, D.W. Ataxonomic study of the genus *Erwinia* II. the carotova group/ D.W. Dye // Plant Pathology. – 1992. – №4. – P. 18.

15. Jones, J. Diversity among Xanthomonads pathogenic on pepper and tomato/ J. Jones, R. Stall, H. Bouzar // Annual Review of Phytopathology. – 1998. – №36. – P. 41–58.

16. Jones, J.B. Systematic analysis of Xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions/ J.B. Jones, R.E. Stall // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2000. – №50. – P. 1211–1219. <https://doi.org/10.1099/00207713-50-3-1211>.

17. Jones, J.B. Reclassification of the Xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper/ J.B. Jones, G.H. Lacy, H. Bouzar, R.E. Stall, N.W. Schaad // Systematic and Applied Microbiology. – 2004. – №27. – P. 755–762. <https://doi.org/10.1078/0723202042369884>.

18. Mohammed A. AL-Saleh. Pathogenic variability among five bacterial isolates of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causing spot disease on tomato and their response to salicylic acid/ A. AL-Saleh. Mohammed // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2010. - №1. – P. 47-51. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.08.001>.

19. Potnis, N. Xanthomonas perforans colonization influences Salmonella enterica in the tomato phyllosphere/ N. Potnis, J.P. Soto-Arias, K. Cowles, A. van Bruggan, J.B. Jones, J.D. Barak // Applied and Environmental Microbiology. – 2014. – №80. – P. 3173–3180. <https://doi.org/10.1128/AEM.00345-14>.

20. Potnis, N. Bacterial spot of tomato and pepper: diverse Xanthomonas species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge/ N. Potnis, T., A. Strayer, D. Shantheraj, Jeri D. Barak, L. Paret Mathews, E. Vallad Gary, J.B. Jones // Molecular Plant Pathology. – 2015. – №16(9). – P. 907-920. <https://doi.org/10.1111/mpp.12244>.

21. Sharma, V.K. Recent Trends in Sweet Pepper Breeding/ V. K. Sharma, A. Srivastava, M. Mangal // Accelerated Plant Breeding. – 2020. – Volume 2. – P. 417-444. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6_16).

22. Stall, R.E. Two genetically diverse groups of strains are included in *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* / R.E. Stall, C. Beaulieu, D. Egel, N.C. Hodge, R.P. Leite, G.V. Minsavage et al. // International Journal of Systematic Bacteriology. – 1994. - Volume 44, – P. 47–53. <https://doi.org/10.1099/00207713-44-1-47>.

23. Stevens, F.L. Plant disease Fungi In: Plant disease fungi/ F.L. Steven // New York, The Macmillan company. – 1925. – P. 1871–1934.

24. Utami, D. A Pan-Global Study of Bacterial Leaf Spot of Chilli Caused by *Xanthomonas* spp./ D. Utami, S.J. Meale, A.J. Young // Plants. – 2022. – №11 (17). - P. 2291. <https://doi.org/10.3390/plants11172291>.

25. Vauterin, L. Reclassification of *Xanthomonas*/ L. Vauterin, B. Hoste, K. Kersters, J. Swings // International Journal of Systematic Bacteriology. – 1995. – №45. - P. 472–489. <https://doi.org/10.1099/00207713-45-3-472>.

26. Zhang, Y. Visualisation of hrp gene expression in *Xanthomonas euvesicatoria* in the tomato phyllosphere/ Y. Zhang, E. Callaway, J.B. Jones, M. Wilson // European Journal of Plant Pathology. – 2009. – №124, P. 379–390. <https://doi.org/10.1007/s10658-008-9423>.

## REFERENCES

1. Antipova, N. Y. Dietary and medicinal properties of sweet pepper / N.Y. Antipova // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2021. – № 8-1(59). – P. 81-84.

2. Gish, R.A. Pepper culture: monograph/ R.A. Gish. – Krasnodar. KubGAU, 2017. – 400 p.

3. Gorshkov, V. Yu. Plant bacterioses: molecular foundations of the formation of plant-microbial pathosystems/ V.Yu. Gorshkov. – Kazan: Sergey Buzukin Publishing House, 2017. – 304 p.

