

# РИСОВОДСТВО

## НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

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

Издается с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

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

Главный редактор

**С. В. ГАРКУША** (ФНЦ риса),  
д-р с.-х. наук, профессор  
Заместитель главного редактора

**В. С. КОВАЛЕВ** (ФНЦ риса),  
д-р с.-х. наук, профессор  
Научный редактор

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

Редакционная коллегия

**И. Б. АБЛОВА** (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко), д-р с.-х. наук

**Т. Ф. БОЧКО** (КубГУ), канд. биол. наук

**ДЖАО НЬЯНИ** (Китай, Ляонинская Академия с.-х. наук), Ph.D

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

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

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

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

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

**П. И. КОСТЫЛЕВ** (ФНЦ риса), д-р с.-х. наук, профессор

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

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

**А. Н. ПОДОЛЬСКИХ** (Казахский НИИ рисоводства  
им. И. Жахаева), д-р с.-х. наук

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

**А. И. СУПРУНОВ** (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко), д-р с.-х. наук

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

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

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

**Венцзин ЧЖЭН** (Ляонинский научно-исследовательский  
институт риса, Китай), проф.

**Массимо БИЛОНИ** (Итальянская экспериментальная рисо-  
вая станция), д-р с.-х. наук

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

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

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

Адрес редакции:

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3

arri\_kub@mail.ru, «В редакцию журнала»

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

Свидетельство о регистрации СМИ

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

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

# RICE GROWING

## SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION MAGAZINE

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

Published since 2002

Periodicity 4 issues a year

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

Editor-in-Chief

**S. V. GARKUSHA** (FSC of rice),

Dr. of agricultural sciences

Deputy Chief Editor

**V. S. KOVALYOV** (FSC of rice),

Doctor of Agricultural Sciences, professor,

Scientific Editor

**N. G. TUMANYAN** (FSC of rice),

Doctor of Biological Sciences, professor

Editorial Board

**I. B. ABLOVA** (Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukianenko), Dr. of agricultural sciences

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

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

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

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

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

**S. V. KIZINEK** (Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant

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

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

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

professor

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

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

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

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

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

**A. I. SUPRUNOV** (Krasnodar Research Institute of Agriculture

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

**E. M. KHARITONOV** (Academician of Russian Academy of

Sciences), professor

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

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

Academy of Sciences, professor

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

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

agriculture

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

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

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

Address:

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

arri\_kub@mail.ru, «Attn. Editors of the Magazine»

Scientific Editor: tel. (861) 229 – 42 – 66

Mass Media Registration Certificate

№ 019255 dd. 29.09.1999, issued by National Press Committee of the Russian Federation.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

- Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Чичарова Е. Е.**  
Вариабельность сортов риса по составу незаменимых аминокислот 6
- Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Максименко Е.П.**  
Сеникация и фотосинтетическая активность растений риса 12
- Зеленский П. Г., Зеленская О. В.**  
Оценка эколого-экономической эффективности ресурсосберегающей и природосберегающей технологий возделывания риса 17
- Зеленский Г. Л., Котляров В. В., Котляров Д. В., Зеленский А.Г.**  
Проблемы и перспективы утилизации рисовой соломы 23
- Перевязка Д.С., Перевязка Н.И., Супрунов А.И.**  
Кластерный анализ нового исходного материала для создания раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы 30
- Перевязка Н.И., Перевязка Д.С., Супрунов А.И.**  
Изучение специфической комбинационной способности новых ультрараннеспелых линий кукурузы 36
- Слюсарев В.Н., Осипов А.В., Тешева С.А., Суминский И.И.**  
Антропогенное воздействие на состав и свойства почв рисовых агроценозов дельты реки Кубани 43
- Дарвеш Н., Онищенко Л. М., Дорошенко Т. Н., Онищенко Ю. А., Чумаков С. С.**  
Почвенное органическое вещество как фактор повышения урожайности яблоневых насаждений на юге России 48

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Погорелов А.В., Лазько В.Э., Шматок В.И., Мельченко А.И.</b> Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения	54
<b>Курилова Д.А.</b> Сравнительная оценка эффективности тирамсодержащих фунгицидов в отношении бактериоза семян сои	62
<b>Малышева Н.Н., Якуба С.Н., Хаджиди А.Е.</b> К вопросу развития мелиорации в степной зоне Краснодарского края	66
<b>Козлова И. В., Пищулин Г. В.</b> Влияние различных схем посева зерновой фасоли сорта южанка на урожайность и ее структуру	74
<b>Савенко Е.Г., Мухина Ж.М., Глазырина В.А., Шундрин Л.А.</b> Морфогенез в культуре пыльников генотипов риса с окрашенным перикарпом	81
<b>Шеуджен А.Х., Перепелин М.А.</b> Азот и круговорот его в природе	86

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ****Харитонов Евгений Михайлович**

<b>Богданов В.Ф.</b> Душевная повесть о своих учителях	93
---	----

<b>Дар ученого. Дзюба Владимир Алексеевич</b>	94
---	----

## TABLE OF CONTENTS

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS

<b>Goncharova J. K., Kharitonov E. M., Chicharova E. E.</b> Variability of rice varieties in the composition of essential amino acids	6
<b>Sheudzen A. K., Bondareva T. N., Maksimenko E. P.</b> Senication and photosynthetic activity of rice plants	12
<b>Zelensky P. G., Zelenskaya O. V.</b> Evaluation of ecological and economic efficiency of resource and nature-saving rice cultivation technologies	17
<b>Zelensky G. L., Zelensky A. G., Kotlyarov V. V. Kotlyarov D. V.</b> Problems and prospects of rice straw disposal	23
<b>Perevyazka D. S., Perevyazka N. I., Suprunov A. I.</b> Cluster analysis of a new initial material for the creation of early and medium corn hybrids	30
<b>Perevyazka N. I., Perevyazka D. S., Suprunov A. I.</b> Study of the specific combining ability of new ultra-early lines of maize	36
<b>Slyusarev V. N., Osipov A. V., Sumisky I. I., Tesheva S. A.</b> Anthropogenic effect on the composition and properties of soils of rice agrocenosis of the modern Kuban delta annotation	43
<b>Darweesh N., Onishchenko L. M., Doroshenko T. N., Onishchenko Y. A., Chumakov S. S.</b> Soil organic matter as a factor of increasing the yield of apple plants in the south of Russia	48

## TABLE OF CONTENTS

<b>Pogorelov A. V., Shmatok V. I., Melchenko A. I., Lazko V. E.</b> Heavy metals in the environment and their impact on agricultural plants	54	
<b>Kurilova D. A.</b> Comparative evaluation of the effectiveness of tiram containing fungicides against bacteriosis of soybean seeds	62	
<b>Malysheva N. N., Yakuba S. N., Khadzhdi A. E.</b> On the development of land reclamation in the steppe zone of the krasnodar territory	66	
<b>Kozlova I. V., Pishchulin G. V.</b> The influence of various schemes of sowing grain beans of the yuzhanka variety on the yield and its structure.	74	
<b>Savenko E. G., Mukhina Z. M., Glazyrina V. A., Shundrina L. A.</b> Morphogenesis in anther culture of rice genotypes with colored pericarp	81	
<b>Sheudzen A. K., Perepelin M. A.</b> Nitrogen and its cycle in nature	86	
<b>OUR ANNIVERSARIES:</b>		
Kharitonov Evgeny Mikhailovich		
<b>Baranov V.F.</b> A heartfelt story about my teachers		93
<b>The gift of a scientist. Dziuba Vladimir Alekseevich</b>	94	

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-6-11  
УДК:577.112.3:633.18

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

### ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОРТОВ РИСА ПО СОСТАВУ НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ

Рис содержит антиоксиданты, минералы, углеводы, липиды, витамины, которые делают его функциональным продуктом питания. В десятки раз большее содержание антиоксидантов отмечено у чернозерных и краснозерных сортов риса по сравнению с белозерными. По содержанию белка цветные и белозерные сорта достоверно не различаются. Белковый состав во многом определяет как питательную ценность и функциональные свойства, так и текстуру, вкусовые характеристики риса. Хотя рис содержит меньше белка, чем многие злаки, его биологическая ценность самая высокая за счет сбалансированного состава аминокислот. Питательная ценность различных сортов риса варьирует в значительной степени, это обусловлено различным аминокислотным составом, который связан органолептическими характеристиками продукта и уникальным характерным вкусом сортов риса в блюдах. Особенно важна доставка с питанием незаменимых аминокислот, не синтезируемых у животных. Целью нашей работы было изучение варибельности состава незаменимых аминокислот отечественных сортов риса. Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ), густота стояния 10 растений на 1 сосуд. Определение аминокислотного состава проводилось на приборе Капель 105 - М. Для анализа отбирался материал от 20 растений каждого образца. Установлено, что максимальное количество в изученных сортах риса у аминокислот пролин 21,9%, валин 11,5%, серин 11,7%, аланин 10,7%, метионин 9,6%, глицин 9,4%, а также широкое межсортовое варьирование по признаку. Источниками по содержанию фенилаланина являются сорта: Мулатка, Азовский, День/ночь, Водопад, Дождик, Жемчужина, Светлана, Злата. Высоким содержанием метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр, Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треонина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет; лейцина: Фаворит, Полевик, Флагман, Есаул, Жемчужина. Незаменимые аминокислоты также повышают адаптивность к стрессовым факторам за счет формирования неспецифической устойчивости.

**Ключевые слова:** рис, засуха, адаптивность, селекция, аминокислоты.

### VARIABILITY OF RICE VARIETIES IN THE COMPOSITION OF ESSENTIAL AMINO ACIDS

Rice contains antioxidants, minerals, carbohydrates, lipids, vitamins that make it a functional food. A dozen times higher content of antioxidants was noted in black-grain and red-grain rice varieties as compared to white-grain ones. Colored and white-grain varieties do not differ significantly in protein content. The protein composition largely determines the nutritional value and functional properties, as well as the texture and taste of rice. Although rice contains less protein than many grains, its biological value is highest due to the balanced composition of amino acids. The nutritional value of different varieties of rice varies greatly, this is due to the different amino acid composition, which is associated with the organoleptic characteristics of the product and the unique characteristic taste of the rice varieties in dishes. Nutritional delivery of essential amino acids that are not synthesized in animals is especially important. The aim of our work was to study the variability of the composition of essential amino acids of domestic rice varieties. Plants were grown in vessels on an optimal background of mineral nutrition ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ), the plant density was 10 plants per vessel. Determination of the amino acid composition was carried out on a Kapel 105-M device. Material from 20 plants of each sample was taken for analysis. It was found that the maximum amount in the studied rice varieties in the amino acids proline 21.9%, valine 11.5%, serine 11.7%, alanine 10.7%, methionine 9.6%, glycine 9.4%, as well as broad intervarietal variation by trait. Sources for the content of phenylalanine are varieties: Mulatka, Azovskiy, Den'/noch', Vodopad, Dozhdik, Zhemchuzhina, Svetlana, Zlata. The following varieties are characterized by a high content of methionine: Leader, Khazar, Kumir, Anahit, Mavr, Olymp, Yuzhny, Courage, Svetlana, Dozhdik; threonine: Berezka, Vodopad, Gamma, Caprice, Svetlana, Sonnet; leucine: Favorite, Polevik, Flagman, Esaul, Zhemchuzhina. Essential amino acids also increase adaptability to stressors through the formation of nonspecific resistance.

**Keywords:** rice, drought, adaptability, selection, amino acids.

### Введение

Рис содержит антиоксиданты, минералы, углеводы, липиды, витамины, которые делают его функциональным продуктом питания [1, 2]. В десятки раз большее содержание антиоксидантов отмечено у черnozерных и краснозерных сортов риса по сравнению с белозерными. По содержанию белка цветные и белозерные сорта достоверно не различаются [3, 4]. Белковый состав также во многом определяет, как питательную ценность и функциональные свойства, так и текстуру, вкусовые характеристики риса [5]. Хотя рис содержит меньше белка, чем многие злаки, его биологическая ценность самая высокая за счет сбалансированного состава аминокислот. Питательная ценность различных сортов риса варьирует в значительной степени, это обусловлено различным аминокислотным составом [6, 7]. Аминокислоты – строительный материал для создания белков, дефицит их нарушает синтез витаминов, пигментов, гормонов. Несбалансированный их состав в продуктах питания ослабляет когнитивные способности, снижает иммунитет. Взаимосвязь с вероятностью появления диабета установлена для нескольких аминокислот серина, аланина, аргинина. Содержание лизина, аминокислоты ограничивающей усвояемость белка зерновых, у риса выше, чем у пшеницы, кукурузы и сорго [8-10]. Вариабельность сортов риса установлена для содержания следующих аминокислот: аспарагиновой, глутаминовой, серина, глицина, аланина, лейцина и пролина [11-13]. Рисовый белок богат глутаминовой, аспарагиновой кислотами, аланином и глицином. Аминокислотный состав связан с органолептическими характеристиками продукта и уникальным характерным вкусом сортов риса в блюдах.

Среди исследованных сортов содержание лейцина и валина, аланина, глицина было самым высоким у сортов местной селекции (стародавних). Рассчитано, что потребление 100 г риса трижды в день обеспечивает суточную потребность в валине и многих других незаменимых аминокислотах, число их различно для сортов риса, в среднем 4-5. Вместе с тем есть данные о связи содержания аспарагина вместе с растворимыми сахарами с образованием акриламида, канцерогенного вещества. Названы основные группы продуктов, в которых образуется акриламид: картофель фри и чипсы, кофе, печенье кондитерская и хлебобу-

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

Особенно важна доставка с питанием незаменимых аминокислот, не синтезируемых у животных, у различных организмов их набор различен. Незаменимые для людей аминокислоты: триптофан, фенилаланин, изолейцин, валин, метионин, треонин, лейцин, лизин. К условно незаменимым аминокислотам относят аргинин, гистидин их синтез снижен у детей и болеющих взрослых [15].

### Цель исследований

Изучить вариабельность аминокислотного состава отечественных сортов риса.

### Материал и методы

В работе использованы как коллекционные образцы, так и перспективные, и допущенные к использованию сорта риса. Растения выращивали в сосудах на оптимальном фоне минерального питания ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ), густота стояния 10 растений на 1 сосуд. Контролем служил сорт Флагман, с той же густотой стояния. При недостатке растений или их гибели подсаживался маркер с фиолетовыми листьями. Определение аминокислотного состава проводилось на приборах Капель 105 - М. Для анализа отбирался материал от 20 растений каждого образца.

### Результаты и обсуждение

Количество аминокислот в образцах риса выражали в процентном соотношении на объем образца. Хроматограмма, полученная в программе МультиХром аминокислотного состава образца риса Крепыш приведена на рисунке 1. Дисперсионный анализ показал достоверность различия образцов по составу аминокислот (табл. 1).

**Таблица 1. Дисперсионный анализ достоверности различий в составе аминокислот**

Аминокислоты	Сум. квад	Ст. св.	Ср. квад.	F	p
Пролин, %	6947,41	37,00	187,77	2253,22	0,00
Аргинин, %	2518,73	37,00	68,07	811,48	0,00
Тирозин, %	1061,02	37,00	28,68	339,53	0,00
б-фенилаланин, %	280,12	37,00	7,57	87,12	0,00
Лейцин, %	1589,94	37,00	42,97	505,27	0,00

Продолжение таблицы 1

Аминокислоты	Сум. квад	Ст. св.	Ср. квад.	F	p
Метионин, %	4135,50	37,00	111,77	1323,36	0,00
Валин, %	7076,27	37,00	191,25	2279,81	0,00
Треонин, %	1805,88	37,00	48,81	581,81	0,00
Серин, %	5321,80	37,00	143,83	1725,99	0,00
α-аланин, %	5159,21	37,00	139,44	1639,57	0,00
Глицин, %	5380,66	37,00	145,42	1733,52	0,00
Глутамин, %	2086,84	37,00	56,40	663,18	0,00
Цистеин, %	1953,97	37,00	52,81	607,68	0,00
Аспарагин, %	1533,36	37,00	41,44	473,30	0,00

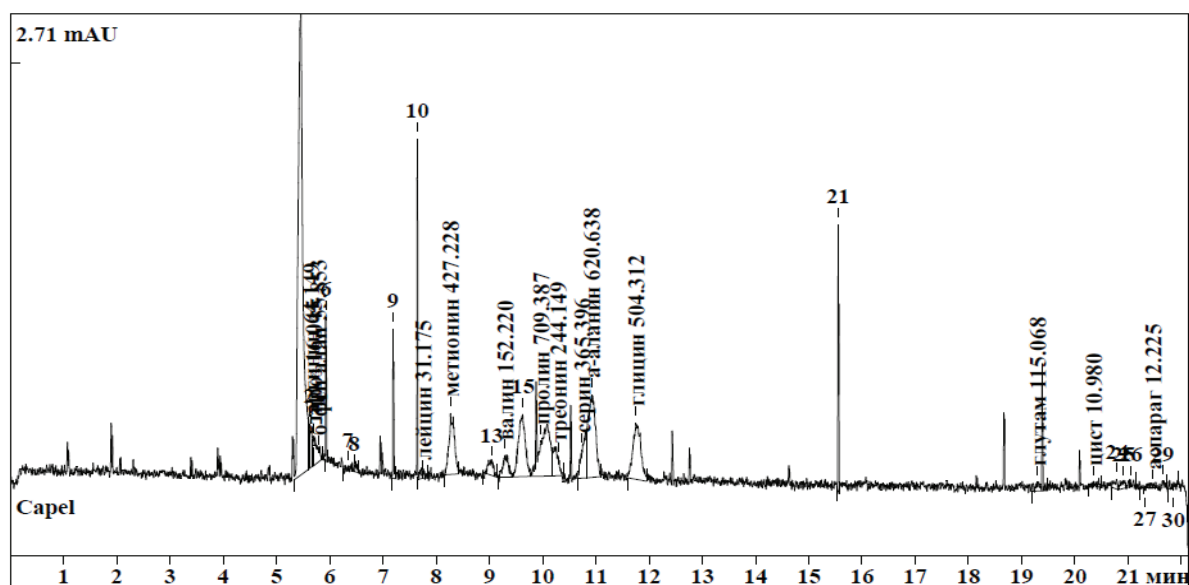


Рисунок 1. Хроматограмма, полученная в программе MultiChrom для Windows © 1993-2002 Ampersand Ltd. Аминокислотный состав образца риса Крепыш

Размах варьирования отечественных образцов риса по составу аминокислот представлен в таблице 2.

Таблица 2. Диапазон вариации образцов по составу аминокислот

Аминокислота	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Пролин, %	21,89	5,40	37,77	0,73
Аргинин, %	4,45	0,55	22,76	0,45
Тирозин, %	1,91	0,03	19,11	0,29
б-фенилаланин, %	1,68	0,4	7,07	0,16
Лейцин, %	3,60	0,01	14,57	0,36
Метионин, %	9,63	0,56	24,84	0,58
Валин, %	11,47	0,09	31,37	0,75
Треонин, %	7,59	0,81	15,98	0,38
Серин, %	11,13	0,51	31,51	0,64
α-аланин, %	10,67	0,11	21,97	0,65
Глицин, %	9,49	0,22	22,79	0,65
Глутамин, %	3,89	0,54	17,21	0,41
Цистеин, %	3,70	0,39	18,59	0,41
Аспарагин, %	2,94	0,22	16,29	0,37



Максимальное количество в изученных сортах риса у аминокислот пролин 21,9 % , валин 11,5 % , серин 11,7 % , аланин 10,7 % , метионин 9,6 % , глицин 9,4 % . Недостаток незаменимых аминокислот, в некоторой степени компенсируется за счет заменимых. Напри-

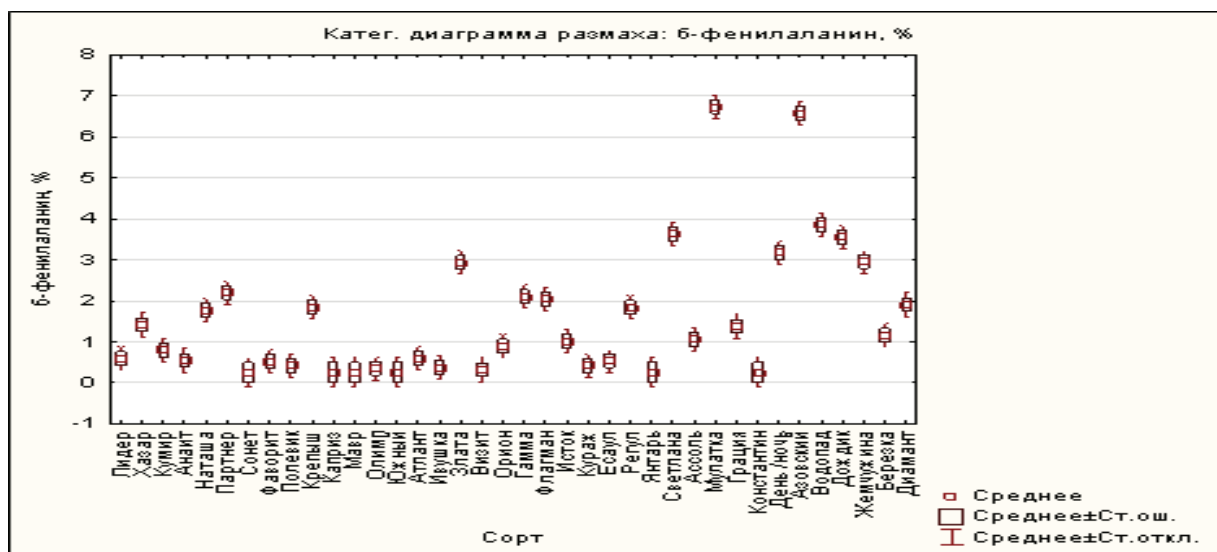
мер фенилаланин замещается тирозином, метионин-гомоцистеином, аргинин- глутаминовой кислотой. Однако этот процесс требует энергетических затрат. Вариабельность отечественных образцов по составу не заменимых аминокислот представлена в таблице 3.

**Таблица 3. Вариабельность образцов по составу незаменимых аминокислот**

Сорт	Фенилаланин, %	Лейцин, %	Метионин, %	Валин, %	Треонин, %	Аргинин, %
Лидер	0,60	1,42	<b>14,20</b>	<b>18,48</b>	2,11	3,54
Хазар	1,42	4,89	<b>24,51</b>	1,64	0,73	<b>10,06</b>
Кумир	0,80	1,95	<b>14,50</b>	10,72	8,07	0,84
Анаит	0,55	0,90	<b>14,43</b>	<b>12,98</b>	3,36	0,1
Наташа	1,77	0,32	3,81	9,34	8,97	<b>16,63</b>
Партнер	<b>2,20</b>	6,20	12,90	9,31	<b>10,62</b>	<b>22,26</b>
Сонет	0,25	0,51	3,01	7,38	<b>11,24</b>	0,16
Фаворит	0,53	<b>5,86</b>	18,85	<b>12,40</b>	2,62	0,68
Полевик	0,43	<b>8,72</b>	6,33	<b>19,32</b>	6,16	2,41
Крепыш	1,85	1,11	13,00	4,74	7,50	1,93
Каприз	0,25	1,30	9,53	7,80	<b>12,59</b>	0,52
Мавр	0,25	0,25	<b>14,32</b>	6,60	9,20	0,01
Олимп	0,35	0,22	<b>14,54</b>	8,94	7,86	0,58
Южный	0,25	0,35	<b>17,53</b>	4,53	3,99	4
Атлант	0,60	0,50	12,10	1,18	1,94	0,07
Ивушка	0,38	0,25	10,33	<b>17,13</b>	5,66	4,01
Злата	<b>2,94</b>	1,83	9,09	<b>15,07</b>	3,56	2,68
Визит	0,32	2,59	4,14	<b>17,31</b>	8,03	3,72
Орион	0,90	4,35	8,34	<b>16,93</b>	9,48	0,25
Гамма	<b>2,11</b>	1,28	5,37	11,57	<b>14,80</b>	3,08
Флагман	<b>2,04</b>	<b>5,84</b>	3,90	8,38	8,69	6,43
Исток	1,01	1,67	2,71	<b>17,05</b>	9,30	0,89
Кураж	0,42	1,95	<b>16,42</b>	0,21	<b>12,22</b>	4,41
Есаул	0,54	<b>14,24</b>	8,54	10,43	2,62	1,21
Регул	1,85	0,58	8,18	8,48	1,83	3,45
Янтарь	0,25	0,40	4,53	7,70	9,46	3
Светлана	<b>3,63</b>	2,51	<b>18,88</b>	12,02	<b>11,42</b>	<b>10,27</b>
Ассоль	1,06	12,71	3,81	7,56	9,17	2,98
Мулатка	<b>6,74</b>	0,25	5,71	<b>29,32</b>	10,69	2,63
Грация	1,38	1,12	8,35	<b>31,04</b>	10,45	8,37
Константин	0,25	4,96	0,25	<b>27,88</b>	7,03	8,98
День /ночь	<b>3,17</b>	6,09	<b>13,56</b>	6,89	0,25	5,41
Азовский	<b>6,58</b>	2,16	6,87	2,94	8,75	1,52
Водопад	<b>3,87</b>	8,97	1,97	9,56	<b>15,23</b>	5,5
Дождик	<b>3,56</b>	6,98	<b>20,56</b>	3,86	5,49	1,82
Жемчужина	<b>2,96</b>	<b>13,20</b>	0,37	<b>29,44</b>	3,48	9,5
Березка	1,16	2,07	4,00	6,03	<b>15,65</b>	3,42
Диамант	1,91	3,03	0,25	0,25	5,79	8,02
Среднее значение	1,68	3,60	9,63	11,47	7,59	4,4
НСР <sub>05</sub>	0,17	0,63	1,03	2,69	0,52	0,16

Поступление в организм в достаточном количестве фенилаланина очень важно, поскольку из этой аминокислоты синтезируется тирозин и в случае

ее недостатка будет установлен дефицит уже двух аминокислот. Вариабельность образцов по содержанию фенилаланина представлена на рисунке 2.