4. Demidov, E.S. Selection of sweet pepper for disease resistance in the conditions of Transnistria / E.S. Demidov, O.P. Bronich, A.A. Kushnarev, O.N. Shlemka, I.V. Kropivnyanskaya // Vegetables of Russia. - 2018. – №1(39). – P. 43-46.

5. Zubritskaya, K.V. Accumulation of pigments by sweet pepper plants using various pre-sowing seed treatments / K.V. Zubritskaya, A.A. Buikly // Collection of materials of the Republican student scientific and practical conference “Cultural and wild flora of the Belarusian Polesie”, Brest, 2020. – p. 23-26.

6. Stancheva, Y. Atlas of diseases of agricultural crops. Volume 1. Diseases of vegetable crops / J. Stancheva. - Text: direct // translated from Bulgarian by G. Danilova, Sofia. – Moscow, 2005. – 181 p.



7. Kotov, V.P. Vegetable growing: a textbook for universities/ V.P. Kotov, N.A. Adritskaya, N.M. Puc [et al.]. – 7th ed., ispr. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 496 p.
8. Kuznetsova, T.A. Evaluation of sweet pepper F1 hybrids for resistance to major diseases in the conditions of the Krasnodar krai / T.A. Kuznetsova, M.A. Berg// Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. Volume 1. – Kursk, 2020. – p. 316-320.
9. Naumova, N.A. Seed analysis for fungal and bacterial infection/ N.A. Naumova. – Moscow, 1970. – 208 p.
10. Bridenko, N.A. Fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) as a source of biologically valuable substances for a balanced diet/ N. A. Bridenko, I.G. Pugacheva, M.M. Dobrodin, A.V. Kilchevsky// Methods of increasing soil fertility and fertilizer efficiency: Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of scientists: A.I. Gorbyleva, Yu.P. Sirotina and V.I. Tyulpanov, Gorki, December 18-20, 2018. – Gorki: Belarusian State Agricultural Academy, 2019. – p. 152-154.
11. Torikov, V. E. Vegetable growing: a textbook for universities/ V.E. Torikov, S.M. Sychev. – 4th ed., ster. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 124 p.
12. FAO STAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org>.
13. Awad-Allah, E.F.A. Suppression of Bacterial Leaf Spot by Green Synthesized Silica Nanoparticles and Antagonistic Yeast Improves Growth, Productivity and Quality of Sweet Pepper/ E.F.A. Awad-Allah, A.H.M. Shams, A.A. Helaly // Plants. – 2021. – №10. – P. 1689. <https://doi.org/10.3390/plants10081689>.
14. Dye, D.W. Ataxonomic study of the genus *Erwinia* II. the carotova group/ D.W. Dye// Plant Pathology. – 1992. – №4. – P. 18.
15. Jones, J. Diversity among *Xanthomonas* pathogenic on pepper and tomato/ J. Jones, R. Stall, H. Bouzar// Annual Review of Phytopathology. – 1998. – №36. – P. 41–58.
16. Jones, J.B. Systematic analysis of *Xanthomonas* spp. associated with pepper and tomato lesions/ J.B. Jones, R.E. Stall// International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2000. – №50. – P. 1211–1219. <https://doi.org/10.1099/00207713-50-3-1211>.
17. Jones, J.B. Reclassification of the *Xanthomonas* associated with bacterial spot disease of tomato and pepper/ J.B. Jones, G.H. Lacy, H. Bouzar, R.E. Stall, N.W. Schaad// Systematic and Applied Microbiology. – 2004. – №27. – P. 755–762. <https://doi.org/10.1078/0723202042369884>.
18. Mohammed A. AL-Saleh. Pathogenic variability among five bacterial isolates of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causing spot disease on tomato and their response to salicylic acid/ A. AL-Saleh. Mohammed// Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2010. – №1. – P. 47-51. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.08.001>.
19. Potnis, N. *Xanthomonas perforans* colonization influences *Salmonella enterica* in the tomato phyllosphere/ N. Potnis, J.P. Soto-Arias, K. Cowles, A. van Bruggan, J.B. Jones, J.D. Barak// Applied and Environmental Microbiology. – 2014. – №80. – P. 3173–3180. <https://doi.org/10.1128/AEM.00345-14>.
20. Potnis, N. Bacterial spot of tomato and pepper: diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge/ N. Potnis, T., A. Strayer, D. Shantharaj, Jeri D. Barak, L. Paret Mathews, E. Vallad Gary, J.B. Jones// Molecular Plant Pathology. – 2015. – №16(9). – P. 907-920. <https://doi.org/10.1111/mpp.12244>.
21. Sharma, V.K. Recent Trends in Sweet Pepper Breeding/ V. K. Sharma, A. Srivastava, M. Mangal// Accelerated Plant Breeding. – 2020. – Volume 2. – P. 417-444. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6_16).
22. Stall, R.E. Two genetically diverse groups of strains are included in *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* / R.E. Stall, C. Beaulieu, D. Egel, N.C. Hodge, R.P. Leite, G.V. Minsavage et al.// International Journal of Systematic Bacteriology. – 1994. – Volume 44. – P. 47–53. <https://doi.org/10.1099/00207713-44-1-47>.
23. Stevens, F.L. Plant disease Fungi In: Plant disease fungi/ F.L. Steven// New York, The Macmillan company. – 1925. – P. 1871–1934.
24. Utami, D. A Pan-Global Study of Bacterial Leaf Spot of Chilli Caused by *Xanthomonas* spp./ D. Utami, S.J. Meale, A.J. Young// Plants. – 2022. – №11 (17). – P. 2291. <https://doi.org/10.3390/plants11172291>.
25. Vauterin, L. Reclassification of *Xanthomonas*/ L. Vauterin, B. Hoste, K. Kersters, J. Swings// International Journal of Systematic Bacteriology. – 1995. – №45. – P. 472–489. <https://doi.org/10.1099/00207713-45-3-472>.
26. Zhang, Y. Visualisation of *hrp* gene expression in *Xanthomonas euvesicatoria* in the tomato phyllosphere/ Y. Zhang, E. Callaway, J.B. Jones, M. Wilson// European Journal of Plant Pathology. – 2009. – №124, P. 379–390. <https://doi.org/10.1007/s10658-008-9423>.