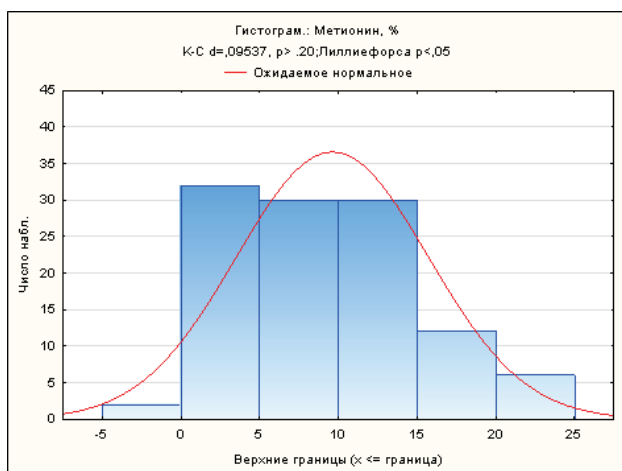


**Рисунок 2. Вариабельность образцов по содержанию фенилаланина**

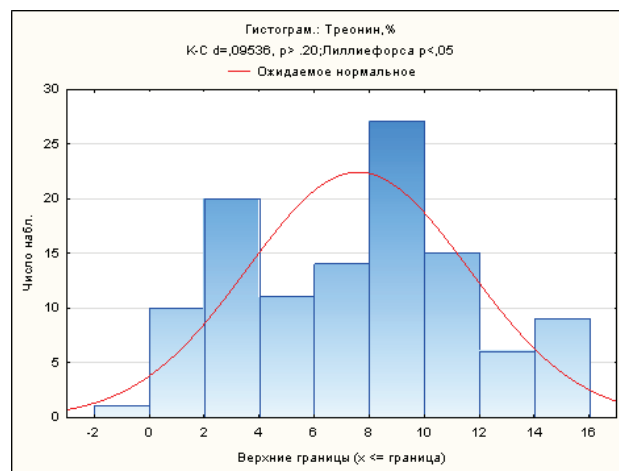
Источниками по содержанию фенилаланина являются сорта: Мулатка, Азовский, День /ночь, Водопад, Дождик, Жемчужина, Светлана, Злата.

Вариабельность отечественных образцов по группам по содержанию метионина и треонина представлена на рисунках 3 и 4. Высоким содер-

жением метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треонина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет. Выделены также источники высокого содержания лейцина сорта: Фаворит, Полевик, Флагман, Есаул, Жемчужина.



**Рисунок 3. Распределение проб по группам по содержанию метионина**



**Рисунок 4. Распределение образцов по группам по содержанию треонина**

**Выводы**

В результате изучения аминокислотного состава отечественных сортов риса установлено, что максимальное количество в изученных сортах риса у аминокислот пролин 21,9 % ,валин 11,5 %, серин 11,7 %, аланин 10,7 %, метионин 9,6 %, глицин 9,4 %, а также широкое межсортное варьирование по признаку. Источниками содержания фенилаланина являются сорта Му-

латка, Азовский, День /ночь, Водопад, Дождик, Жемчужина, Светлана, Злата. Высоким содержанием метионина характеризуются сорта: Лидер, Хазар, Кумир, Анаит, Мавр Олимп, Южный, Кураж, Светлана, Дождик; треонина: Березка, Водопад, Гамма, Каприз, Светлана, Сонет. Выделены также источники высокого содержания лейцина сорта - это сорта Фаворит, Полевик, Флагман, Есаул, Жемчужина.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края № 19-416-233009.

#### REFERENCES

1. Curtis, T.Y. Reducing the acrylamide-forming potential of wheat / T.Y. Curtis, N.G. Halford // Food and Energy Security. - 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.85>.
2. Fotev, Yu.V. Concept of producing of the Russian national system of functional food / V.F Pivovarov, A.M. Artemyeva, Kulikov I.M., Yu. K. Goncharova, A.I. Syso, N.P. Goncharov // Vavilov J. of Genetics and Breeding . - 22. - 7. - 2018. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.421>.
3. Goncharova, Yu. K. Genetics of the traits defining the quality of Russian rice varieties / E.M. Kharitonov, N.Yu. Bushman, E.A. Malyuchenko // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. - 22. - 1. - 2018. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.334>.
4. Imam, M.U. Antidiabetic properties of germinated brown rice: a systematic review / N. H. Azmi, M. I. Bhangar, N. Ismail, M. J. Ismail // J. of Evidenced Based Complementary and Alternative Medicine. - 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/816501>.
5. Inoue, K. Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives / T. Shirai, H. Ochiai, M. Kasao, K. Hayakawa, M. Kimura, H. Sansawa // European J. of Clinical Nutritio. - 57. - 2003. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601555> ISO 712:2009.
6. Kamara, J.S. Variation in free amino acid profile among some rice (*Oryza sativa* L.) cultivars / S. Konishi, T. Sasanuma, T. Abe // Breed Sci. - 60. - 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00125-x>.
7. Karladeea, D.  $\gamma$ -Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination / S. Suriyonga // Science Asia. - 38. - 2012. DOI:<https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2012.38.013>.
8. Kobbekaduwa, H. Total and free amino acid contents of popular rice varieties (*Oryza sativa* L.) consumed in the capital city of Sri Lanka / A. Rita, F. Roberta, B. Remo, R. Mena, M. Flavio // Food Science of Technology Research. - 15. - 2009. DOI: <https://doi.org/10.3136/fstr.15.507>.
9. Liu, K. Relationships between degree of milling and loss of Vitamin B, minerals, and change in amino acid composition of brown rice / J. Zheng, F. Chen, // LWT Food Science and Technology. - 82. - 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.067>.
10. Lyon, B.G. Important Sensory Properties Differentiating Premium Rice Varieties / J.F. Meullenet, P. Marks, J.A. Hankins, K. Griffin // Et al, Cereal Chemistry. - 76 - 1. - 1999. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.2.259>.
11. Martin, M. Proteins in Rice Grains Influence Cooking Properties / M. A. Fitzgerald // J. of Cereal Science. - 36. - 3. - 2002. DOI: <https://doi.org/10.1006/jcres.2001.0465>.
12. Park, E.J. Association Analysis of the Amino Acid Contents in Rice / J.W. Chung, Y.J. Park, I.M. Chung, J.K. Ahn, G.H. Kim // J. of Integrated Plant Biology. - 51. - 12. - 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2009.00883.x>.
13. Rambukwella, R. Consumer Preference and Price Behavior Analysis for Selected Rice Varieties in Sri Lanka / D. Priyadarshana, N. Wijesooriya // Research Report. - 204. - 2017.
14. Xie, L. A Comparative Study on the Physicochemical Characteristics of Black Rice Varieties / N. Chen, B. Duan, Z. Zhu, X. Liao // J. of Cereal Science. - 47. - 2. - 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.05.018>.
15. Zilic, S. Sladjana Zilic Dodig / D., Basic, Z., Vancetovic, J., Titan, P., Duric, N., Tolimir, N. // Food Additives and Contaminants. - 34. - 5. - 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1290281>.

**Юлия Константиновна Гончарова**  
Заведующая лабораторией генетики  
и гетерозисной селекции  
E-mail: [yuliya\\_goncharova\\_20@mail.ru](mailto:yuliya_goncharova_20@mail.ru)

**Julia Konstantinovna Goncharova**  
Head of the Laboratory of Genetics and  
heterotic selection  
E-mail: [yuliya\\_goncharova\\_20@mail.ru](mailto:yuliya_goncharova_20@mail.ru)

**Евгений Михайлович Харитонов**  
Научный руководитель  
E-mail: [arri\\_kub@mail.ru](mailto:arri_kub@mail.ru)

**Evgeny Mikhailovich Kharitonov**  
Scientific director "FNTs Rice"  
E-mail: [arri\\_kub@mail.ru](mailto:arri_kub@mail.ru)

**Евгения Евгеньевна Чичарова**  
Младший научный сотрудник лаборатории  
генетики и гетерозисной селекции  
E-mail: [negrevskaya.zhenichka@mail.ru](mailto:negrevskaya.zhenichka@mail.ru)

**Evgeniya Evgenievna Chicharova**  
Junior Researcher of the Laboratory  
Genetics and heterotic selection  
E-mail: [negrevskaya.zhenichka@mail.ru](mailto:negrevskaya.zhenichka@mail.ru)

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»  
350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3  
E-mail: [arri\\_kub@mail.ru](mailto:arri_kub@mail.ru)

All: FGBNU «FNTs Rice»  
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia  
E-mail: [arri\\_kub@mail.ru](mailto:arri_kub@mail.ru)

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-12-16  
УДК: 631:81

**Шеуджен А. Х.**, академик РАН,  
**Бондарева Т. Н.**, канд. с.-х. наук,  
**Максименко Е.П.**  
г. Краснодар, Россия

### СЕНИКАЦИЯ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РИСА

Представлены результаты изучения влияния сеникации посевов риса на фотосинтетическую деятельность растений. Экспериментально установлено, что действие сеникации на пигментный статус фотосинтетического аппарата растений риса в значительной степени определяется составом сениканта. Аммонийная селитра и модифицированная марганцем аммонийная селитра первые 48 ч после сеникации сдерживают интенсивный распад пластидных пигментов, позже, наоборот, стимулируют этот биохимический процесс. После сеникации аммонийной селитрой модифицированной селеном снижение содержания пластидных пигментов в листьях риса отмечается незамедлительно. Первые 48 ч после проведения сеникации стимулирует интенсивность фотосинтеза растений риса. Наибольшее влияние на этот процесс оказывает модифицированная марганцем аммонийная селитра. При сеникации растений этим сеникантом интенсивность фотосинтеза повышалась на 7,04 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$ , или на 31,5 %. Позже, в фазе восковой спелости зерна, стимулирующий эффект сеникации на фотосинтез сменяется его подавлением. Максимальное снижение интенсивности фотосинтеза наблюдалось при сеникации растений модифицированной селеном аммонийной селитрой, где ее величина опустились ниже контроля на 3,01 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$ , или на 69,68 %.

**Ключевые слова:** рис, сеникация, фотосинтетические пигменты, интенсивность фотосинтеза.

### SENICATION AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF RICE PLANTS

The article presents results of studying the effect of rice crops senication on photosynthetic activity of plants. It has been experimentally established that the effect of senicant on the pigment status of the photosynthetic apparatus of rice plants is largely determined by the senicant composition. Ammonium nitrate and manganese-modified ammonium nitrate for the first 48 hours after senication inhibit the intensive disintegration of plastid pigments, later, on the contrary, they stimulate this biochemical process. After senication with selenium-modified ammonium nitrate, a decrease in the content of plastid pigments in rice leaves is noted immediately. The first 48 hours after senication is performed, it stimulates photosynthetic rate of rice plants. Manganese-modified ammonium nitrate has the greatest effect on this process. When plants are senicated with this senicant, the photosynthetic rate increases by 7.04 mg  $\text{CO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ , or 31.5 %. Later, in the grain wax ripeness phase, the stimulating effect of senication on photosynthesis is replaced by its suppression. The maximum decrease in the photosynthetic rate was observed when plants were senicated with selenium-modified ammonium nitrate, where its value dropped below the control by 3.01 mg  $\text{CO}_2 / \text{dm}^2 \cdot \text{h}$ , or 69.68%.

**Key words:** rice, senication, photosynthetic pigments, photosynthetic rate.

#### Введение

В продовольственном балансе населения Российской Федерации крупа риса занимает значительное место. В 2020 г. рис выращивался на площади 163 тыс. га, валовой сбор риса-сырца составил 968 тыс. т, урожайность – 5,94 т/га.

Наиболее крупным производителем риса в Российской Федерации является Краснодарский край. Здесь производится 80–85 % валового сбора зерна этой культуры. Однако, урожаи риса – 6,0–6,5 т/га по Краснодарскому краю (в целом по стране – 5,0 – 6,0 т/га) – очень далеки до потенциала продуктивности районированных здесь интенсивных сортов, которые при соблюдении соответствующей технологии могут дать более 10 т/га зерна.

Реализацию потенциальных возможностей высокопродуктивных сортов риса в значительной степени ограничивают неблагоприятные погодные

условия в период фазы созревания зерна – дневные температуры ниже оптимальных для налива и созревания зерновок, большая разность дневных и ночных значений.

Способ повышения физиологической спелости и ускорения созревания семян зерновых культур – сеникацию – разработали В.Ф. Альтергот, З.Н. Галачалова, Т.М. Марусина и Г.А. Махоткина [3, 4]. В.Ф. Альтергот, Г.А. Махоткина и А.В. Сезенев, обосновывая целесообразность ее включения в технологию выращивания зерновых культур, писали: «Многие полевые культуры часто задерживаются в росте, развитии и созревании из-за поздней весны либо весенней и раннелетней засухи, выпадения осадков, в конце лета и других неблагоприятных факторов. При коротком периоде вегетации, пасмурной влажной с ранними заморозками осени это ведет к затяжке вегетации, несвоевре-

менному старению листьев, замедлению оттока питательных веществ на формирование урожая и ухудшению условий созревания. Физиологически затяжной рост и молодость листьев, вызванные недостатком тепла, света, избыточной влажностью задерживают процессы развития. Нами установлено, что можно искусственно вызвать старение листа и других вегетативных органов, которое позволит отвлечь от них питательные вещества и направить их приток к плодам, семенам, клубням для формирования урожая... Такой прием предуборочной обработки с целью, ускорения старения получил название сеникации (от лат. *senium* – старение)» [5]. В последующем этот агроприем нашел применение на посадках картофеля, посевах сои, кукурузы, цветочных растений и риса.

Приоритет апробации сеникации на посевах риса принадлежит академику Е.П. Алешину и его ученикам [1, 2]. В последующем нами были развиты теоретические основы этого агроприема и предложены новые подходы к обоснованию необходимости ее проведения на посевах риса [7].

Рост, развитие и продуктивность растений определяются их фотосинтетической активностью. Продуктивность фотосинтеза определяется в значительной степени обеспеченностью фотосинтетического аппарата и его интенсивностью.

#### Цель исследований

Установить закономерности изменения пигментного статуса и интенсивности фотосинтеза растений риса под влиянием сеникации.

#### Материалы и методы

Работа выполнена в отделе прецизионных тех-

нологий ФНЦ риса. Опыты закладывались на рисовой оросительной системе «Красное» Красноармейского района Краснодарского края. Объектом исследования были сорт риса Хазар и сениканы: 1)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 2)  $\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Mn}$ ; 3)  $\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Se}$ . Почва опытного участка – лугово-черноземная слабощелочная слабогумусная тяжелосуглинистая на аллювиальных отложениях. По агрохимическим показателям она характеризуется невысоким содержанием гумуса – 3,5-3,7 %, средним – легкогидролизуемого азота – 45-50 мг/кг и подвижного фосфора 40-55 мг/кг, повышенным – подвижного калия – 220-280 мг/кг.

Удобрения вносили из расчета  $\text{N}_{150}\text{P}_{100}\text{K}_{75}$ . Схема опыта приведена в таблицах данной статьи. Сеникацию проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна риса. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях определяли по методу Годнева в модификации Шеуджена; интенсивность фотосинтеза – на двух верхних неотделенных от растения листьях методом Бородулина в модификации Шеуджена [6].

#### Результаты и обсуждение

Исследования показали, что общим для контрольных и опытных растений риса является уменьшение содержания хлорофиллов **a** и **б** в фотосинтетическом аппарате растений к концу вегетации (табл. 1). Они вероятно разрушаются, а продукты их полураспада частично реутилизируются и используются растением как запасное вещество. При этом разница в содержании хлорофиллов в листьях контрольных и опытных растений четко просматривается.

**Таблица 1. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений риса при сеникации растений в фазе молочно-восковой спелости зерна, мг/дм<sup>2</sup>**

Вариант	Молочно-восковая спелость зерна						Восковая спелость зерна		
	48 ч до сеникации			48 ч после сеникации			хл. а	хл. б	кар.
	хл. а	хл. б	кар.	хл. а	хл. б	кар.			
Контроль	1,438	0,460	0,426	1,362	0,442	0,425	0,862	0,419	0,416
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1,438	0,460	0,426	1,390	0,443	0,422	0,808	0,418	0,414
$\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Mn}$	1,438	0,460	0,426	1,423	0,447	0,424	0,790	0,415	0,413
$\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Se}$	1,438	0,460	0,426	1,254	0,435	0,408	0,418	0,495	0,412

Наиболее интенсивное разрушение хлорофиллов и, вследствие этого, самое низкое их содержание отмечено при сеникации посевов модифицированной селеном аммонийной селитрой. Уже по прошествии 48 ч после обработки этим сеникантом в фазе молочно-восковой спелости зерна риса их количество уменьшилось на 0,115 мг/дм<sup>2</sup>, или 6,37 %, а в фазе восковой спелости – отличия от контроля доходили до 0,568 мг/дм<sup>2</sup>, или 44,40 %. К восковой спелости зерна листья у опытных растений из этого варианта отличались от контрольных более бледной окраской.

Характер влияния чистого и модифицированного марганцем растворов аммонийной селитры на ди-

намику содержания хлорофиллов в листьях риса был несколько иным. Названные сениканы первые двое суток после сеникации резко тормозили распад хлорофиллов, а к восковой спелости зерна, наоборот, стимулировали это процесс. Данная картина более заметно проявлялась при использовании в качестве сениканта модифицированной марганцем аммонийной селитры.

Отношение хлорофилла **a** к хлорофиллу **б** в листьях риса снижалось в период созревания зерна с 3,13 до 2,06. В результате более интенсивного распада хлорофилла **a** к концу вегетации растений отношение хлорофиллов **a/b** понижалось. Это свидетельствует о снижении фотосинтетической актив-

ности хлорофиллов. Действие сеникантов на этот показатель зависело от состава сениканта. Первые двое суток после обработки растений раствором аммонийной селитры и особенно модифицированной марганцем, фотосинтетическая активность хлорофилла повышалась, о чем свидетельствует возрастание величины отношения хлорофиллов **a/b**, соответственно до 3,14 и 3,18, против контроля 3,08. К концу вегетации растений – фазе восковой спелости зерна – фотосинтетическая активность хлорофилла при сеникации снижалась. Модифицированная селеном аммонийная селитра подавляла фотосинтетическую активность хлорофилла с момента проведения сеникации, что подтверждается резким уменьшением отношения хлорофиллов **a/b**. Содержание каротиноидов в листьях растений риса в период созревания зерна практически оставалось на одном уровне. Сеникация посевов также не отразилась на их содержании в фотосинтетическом аппарате.

Общая фотосинтетическая активность пластидных пигментов листьев риса характеризуемая отно-

шением суммы хлорофиллов к каротиноидам в процессе созревания зерновок снижается с 4,24 в фазе молочно-восковой спелости до 3,08 – восковой спелости. Сеникация аммонийной селитрой модифицированной марганцем в первые двое суток после ее проведения повышает этот показатель, а в более поздний период, наоборот, ее подавляет. Включение селена в состав сениканта вызывало более жесткую реакцию на общую фотосинтетическую активность пластидных пигментов. Такое действие селена обусловлено включением образовавшегося селенометионина в белки вместо метионина, которое приводит к ослаблению активности пластидных пигментов [8–10]. Об этом можно судить по величине отношения суммы хлорофиллов **a+b** к каротиноидам, которые были значительно меньше контрольных во все сроки их определения.

Характеризуя динамику интенсивности фотосинтеза растений риса следует отметить ее резкое понижение в период от молочно-восковой до восковой спелости зерна, что свидетельствует о значительном ослаблении обмена веществ (табл. 2).

**Таблица 2. Интенсивность фотосинтеза листьев риса при сеникации растений в фазе молочно-восковой спелости зерна, мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$**

Вариант	Молочно-восковая спелость зерна		Восковая спелость зерна
	48 ч до сеникации	48 ч после сеникации	
Контроль	22,06	22,30	4,32
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	22,06	24,45	3,90
$\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Mn}$	22,06	29,34	3,28
$\text{NH}_4\text{NO}_3+\text{Se}$	22,06	26,38	1,31

Сравнительный анализ данных по интенсивности фотосинтеза, содержанию пластидных пигментов и фотосинтетической активности показывает хорошо выраженный параллелизм динамики этих показателей. С уменьшением содержания пластидных пигментов в листьях и ослабления их фотосинтетической активности существенно понижается интенсивность фотосинтеза.

Под влиянием сеникации произошли изменения интенсивности фотосинтеза. Повышение ее наблюдается в первые 48 ч после проведения этого агропрема независимо от использованного в опыте сениканта. Однако сеницирующий эффект в значительной степени определялся именно ее составом. При сеникации растений аммонийной селитрой интенсивность фотосинтеза по сравнению с контролем возросла на 2,15 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$  или на 9,64 %. Включение в состав сениканта селена способствовало еще большему повышению этого показателя – на 4,08 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$  или 18,30 %. Максимальное по сравнению с контролем возрастание интенсивности фотосинтеза наблюдалось при включении в состав сениканта марганца, где зафиксировано повышение этого показателя на 7,04 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$  или на 31,57 %. Высокий эффект включения марганца в состав сениканта вызван

участием этого элемента в окислительно-восстановительных реакциях фотосинтеза [11, 12].

Наблюдавшееся первые 48 ч после сеникации растений стимулирование фотосинтеза сменилось в фазе восковой спелости его торможением. В зависимости от использованного сениканта интенсивность фотосинтеза уменьшилась на 0,42–3,01 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$ , или на 9,72–69,68 %. Минимальный ингибирующий эффект наблюдался при сеникации растений аммонийной селитрой, максимальный – при включении в состав сениканта селена. По степени подавления фотосинтеза модифицированная марганцем аммонийная селитра занимала промежуточное между ними положение, где величина рассматриваемого показателя по сравнению с контролем уменьшилась на 1,04 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$ , или на 24,07 %.

#### **Выводы**

Действие сеникации на пигментный статус фотосинтетического аппарата растений риса в значительной степени определяется составом сениканта. Аммонийная селитра и модифицированная марганцем аммонийная селитра первые 48 ч после сеникации сдерживают интенсивный распад пластидных пигментов, позже, наоборот, стимулируют этот биохимический процесс. После сеникации аммонийной селитрой модифицированной селеном

снижение содержания пластидных пигментов в листьях риса отмечается незамедлительно.