**Ирина Анатольевна Лыско**

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
иммунитета и защиты растений  
E-mail: [ilysko@mail.ru](mailto:ilysko@mail.ru)

**Irina Anatolyevna Lysko**

Leading researcher of the laboratory of immunity and  
plant protection  
E-mail: [ilysko@mail.ru](mailto:ilysko@mail.ru)

**Диана Павловна Радько**

Младший научный сотрудник лаборатории  
иммунитета и защиты растений  
E-mail: [rdp\\_vniir@mail.ru](mailto:rdp_vniir@mail.ru)

**Diana Pavlovna Radko**

Junior researcher of the laboratory of immunity and  
plant protection  
E-mail: [rdp\\_vniir@mail.ru](mailto:rdp_vniir@mail.ru)

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

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



## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ АВТОРСКИХ ОРИГИНАЛОВ

К публикации принимаются ранее не опубликованные статьи на русском и английском языках. Рукописи представляются на твердом и электронном носителях или по e-mail на адрес [arri\\_kub@mail.ru](mailto: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;
- фамилия и инициалы, ученая степень автора/авторов и указание города и страны;
- название статьи, аннотация и ключевые слова на русском и английском языках;
- текст статьи;
- литература;
- информация об авторе/авторах с указанием их фамилии, имени и отчества (полностью), должности и контактных данных (информация о месте работы, почтовый адрес, e-mail, контактный телефон) на русском и английском языках.

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

В случае необходимости перевод редактируется или осуществляется редакцией журнала.

### Форматирование текста

Пожалуйста, избегайте собственного форматирования. Окончательное форматирование осуществляется редакцией.

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

### Оформление ссылок и списка литературы

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

- Книги Сметанин, А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Аprod. – Краснодар, 1972. – 156 с.  
Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. / А. А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с; Т. 2. – 785 с.  
Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 208 с.  
Система рисоводства Краснодарского края / под ред. Е. М. Харитоновна. – Краснодар, 2011. – 316 с.
- Авторефераты Ляховкин, А. Г. Мировой генофонд риса (*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    Тираж изготовлен в типографии  
20.06.2023    ИП Копыльцов П.И.,  
Формат 60\*84/8    394052, г. Воронеж,  
Бумага офсетная    ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.  
Усл. печатн. листов 11,5  
Заказ № 1695. Тираж 500 экз.