Первые 48 ч после проведения сеникации стимулирует интенсивность фотосинтеза растений риса. Наибольшее влияние на этот процесс оказывает модифицированная марганцем аммонийная селитра. При сеникации растений этим сеникантом интенсивность фотосинтеза повышалась на

7,04 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·ч, или на 31,5 %. Позже, в фазе восковой спелости зерна стимулирующий эффект сеникации на фотосинтез сменяется его подавлением. Максимальное снижение интенсивности фотосинтеза наблюдалось при сеникации растений модифицированной селеном аммонийной селитрой, где ее величина опустились ниже контроля на 3,01 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·ч, или на 69,68 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин, Е.П. Сеникация посевов / Е.П. Алешин, Г.Г. Фанян, И.А. Ступак // *Зерновое хоз-во.* – 1984. – № 5. – С. 35.
2. Алешин, Е.П. Сеникация риса жидкими комплексными удобрениями / Е.П. Алешин, К.М. Авакян, И.В. Подлесный, Л.М. Семенова, А.Г. Коровянский, С.И. Рыбаченко // *Бюл. НТИ ВНИИ риса.* – 1986. – Вып. 36. – С. 37–40.
3. Альтергот, В.Ф. Приток пластических веществ в созревающее зерно пшеницы в зависимости от скорости старения листа / В.Ф. Альтергот, З.Н. Галачалова, Г.А. Махоткина / *Физиологические механизмы адаптации и устойчивости у растений.* Ч. 1. – Новосибирск: Наука, 1972. – С. 268–277.
4. Альтергот, В.Ф. Способ повышения физиологической спелости и ускорение созревания семян зерновых культур (сеникация) / В.Ф. Альтергот, З.Н. Галачалова, Т.М. Марусина. – Авт. свид. № 192548, 1966.
5. Альтергот, В.Ф. Сеникация. Что она дает? / В.Ф. Альтергот, Г.А. Махоткина, А.В. Семенов // *Земледелие.* – 1972. – № 1. – С. 10–12.
6. Куркаев, В.Т. *Агрохимия: учеб. пособие для вузов* / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
7. Шеуджен, А.Х. *Агрохимия и физиология сеникации в рисовом агроценозе* / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Дорошев. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2020. – 152 с.
8. Brown, T.A. Selenium: toxicity and tolerance in higher plants / T.A. Brown, A. Shrift // *Biol. Revs.* – 1982. – Vol. 57. – P. 59-84.
9. Hesse, H. Current understanding of the regulation of methionine biosynthesis in plants / H. Hesse, O. Kreft, S. Maimann, M. Zeh, R. Hoefgen // *J. Exp. Bot.* – 2004. – Vol. 55. – P. 1799-1808.
10. White, P. Selenium and relationship with sulfur II Sulfur in plants – an ecological perspective / P. White, M. R. Broadley, H.C. Bowen, S.E. Johnson // *Eds M. J. Hawkesford, L. J. De Kok. Dordrecht etc Springer.* – 2006. – P. 225-252.
11. Wyman, A.I. Structure and activity of the photosystem II manganese-stabilizing protein: role of the conserved bond / A.I. Wyman, C.F. Yocum // *Photosynthes. Res.* – 2005. – Vol. 85. – P. 359-372.
12. Yano, J. High-resolution Mn EXAFS of the oxygen-evolving complex in photosystem II: structural implications for the Mn<sub>4</sub>Ca cluster / J. Yano, Y. Pushkar, P. Glatzel, A. Lewis, K. Sauer, J. Messinger, U. Bergmann, V. Yachandra // *J. Am. Chem. Soc.* – 2005. – Vol. 127. – P. 14974-14975.

### REFERENCES

1. Aleshin, E.P. Senication of crops / E.P. Aleshin, G.G. Fanyan, I.A. Stupak // *Grain economy.* – 1984. – № 5. – P. 35.
2. Aleshin, E.P. Rice senication with liquid complex fertilizers / E.P. Aleshin, K.M. Avakyan, I.V. Podlesniy, L.M. Semenova, A.G. Korovyanskiy, S.I. Rybachenko // *ARRRI Bulletin.* – 1986. – Iss. 36. – P. 37–40.
3. Altergot, V.F. Influx of plastic substances into a ripening wheat grain, depending on the leaf aging rate / V.F. Altergot, Z.N. Galachalova, G.A. Makhotkina // *Physiological mechanisms of plants adaptation and resistance.* P. 1. – Novosibirsk: Nauka, 1972. – P. 268–277.
4. Altergot, V.F. A method for increasing physiological ripeness and accelerating the seeds maturation of grain crops (senication)/ V.F. Altergot, Z.N. Galachalova, T.M. Marusina. – Author's certificate № 192548, 1966.
5. Altergot, V.F. Senication. What does it give? / V.F. Altergot, G.A. Makhotkina, A.V. Sezenov // *Zemledelie.* – 1972. – № 1. – P. 10–12.
6. Kurkaev, V.T. *Agrochemistry: manual for graduate students* / V.T. Kurkaev, A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2000. – 552 p.
7. Sheudzhen, A.Kh. *Agrochemistry and physiology of senication in rice agrocenosis*/ A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva, I.A. Doroshev. – Maykop: «Poligraph-Yug», 2020. – 152 p.
8. Brown, T.A. Selenium: toxicity and tolerance in higher plants / T.A. Brown, A. Shrift // *Biol. Revs.* – 1982. – Vol. 57. – P. 59-84.
9. Hesse, H. Current understanding of the regulation of methionine biosynthesis in plants / H. Hesse, O. Kreft,

S. Maimann, M. Zeh, R. Hoefgen // J. Exp. Bot. – 2004. – Vol. 55. – P. 1799-1808.

10. White, P. Selenium and relationship with sulfur II Sulfur in plants – an ecological perspective / P. White, M. R. Broadley, H.C. Bowen, S.E. Johnson // Eds M. J. Hawkesford, L. J. De Kok. Dordrecht etc Springer. – 2006. – P. 225-252.

11. Wyman, A.I. Structure and activity of the photosystem II manganese-stabilizing protein: role of the conserved bond / A.I. Wyman, C.F. Yocum // Photosynthes. Res. – 2005. – Vol. 85. – P. 359-372.

12. Yano, J. High-resolution Mn EXAFS of the oxygen-evolving complex in photosystem II: structural implications for the Mn<sub>4</sub>Ca cluster / J. Yano, Y. Pushkar, P. Glatzel, A. Lewis, K. Sauer, J. Messinger, U. Bergmann, V. Yachandra // J. Am. Chem. Soc. – 2005. – Vol. 127. – P. 14974-14975.

13. Sauer, J. Messinger, U. Bergmann, V. Yachandra // J. Am. Chem. Soc. 2005. Vol. 127. P. 14974-14975.

**Асхад Хазретович Шеуджен**

Заведующий кафедрой агрохимии

E-mail: a\_kh\_sheudjen@mail.ru

**Askhad Khazretovich Sheudzen**

Head of agrochemistry department

E-mail: a\_kh\_sheudjen@mail.ru

**Татьяна Николаевна Бондарева**

Доцент кафедры агрохимии Кубанского ГАУ

им. И.Т. Трубилина

E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

**Tatyana Nikolaevna Bondareva**

associate professor of agrochemistry department

E-mail: bondarevatatjna@mail.ru

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

All: Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin 13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia

**Евгений Петрович Максименко**

Директор ФГУ ЭСП «Красное»

353826, пос. Рисоопытный, ул. Комсомольская, 21

**Evegeny Petrovich Maksimenko**

Director of FSI ESES Krasnaya

21, Komsomolskaya st., pos. Rice-experienced, 353826, Russia



### **ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ И ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА**

*Экологизация сельскохозяйственного производства в отечественном рисоводстве заключается в разработке новых ресурсосберегающих и природосберегающих технологий. В связи с концепцией устойчивого развития такие технологии наиболее актуальны и перспективны на современном этапе. Для их успешного внедрения селекционерами созданы соответствующие сорта риса и разработаны агротехнические приемы выращивания в условиях Краснодарского края. Произведен расчет экономической эффективности возделывания нового сорта риса Олимп при укороченном и постоянном затоплении. Согласно полученным данным, сорт дает лучший результат по урожайности и экономическим показателям при выращивании растений риса в режиме постоянного затопления, принятом в безгербицидной водосберегающей технологии. Установлено, что экологически эффективными являются варианты использования биологических способов борьбы с патогенами и применение новой комплексной беспестицидной природосберегающей технологии, особенно на рисовых полях, расположенных в санитарно-защитных зонах, а также при производстве диетических продуктов питания. Проведено сравнение экономических показателей при применении традиционной интенсивной технологии возделывания риса и природосберегающей на экспериментальном участке. Установлено, что прибыль от реализации риса при использовании инновационной технологии на 11848 руб. в расчете на гектар больше аналогичного показателя при классической технологии возделывания, а рентабельность в 2,1 раза выше и составляет 76,5%. Приведенная природосберегающая технология эффективна и позволяет предотвратить экологический ущерб, наносимый окружающей среде при применении интенсивной технологии возделывания культуры риса.*

**Ключевые слова:** рисоводство, ресурсосберегающая технология, природосберегающая технология, экологический ущерб, затраты, рентабельность, экономическая эффективность.

### **EVALUATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF RESOURCE AND NATURE-SAVING RICE CULTIVATION TECHNOLOGIES**

*Greening agricultural production in domestic rice cultivation consists in the development of new resource-saving and nature-saving technologies. Due to the concept of sustainable development, such technologies are the most relevant and promising at the present stage. For their successful implementation, breeders have developed appropriate rice varieties and agrotechnical methods of growing in Krasnodar region. The calculation of the economic efficiency of the cultivation of a new rice variety Olimp with a shortened and constant flooding has been made. According to the data obtained, the variety gives the best result in terms of yield and economic indicators when growing rice plants in a constant flooding mode, adopted in a herbicide-free water-saving technology. It has been established that the most environmentally effective options are the use of biological methods of combating pathogens and the use of a new integrated pesticide-free nature-saving technology, especially in rice fields located in sanitary protection zones, as well as in the production of dietary food. Economic indicators were compared when using traditional intensive and nature-saving technologies of rice cultivation on the experimental plot. It was found that the profit from the sale of rice when using innovative technology is for 11848 rubles per hectare higher than the same indicator for the classical cultivation technology, and the profitability is 2.1 times higher and amounts to 76.5%. The given nature-saving technology is effective and allows to prevent damage caused to the environment when using intensive technology of rice cultivation.*

**Key words:** rice growing, resource-saving technology, nature-saving technology, environmental damage, costs, profitability, economic efficiency.

#### **Введение**

Развитие направления ресурсосбережения в сельском хозяйстве связано с глобальными проблемами: химическим загрязнением биосферы, истощением земель за счет уменьшения плодородия почв, дефицитом пресной воды для нужд оро-

шения, увеличением количества парниковых газов в атмосфере [8]. Перевод земледелия с интенсивной технологии на рациональную биологическую основу предполагает создание гибкой системы землепользования с постоянным увеличением доли ресурсосберегающих низкозатратных прие-

мов возделывания сельскохозяйственных культур. Экономическую эффективность необходимо учитывать при разработке всех мероприятий по улучшению состояния окружающей среды, особенно при загрязнении поллютантами водоемов, почвы и атмосферного воздуха [2, 9].

В глобальном масштабе важнейшими эколого-экономическими проблемами отрасли рисоводства являются: чрезмерное применение высоких доз удобрений и химических средств защиты растений, нерациональное использование на орошение пресной воды, необходимой населению для питьевых целей, и воздействие производства риса на эмиссию в атмосфере парниковых газов [6]. В настоящее время методы по определению эколого-экономической эффективности работы сельскохозяйственных предприятий орошаемого земледелия разрабатываются во всем мире. В странах Латинской Америки, например, анализ данных проводят по шести показателям: основной капитал, рабочая сила, земельные угодья, потребление удобрений, величина валового сельскохозяйственного производства и количество выбросов парниковых газов [7]. В Австралии используют расчет индекса экологической эффективности [5].

Экологизация производства риса отражается в разработке новых ресурсосберегающих и природосберегающих технологий, используемых при возделывании различных культур в рисовом севообороте. В настоящее время производителей риса интересуют новые технологии, позволяющие снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции за счет уменьшения затрат на выращивание культуры без потери качества зерна. Для предприятий, поля которых расположены в санитарно-защитных зонах населенных пунктов, применяемые технологии должны быть не только экономически выгодны, но и экологически безопасны, поэтому именно такие хозяйства формируют запрос на создание ресурсо- и природосберегающих технологий [4].

При проведении исследования учитывали, что рис – водоемкая культура, а плата за воду является одной из значительных статей расходов сельскохозяйственного предприятия. По мнению Zou X. и сотр. (2013), инновационный менеджмент может способствовать эффективному использованию поливной воды, а, следовательно, и ресурсосбережению при возделывании культуры риса [10]. Кроме того, в условиях дефицита воды для орошения риса в настоящее время в Краснодарском крае любая водосберегающая технология будет актуальна и востребована производителями риса.

#### **Цель исследований**

Изучить в условиях полевого опыта возможность применения ресурсосберегающей и природосберегающей технологии выращивания риса и оценить их эколого-экономическую эффективность.

#### **Материалы и методы**

Исследования проводили на полях учхоза «Ку-

бань» Кубанского ГАУ, расположенного в пригородной зоне г. Краснодара, в санитарно-защитной зоне на полях РПЗ «Красноармейский» и в фермерских рисоводческих хозяйствах Краснодарского края, ориентированных на органическое земледелие.

Сорт риса Олимп выращивали в режиме постоянного и укороченного затопления в 2015-2016 гг. в условиях полевого опыта [3]. Расчет экономической эффективности выращивания риса проводили по общепринятым методикам по следующим критериям: урожайность, стоимость валовой продукции, производственные затраты, чистый доход, уровень рентабельности [1].

Эколого-экономический ущерб окружающей природной среде оценивали по качественным показателям, таким как ухудшение состояния природных ресурсов вследствие загрязнения воды и почвы химическими средствами защиты растений и ухудшение социально-гигиенических условий для проживания населения согласно методике определения предотвращенного экологического ущерба, утвержденной 30 ноября 1999 г. Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды.

Эколого-экономическую эффективность внедрения элементов природосберегающей технологии оценивали на экспериментальных чеках общей площадью 12 га в 2018-2020 гг. В опытном варианте всходы получали из-под слоя воды и в первые 18 дней выращивания риса создавали слой глубиной 20-25 см, впоследствии вплоть до восковой спелости удерживали слой воды 10-12 см. Гербициды для борьбы с сорняками здесь не применяли, для контроля пирикуляриоза вносили биофунгицид *Orgamica S*. В качестве контроля использовали поля, на которых применяли традиционную технологию выращивания риса сорта Рапан.

#### **Результаты и обсуждение**

Изучение экологического состояния окружающей среды в зоне рисоводства Краснодарского края показало, что около 30 % рисовых систем расположено в санитарно-защитной зоне, где ограничен ассортимент применяемых химических средств, которые предписано вносить наземным способом. На остальной территории отмечена повышенная химическая нагрузка не только на поля рисового севооборота, но и на все компоненты прилегающих экосистем в связи с применением интенсивных технологий и использованием сельскохозяйственной авиации.

В результате сельскохозяйственной деятельности рисоводческих хозяйств при применении традиционной (интенсивной) технологии окружающей среде наносится экологический ущерб. Для его оценки в сельскохозяйственном природопользовании принято использовать такие показатели как уменьшение урожайности сельскохозяйственных культур, сокращение уловов рыбы в водоемах, уменьшение прироста биомассы растений, ухудшение качества

жизни людей в прилегающей к полям севооборота сельской местности. Однако расчеты экологических рисков при ведении сельского хозяйства и оценка предотвращенного эколого-экономического ущерба очень сложны, зависят от многих факторов, не все из которых имеют денежное выражение и могут быть учтены (повышенная частота мутаций, исчезновение видов, сокращение ареалов, рост заболеваемости населения и т. д.). Поэтому в данном исследовании был проведен анализ внедрения в производство риса элементов ресурсосберегающих и природосберегающих технологий, а также выполнено их эколого-экономическое обоснование.

Для экономии и рационального использования водных ресурсов в рисоводстве применяют оборотную систему водоснабжения и строго контролируют содержание пестицидов и продуктов их распада в сбросной воде. За нарушение и нанесение экологического ущерба окружающей среде предусмотрены штрафы для хозяйствующих субъектов.

При разработке ресурсосберегающей технологии и для оценки эффективности внедрения устойчивого к болезням сорта риса Олимп изучали воздействие разных режимов орошения на его урожайность в условиях участка рисовой системы РПЗ «Красноармейский», расположенного в са-

нитарно-защитной зоне. В режиме постоянного затопления гербициды не применяли, а при укороченном затоплении гербицид Цитадель вносили наземным способом, разрешенным в санитарно-защитных зонах.

Расчет экономической эффективности выращивания сорта риса Олимп при укороченном и постоянном затоплении показал, что сорт дает лучший результат по урожайности и экономическим показателям при выращивании растений риса в режиме постоянного затопления, принятом в безгербицидной технологии. В этом варианте сорт Олимп превышает стандартный сорт Рапан по рентабельности на 29,4 % и чистому доходу с 1 га – на 17 % (табл. 1).

Следовательно, сорт Олимп пригоден для выращивания по безгербицидной водосберегающей технологии в санитарно-защитных зонах для получения стабильного урожая при постоянном затоплении. Олимп можно возделывать также по беспестицидной природосберегающей технологии, так как он обладает полевой устойчивостью к пирикулярриозу и не требует обработки фунгицидами. Это существенно снижает затраты на его выращивание без потери урожая в качественном и количественном отношении, а также снижает химическую нагрузку на поля рисового севооборота и прилегающие территории.

**Таблица 1. Экономическая эффективность выращивания сорта риса Олимп при разных режимах орошения**

Показатели	Сорт	
	Рапан-контроль	Олимп
Укороченное затопление		
Урожайность, т/га	6,98	7,80
НСР <sub>05</sub>	0,051	
Стоимость продукции с 1 га, тыс. руб.	104,7	117,0
Себестоимость 1 т продукции, руб.	6533	5859
Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	59,1	71,3
Рентабельность, %	29,6	56,0
Постоянное затопление		
Урожайность, т/га	6,84	7,68
НСР <sub>05</sub>	0,049	
Стоимость продукции с 1 га, тыс. руб.	102,6	115,2
Себестоимость 1 т продукции, руб.	6111	5456
Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	60,8	73,3
Рентабельность, %	45,5	74,9

Природосберегающие технологии считаются главным альтернативным направлением вывода отрасли рисоводства из экологического и экономического кризиса. Сущность их заключается в радикальном снижении энергозатрат, полной ликвидации дорогостоящих и опасных компонентов современной технологии, ядохимикатов, значительном сокращении применения минеральных удобрений посредством изменения структуры севооборотов в сторону эколого-экономической целесообразности и использовании ландшафтных методов в земледелии. К природосберегающим относят как безгербицидные, так и комплексные

беспестицидные технологии возделывания риса.

В настоящее время общепризнана целесообразность использования комплексной беспестицидной технологии, особенно в санитарных зонах, а также при производстве диетических продуктов для детского и лечебного питания. В этом случае всходы риса получают из-под слоя воды, не используя гербициды для борьбы с просовидными сорняками, а для борьбы с широколистными болотными сорными растениями используют агротехнические приемы с применением сельскохозяйственной техники. Для исключения обработок химическими средствами защиты растений возде-

лывают только сорта риса, устойчивые к болезням и вредителям.

Комплекс работ с трехкратным заливом чеков, проведенный на рисовой системе учхоза «Кубань», обеспечил практически полную очистку от сорняков, прежде всего, от краснозерного риса верхнего слоя почвы без применения гербицидов. При этом в паровом поле получили урожай зерна озимой пшеницы и рапса [4].

Возможны также варианты использования биологических способов борьбы с вредными организмами, например, применение биопестицидов вместо химических средств защиты растений. Растущий объем продаж биопестицидов подтверждает мировой тренд к переходу на биологические средства защиты растений. Так, мировой объем продаж биопестицидов согласно анализу OBRS в 2016 г. составил 2700 млн \$, в 2017 г. увеличился на 20 %, и в 2018 г. достиг 3880 млн \$. К таким препаратам относится микробиологический фунгицид *Orgamisa S* производства компании «Бионоватик», применяемый для обработки риса от пирикулярноза и других грибных болезней. Биофунгицид применяли в ходе проведения эксперимента по внедрению в производство природосберегающей технологии выращивания риса.

Результаты проведенных исследований по внедрению элементов низкзатратной природосберегающей технологии в фермерском хозяйстве Крымского района выявили ее преимущество над традиционной как в экологическом, так и в экономическом отношении.

Предварительный агрохимический анализ почвы выявил достаточное для растений риса количество растворимых соединений фосфора и калия, поэто-

му фосфорные и калийные удобрения не вносили как на опытных участках, так и на контрольных. Азотные удобрения на опытном участке не вносили, а на контрольном внесли 200 кг/га мочевины.

На экспериментальных чеках всходы получали из-под слоя воды при контроле гидроавтоматами, гербициды для борьбы с сорняками не применяли, для контроля пирикулярноза использовали биофунгицид *Orgamisa S*.

На контрольных участках, где применялась общепринятая технология, воду сбрасывали для получения всходов и при внесении гербицида Цитадель, что привело к большему расходу воды, чем на опытном участке. В качестве профилактики от болезней посева обрабатывали химическим препаратом – фунгицидом Фалькон.

В результате проведенного эксперимента в 2018 г. получили урожай риса на опытном и контрольном участке 52 и 56 ц/га соответственно и рассчитали экономическую эффективность беспестицидной природосберегающей технологии возделывания риса в сравнении с традиционной (табл. 2). Следует отметить, что дальнейшее совершенствование беспестицидной технологии привело в последующие годы исследований к увеличению урожайности риса до 65 ц/га на экспериментальных участках в севообороте с соей. Однако вопрос по агроистощению почв в связи с минимализацией внесения минеральных удобрений при данной технологии требует дальнейшего изучения.

При сопоставлении экономических показателей двух технологий выращивания риса можно отметить, что урожайность культуры при традиционной технологии оказалась выше на 7,1 %, однако затраты при ее применении также выше – на 17448 руб. на 1 га.

**Таблица 2. Экономическая эффективность применения природосберегающей технологии при возделывании риса**

Показатель	Традиционная технология	Природосберегающая технология
Урожайность, ц/га	56,0	52,0
НСР <sub>05</sub>	0,06	
Средняя цена реализации 1 т риса, руб.	16 000	16 000
Стоимость препаратов в расчете на 1 га, руб., в т.ч.	13800	300
- удобрения	5000	-
- гербициды *	6800	-
- фунгициды *	2000	300
Дополнительные затраты по внесению препаратов, руб./га	1500	500
Всего затраты по применению препаратов, руб./га	15300	800
Затраты на уборку и транспортировку дополнительного урожая, руб./га	2948	-
Себестоимость, руб./га	65400	47152
Прибыль от реализации, руб./га	24200	36048
Рентабельность, %	37,0	76,5

Примечание: \* – гербицид Цитадель, фунгицид Фалькон для традиционной технологии; биофунгицид *Orgamisa S* – для природосберегающей технологии

Данный факт и стал причиной того, что прибыль от реализации риса при применении бесpestицидной технологии в расчете на гектар на 11848 руб. больше аналогичного показателя при классической технологии возделывания, а рентабельность – в 2,1 раза выше и составляет 76,5 %. Такой уровень рентабельности позволяет рекомендовать апробированную низкзатратную природосберегающую технологию для возделывания риса в санитарно-защитных зонах, а также при производстве диетических продуктов органического земледелия. Крупа риса, выращенного по этой технологии, пригодна для детского и диетического питания. Невысокие урожаи риса в этом случае компенсируются низкими затратами и высокой стоимостью реализации крупы риса, выращенного без применения химических средств. Кроме экономического эффекта большое значение имеет предотвращенный эколо-

гический ущерб, который оценивается по снижению уровня химического загрязнения оборотной воды, а также по улучшению санитарно-гигиенической обстановки в зонах рисосеяния. Природосберегающая технология является экологически целесообразной, так как в результате ее внедрения минимизируется вред, наносимый окружающей среде.

#### Выводы

1. Проведена оценка экономической эффективности применения ресурсосберегающей технологии при выращивании сорта риса Олимп в санитарно-защитной зоне, при этом рентабельность превысила контрольный вариант на 29,4 %.

2. Подтверждена экономическая оправданность и экологическая значимость применения низкзатратной природосберегающей технологии выращивания риса для производства продуктов органического земледелия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боев, В. Р. Методы экономических исследований в агропромышленном производстве / В. Р. Боев, А. Ф. Серков и др. – М., 1999. – 259 с.
2. Васильева, Н. К. Анализ эффективности и устойчивости рисоводства на Кубани / Н. К. Васильева, Е. А. Коврякова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07 (101). – С. 1676 – 1686. – IDA [article ID]: 1011407109. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/109.pdf>, 0,688 у.п.л.
3. Зеленский, Г. Л. Эффективность выращивания сортов риса при укороченном и постоянном затоплении / Г. Л. Зеленский, С. В. Кизинёк, П. Г. Зеленский, Ю. В. Шарова // Агронабформум. – Краснодар, 2017. – № 3. – С. 44-48.
4. Зеленский, Г. Л. Совершенствование технологии возделывания риса в санитарных зонах (на примере учхоза «Кубань») / Г. Л. Зеленский, М. И. Чеботарев, Т. В. Логойда, О. В. Зеленская, А. А. Салай // Труды КубГАУ. – 2018. – № 5 (74). – С. 53-57.
5. Azad, M. A. Using ecological indices to measure economic and environmental performance of irrigated agriculture / M. A. Azad, T. Ancev // Ecological Economics. – 2010. – Vol. 69. – Is. 8. – P. 1731 - 1739. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.003>
6. Hoang, V.-N. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture / V.-N. Hoang, M. Alauddin // Environ. Resource Econ. – 2012. – Vol. 51. – P. 431-452. DOI 10.1007/s10640-011-9506-6
7. Moreno-Moreno, J.-J. Assessment of the operational and environmental efficiency of agriculture in Latin America and the Caribbean / J.-J. Moreno-Moreno, F. Velasco Morente, M. T. Sanz Diaz // Agric. Econ. – 2018. – Czech, Vol. 63. – № 2. – P. 74-88. DOI:10.17221/260/2016-AGRICECON
8. Moutinho, V. Economic-environmental efficiency of European agriculture – a generalized maximum entropy approach / V. Moutinho, M. Robaina, P. Macedo // Agric. Econ. – 2018. – Czech, Vol. 64. – № 10. – P. 423-435.
9. Rolfe, J. Assessing cost-effectiveness when environmental benefits are bundled: agricultural water management in Great Barrier Reef catchments / J. Rolfe, J. Windle, K. McCosker, A. Northey // Australian Journal of Agricultural and Resource Economics. – 2018. – Vol. 62. – Is. 3. – P. 373-393. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12259>
10. Zou, X. Cost-effectiveness analysis of water-saving irrigation technologies based on climate change response: A case study of China / X. Zou, Y. Li, R. Cremades, Q. Gao, Y. Wan, X. Qin // Agricultural Water Management. – 2013. – Vol. 129. – P. 9-20.

#### REFERENCES

1. Boev, V. R. Metody ekonomicheskikh issledovaniy v agropromyshlennom proizvodstve / V. R. Boev, A. F. Serkov i dr. – М., 1999. – 259 p.
2. Vasil'eva, N. K. Analiz effektivnosti i ustojchivosti risovodstva na Kubani / N. K. Vasil'eva, E. A. Kovryakova // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №07 (101). – P. 1676 – 1686. – IDA [article ID]: 1011407109. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/109.pdf>, 0,688 u.p.l.
3. Zelenskij, G. L. Effektivnost' vyrashchivaniya sortov risa pri ukorochennom i postoyannom zatoplenii / G. L. Zelenskij, S. V. Kizinyok, P. G. Zelenskij, YU. V. SHarova // Agrosnabforum. – Krasnodar, 2017. – № 3. – P. 44-48.
4. Zelenskij, G. L. Sovershenstvovanie tekhnologii vozdelvaniya risa v sanitarnykh zonah (na primere uchkhoza «Kuban'») / G. L. Zelenskij, M. I. CHEbotarev, T. V. Logojda, O. V. Zelenskaya, A. A. Salaj // Trudy KubGAU. – 2018. – № 5 (74). – P. 53-57.
5. Azad, M. A. Using ecological indices to measure economic and environmental performance of irrigated agriculture / M. A. Azad, T. Ancev // Ecological Economics. – 2010. – Vol. 69. – Is. 8. – P. 1731 - 1739. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.003>
6. Hoang, V.-N. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic,

Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture / V.-N. Hoang, M. Alauddin // Environ. Resource Econ. – 2012. – Vol. 51. – P. 431-452. DOI 10.1007/s10640-011-9506-6

7. Moreno-Moreno, J.-J. Assessment of the operational and environmental efficiency of agriculture in Latin America and the Caribbean / J.-J. Moreno-Moreno, F. Velasco Morente, M. T. Sanz Diaz // Agric. Econ. – 2018. – Czech, Vol. 63. – № 2. – P. 74-88. DOI:10.17221/260/2016-AGRICECON

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

9. Rolfe, J. Assessing cost-effectiveness when environmental benefits are bundled: agricultural water management in Great Barrier Reef catchments / J. Rolfe, J. Windle, K. McCosker, A. Northey // Australian Journal of Agricultural and Resource Economics. – 2018. – Vol. 62. – Is. 3. – P. 373-393. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12259>

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

**Павел Григорьевич Зеленский**

Руководитель региона «Север»

E-mail: [agroplazmapz@mail.ru](mailto:agroplazmapz@mail.ru)

ООО АГРОПЛАЗМА,  
350012, Россия, г. Краснодар,  
ул. Красных партизан, 71

**Ольга Всеволодовна Зеленская**

Доцент кафедры ботаники и общей экологии  
факультета агрономии и экологии

E-mail: [zelenskayaolga-2011@mail.ru](mailto:zelenskayaolga-2011@mail.ru)

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

**Pavel Grigorievich Zelensky**

Head of the Region «North»

E-mail: [agroplazmapz@mail.ru](mailto:agroplazmapz@mail.ru)

AGROPLAZMA LLC.,  
71 Krasnykh Partizan, Krasnodar, 350012, Russia

**Olga Vsevolodovna Zelenskaya**

Associate professor of the department of botany  
and general ecology, faculty of agronomy and  
ecology

E-mail: [zelenskayaolga-2011@mail.ru](mailto:zelenskayaolga-2011@mail.ru)

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-23-29  
 УДК: 633.18:631.872:631.461.61

**Зеленский Г. Л.**, д-р с.-х. наук,  
**Котляров В. В.**, д-р с.-х. наук,  
**Котляров Д. В.**, д-р с.-х. наук,  
**Зеленский А.Г.**, канд. биол. наук  
 г. Краснодар, Россия

### ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ РИСОВОЙ СОЛОМЫ

В Российской Федерации производится около 1 млн т рисовой соломы. В мировой практике имеется много вариантов ее рационального использования. Солома, вывезенная с полей, применяется для получения биогаза, биомасла и этанола. Из рисовой соломы производят кремний, необходимый для металлургии и создания солнечных батарей. Она является сырьем для производства строительных материалов, бумаги и многочисленных хозяйственных изделий: веревок, мешков, циновок и др. Из соломы готовят компост или измельчают и запахивают в качестве органического удобрения с добавлением биопрепаратов для ускорения ее разложения в почве. Проблема оптимальной утилизации рисовой соломы в России еще не решена. Многие из способов утилизации соломы требуют значительных дополнительных капиталовложений. Рисоводческие хозяйства не готовы пока к таким расходам. Сокращение поголовья животных на фермах значительно уменьшило потребность в рисовой соломе, используемой в качестве подстилки. Запахивать неизмельченную солому невозможно. Существующая техника не обеспечивает быстрое и качественное измельчение стеблей риса после обмолота зерна. Это вынуждает рисоводов сжигать солому на большинстве полей, особенно пораженных пирикулярриозом, что создает экологическое напряжение и вызывает негативную реакцию у населения. Изучение биопрепарата Агробивит холодок для гумификации рисовой соломы показало достаточно высокую его эффективность. Он обеспечивает деструкцию рисовой соломы в осенний послеуборочный период при пониженной температуре + 12 °С в течение 30 суток. Предложено в санитарных зонах и около поселков сеять устойчивые к пирикулярриозу короткостебельные сорта риса Кумир, Сонет и Азовский. Измельченную их солому следует обрабатывать препаратом Агробивит холодок и заделывать в почву в качестве органического удобрения.

**Ключевые слова:** сорта риса, рисовая солома, сжигание соломы, пирикулярриоз, измельчение и гумификация рисовой соломы, почвенная микробиота, биопрепарат Агробивит холодок.

### PROBLEMS AND PROSPECTS OF RICE STRAW DISPOSAL

Russian Federation produces about 1 million tons of rice straw. In world practice, there are many options for its rational use. The straw removed from the fields is used to produce biogas, bio-oil and ethanol. Rice straw is used to produce silicon, which is essential for metallurgy and solar cells. It serves as raw material for the production of building materials, paper and numerous household products: ropes, sacks, mats, etc. Straw is composted or crushed and plowed as an organic fertilizer with the addition of biological products to accelerate its decomposition in the soil. The problem of optimal disposal of rice straw in Russia has not yet been resolved. Many of the straw disposal methods require a significant additional investment. Rice farms are not ready for such costs yet. The decline in livestock on farms has significantly reduced the need for rice straw used for bedding there. It is impossible to plow unshredded straw. The existing technique does not provide fast and high-quality grinding of rice stalks after grain threshing. This forces rice growers to burn straw in most fields, especially those affected by blast, which creates environmental stress and causes negative reactions from the population. The study of the biological product Agrobiovit chill for humification of rice straw showed its rather high efficiency. It ensures the destruction of rice straw in the autumn post-harvest period at a low temperature of + 12 °C for 30 days. It was proposed to sow blast-resistant short-stemmed rice varieties Kumir, Sonet and Azovsky in sanitary zones and near villages. Crushed straw should be treated with Agrobiovit chill and embedded in the soil as an organic fertilizer.

**Key words:** rice varieties, rice straw, straw burning, blast, crushing and humification of rice straw, soil microbiota, biological product Agrobiovit chill.

#### Введение

Российская Федерация входит в число 35 стран, которые производят более 1 млн т зерна риса. В растениях сортов риса, возделываемых в России, содержится в среднем около 50 % зерна и столько же соломы ( $K_{\text{хоз}} = 48-52$ ). Это означает, что на рос-

сийских рисовых полях ежегодно производится около 1 млн т соломы. Проблема утилизации рисовой соломы в настоящее время стоит довольно остро. Учитывая, что в Краснодарском крае производится около 80 % российского риса, оптимальное решение этой проблемы необходимо искать

именно кубанским ученым и производителям риса.

В большинстве рисосеющих стран мира проблема утилизации рисовой соломы успешно решается. В азиатских странах, где население имеет небольшие земельные участки, большую часть соломы используют для корма животных, производства биокомпостов, биогаза и различных хозяйственных изделий [14, 16, 22]. Остальные послеуборочные остатки заделывают в почву [18, 23]. При этом используют инокуляцию грибами, влияющими на ускорение темпов разложения рисовой соломы в почве [20]. На посевах, пораженных болезнями, солому сжигают, несмотря на загрязнение атмосферного воздуха и эмиссию парниковых газов [15]. Достаточно широко используют рисовую солому в качестве субстрата при выращивании гриба вёшенки [19].

В Австралии, где производят зерна риса более 1 млн т, что сопоставимо с Российской Федерацией, рисовую солому утилизируют по-своему. В каждом фермерском хозяйстве, где выращивают рис, содержат по 150-200 овец. Рис убирают прямым комбайнированием, срезая верхнюю часть растений с метелками. Остаются стебли с частью зеленых листьев. В чеки запускают овец, которые объедают листья. Оставшиеся стебли после высыхания сжигают.



В европейских странах сжигать солому после уборки риса запрещено. Поэтому ее измельчают и заделывают в почву. В Италии рисовую солому фермеры чаще собирают в рулоны и продают на заводы, которые производят биогаз [17].

В СССР, когда в каждом рисоводческом хозяйстве было по несколько животноводческих ферм, большую часть рисовой соломы использовали для подстилки. А затем получаемый органический субстрат вывозили на рисовые поля в качестве удобрения. Остатки соломы, особенно на полях, где рис был поражен пирикулярриозом, сжигали. Но это был небольшой объем, и негативного экологического воздействия не наблюдалось.

В настоящее время в российских хозяйствах рисовую солому после обмолота зерна собирают в рулоны или прессуют в тюки и вывозят с поля для нужд животноводства, а на отдельных полях её сжигают (рис. 1).

Последние 10-12 лет рисоводство на Кубани развивается довольно интенсивно. Урожайность культуры превысила 7,0 т/га. Соответственно увеличился и объем рисовой соломы. Животноводческие фермы в большинстве хозяйств рисосеющих районов ликвидированы. Остро встает вопрос утилизации соломы – ценного биологического и хозяйственного материала.



**Рисунок 1. Рисовая солома в рулонах; сжигание в валках**

Проведенные анализы показали, что рисовая солома содержит органические и минеральные соединения: целлюлозу – 49,52 %, пентозаны – 20,58 %, эфирные экстракты – 1,33 %, спиртовые экстракты – 4,98 %. После сжигания этой соломы получается: золы – до 14,6 %, кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) – около 11 %, калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 1,8 %, фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 0,48 %, железа ( $\text{FeSO}_4$ ) – 0,43 %, магния – ( $\text{MgO}$ ) – 0,38 %, кальция ( $\text{CaO}$ ) – 0,26 %, серы ( $\text{SO}_3$ ) – 0,07 %, натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) – 0,66 % [6]. Известно, что из 1 т рисовой соломы можно получить 70-120 кг диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), который используется для производства солнечных батарей и специальных сортов стали. Тогда как при сжигании рисовой соломы происходит загрязнение атмосферного воздуха [1]. В процессе горения растительных остатков выделяются оксиды азота, углерода, серы, угле-

водороды, сажа, а также фенол, формальдегид и тяжелые металлы.

По данным Международного института риса (IRRI) при сгорании соломы выделяется метан и парниковые газы, которые способствуют глобальному потеплению [21].

Неправильно думать, что российские рисоводы не озабочены проблемами, связанными с сжиганием соломы. Так, ещё 10 февраля 2010 г. было проведено Совецание по проблеме утилизации рисовой соломы в Краснодарском крае. Ведущие ученые и специалисты-производственники, обсудив состояние проблемы, пришли к общему заключению, что сжигание соломы – это крайняя мера, и применять ее необходимо лишь на участках посевов, пораженных пирикулярриозом, а также там, где необходимо ускоренно подготовить почву к посеву других культур.



Эпифитотия пирикулярриоза 2013 г. в Краснодарском крае способствовала обоснованию необходимости массового сжигания соломы риса. Это действительно эффективный метод борьбы с болезнью, потому что её инфекционное начало хорошо сохраняется в зимний период на растительных остатках.

Учитывая сложившуюся ситуацию, руководство страны пошло навстречу рисоводам, и в марте 2017 г. было подписано Постановление правительства РФ, разрешающее сжигание рисовой соломы, при соблюдении соответствующих правил. К сожалению, правила эти не всеми соблюдаются. Хотя и рисоводов понять можно. Уборка риса проходит в сентябре-октябре, часто при сырой погоде. Сразу по завершении уборки поле необходимо вспахать до наступления зимней распутицы, подготовить почву под урожай следующего года. Поэтому все стремятся быстрее освободить поля от соломы, при наличии которой пахать чеки невозможно. Самый легкий и быстрый способ – сжечь солому. И жгут все, на большой площади сразу. Дым накрывает города и поселки, вызывая аллергическую реакцию у населения [5]. В связи с этим на портале ГАРАНТ.РУ 11 ноября 2021 опубликовано Письмо Министерства сельского хозяйства РФ от 22 октября 2020 г. N 19-Б-8516/ог-6230 «О сжигании рисовой соломы».

Вот выдержка из этого письма: «Безусловно, сжигание соломы наносит экологический ущерб окружающей природной среде. Но если ее не сжигать и оставлять в валках на полях, а другим способом утилизировать ее не получается, то это делает невозможным последующую обработку почвы и выращивание других, следующих после риса, сельскохозяйственных культур. То есть жесткий запрет на сжигание соломы в результате исполнения федеральных законов от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» и от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» приведет к ликвидации рисоводства как отрасли.

Кроме того, в пользу сжигания соломы говорит тот факт, что одной из причин снижения рентабельности отрасли является поражение растений риса пирикулярриозом, несмотря на то, что посевы обрабатываются фунгицидами по 2-4 раза за сезон. Сжигание зараженных пожнивных остатков в значительной степени способствует сдерживанию развития болезни, а применение этого агротехнического приема описывается во всех рекомендациях по борьбе с пирикулярриозом» [8].

И все же, сжигание рисовой соломы – мера не всегда оправданная. Мало того, что обедняется почва, но при этом усиливается пестрота почвенного плодородия. Поэтому измельчение соломы и заделка в почву является наиболее целесообразным способом ее утилизации. Качественно измельченная и расщепленная стеблевая масса является

отличным органическим удобрением [2].

Измельчение рисовой соломы оказалось сложной проблемой из-за структуры и биохимического состава стеблей риса. Высокое содержание кремнезема делает соломину жесткой и крепкой, что препятствует ее разрушению. На современных рисовых комбайнах TORUM-740, TORUM-750, CLAAS (рисовая модификация) ставят специальное приспособление для измельчения и разбрасывания соломы по полю. Однако производительность комбайна при этой работе снижается на 30 %, расход топлива увеличивается на 15 %, увеличиваются сроки уборки риса [12]. Поэтому предложено разделить обмолот риса и измельчение его стеблей. Учеными Кубанского ГАУ создан специальный «Мобильный прицепной измельчитель соломы», который агрегируется с трактором МТЗ-82Р. Он подбирает солому риса из валка после комбайна, измельчает и разбрасывает ее, показывая высокую эффективность в работе [13]. Остается только наладить серийное производство этой машины.

Измельчение соломы – это только первый этап ее утилизации. Необходима микробиологическая переработка соломы после заделки в почву. При этом необходимо учитывать, что простая заплата соломы в почву глубже 16 см замедляет процесс разложения и способствует накоплению токсических продуктов ее распада [10]. В ФНЦ риса ведется изучение способов заделки рисовой соломы в почву вспашкой и дискованием. При этом в солому добавляют карбамид и биодеструктор стерни «Стимикс® Нива». Полученные данные полевых опытов свидетельствуют о перспективности таких исследований [7].

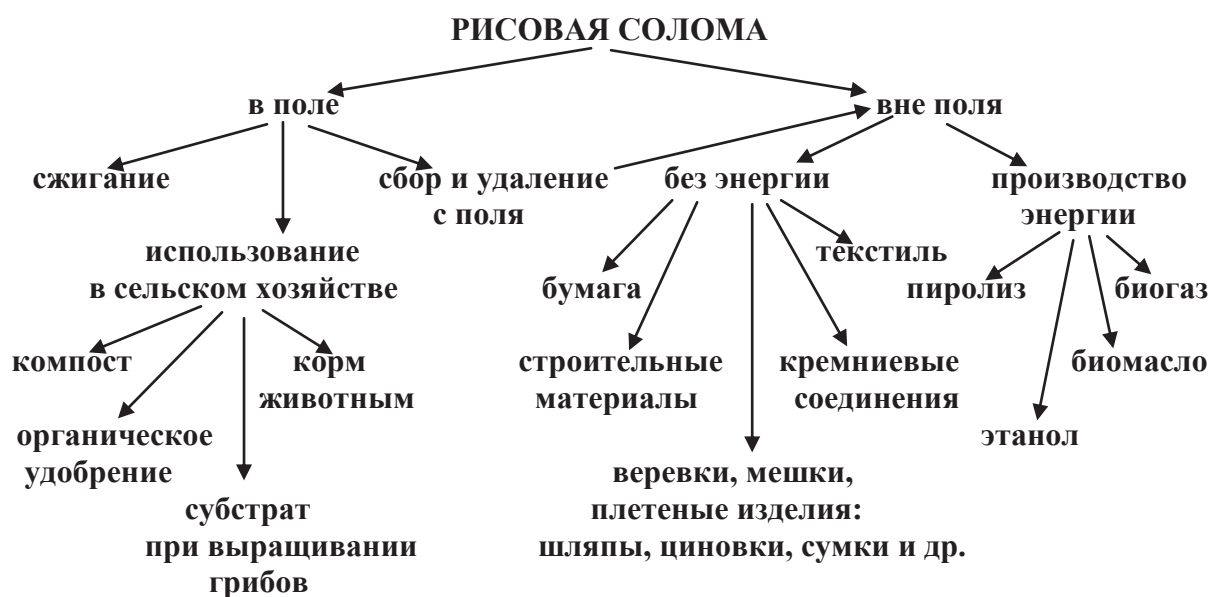
#### **Цель исследований**

Проанализировать способы утилизации рисовой соломы и провести испытание биопрепаратов для гумификации растительных остатков риса.

#### **Результаты и обсуждение**

На основе анализа литературы и собственных наблюдений нами сформирована схема вариантов рационального использования рисовой соломы (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, насколько многосторонне рисовая солома используется населением различных стран. Однако большинство из этих способов для реализации требуют больших материальных и финансовых вложений, которые не всегда оправдываются. Например, на инвестиционном форуме «Сочи-2013» компания ООО «Краснодарский диоксид кремния» презентовала «Проект комплекса по утилизации рисовой шелухи» (в перспективе и рисовой соломы) с выработкой кремне-углеродных порошков, диоксида кремния, который используется в производстве резины и в металлургии. На Кубани ежегодно производится около 250 тыс. т рисовой шелухи и более 800 тыс. т рисовой соломы. Проект должен был стать пилотным для решения серьезной экологической проблемы. Однако в 2021 г. стало известно, что эта компания обанкро-



**Рисунок 2. Основные пути использования рисовой соломы**

тилась. Аналитики отмечают, что инновационные технологии, разработанные в теории, но не воплощенные в технологическое оборудование – это всегда риск, поскольку речь идет о технологиях, которых фактически еще нет [9]. Таким образом, в связи с проблемами, имеющими место при разработке проектов, связанных с переработкой рисовой соломы «вне поля», следует обратить внимание на утилизацию ее непосредственно в поле в послеуборочный период. Наиболее экономичным и экологичным решением представляется измельчение и заделывание рисовой соломы в почву с участием микроорганизмов для ее компостирования.

Необходимость гумификации рисовой соломы очевидна и основная мотивация для этого заключается в следующем:

1. Устранение крайне негативной для экологического состояния окружающей среды технологической операции по сжиганию соломы и стерни в рисовых чеках, применяемой в настоящее время в России.

2. Увеличение плодородия почвы, в том числе содержания в ней гумуса, за счёт биологического разложения растительных остатков.

3. Заселение рисового фитоценоза супрессивной микробиотой, которая угнетает ряд патогенных микроорганизмов (таких как возбудители пирикуляриоза, бактериоза, фузариоза, альтернариоза).

4. Возможность беспрепятственной обработки почвы.

Важным звеном в работе по деструкции растительных остатков и заселения их супрессивной микробиотой является подбор компонентов при формировании смесей биоагентов для внесения их в агробиоценозы. При этом целесообразно располагать сведениями о наличии патогенных микроорганизмов в почве (в том числе по качественному и количественному составу). Исходя из этой информации, подбираются биоаген-

ты направленно действующие против доминирующих фитопатогенов. После стабилизации почвенной микробиоты в пользу супрессивных видов можно поддерживать достигнутые успехи путём внесения разработанного нами комплекса микроорганизмов с учётом цепи их питания. Как правило, в этот комплекс входят: *Trichoderma viride* (и/или *T. harzianum*), *Bacillus megatherium*, *Azotobacter chroococcum*.

Допустимо вводить в баковую смесь, наряду с деструктором, молочнокислые бактерии (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*).

При внесении биопрепаратов на растительные остатки надо руководствоваться наличием влаги, а также длительностью её сохранения.

В условиях сложившейся системы земледелия в рисоводстве это мероприятие нужно осуществлять в очень сжатые сроки, лучше с одновременной заделкой вносимых биопрепаратов в почву. При этом работы надо проводить в пасмурную, дождливую погоду, ночью или в период захода солнца (обычно это начало выпадения росы или просто повышение влажности воздуха). В сухой и жаркий период такую работу необходимо проводить только в ночное время суток. Но в условиях суховейных явлений (при сильном иссушении почвы) обработку растительных остатков следует отложить до возникновения приемлемых для этого условий (выпадения осадков в виде дождя, росы или туманов). Визуальной оценкой того, что послеуборочные остатки заселены супрессивным микроорганизмом *Trichoderma*, является появление на них характерного порошащего белого налёта.

Кроме того, опыт полученный в процессе обработки растительных остатков в богарных условиях показал, что поздние осенние сроки внесения биопрепаратов не обеспечивают быстрой их деструкции из-за низких температур [4]. Так, в Зауралье послеу-

борочная обработка растительных остатков льна не имела успеха, так как этот период в регионе, как правило, характеризуется низкими температурами. В этой связи нами был выявлен холодостойкий штамм *Trichoderma viride*, что позволило разработать на его основе комплекс биопрепаратов (Агробиовит холодок), обеспечивающих деструкцию льняной соломы (которая обычно долго не разлагается в почве, что существенно затрудняет обработку почвы).

Уборка риса в России осуществляется в осенний период, когда температура воздуха снижается ниже + 18 °С, что неблагоприятно для действия традиционно применяемых препаратов для разложения растительных остатков. В этой связи возникла идея использовать разработанный нами комплекс биопрепаратов (Агробиовит холодок) для гумификации рисовой соломы. Лабораторные опыты, проведенные в условиях температуры + 12 °С, в течение 30 суток доказали возможность такой работы (табл. 1).

**Таблица 1. Результаты деструкции рисовой соломы после обработки биопрепаратами (лабораторный опыт, 2020)**

№	Варианты опыта	Результат (в баллах*)
1	Контроль (обработка водой)	0
2	<i>Trichoderma viride</i> (холодостойкая)	1
3	Агробиовит деструктор (на базе <i>T. harzianum</i> )	2
4	Агробиовит холодок: <i>T. viride</i> (холодостойкая) + <i>Azotobacter chroococcum</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	3

*Примечание:*

\* шкала для учёта степени деструкции рисовой соломы:

0 – солома разрывалась с усилием, внутренняя часть соломины оставалась целой

1 – солома разрывалась с некоторым усилием

2 – солома разрывалась с меньшим усилием

3 – солома разрывалась без усилий, внутренняя часть соломины разрывалась легко

В результате проведенного опыта установлено, что использование одной триходермы (даже холодостойкой) и традиционного деструктора растительных остатков малоэффективно. В то же время применение препарата Агробиовит холодок (включающего в себя *T. viride* –холодостойкая + *Azotobacter chroococcum* + *Pseudomonas fluorescens*), обеспечивает деструкцию рисовой соломы при пониженной температуре + 12 °С, в течение 30 суток.

Полученные данные позволили обосновать проведение производственных испытаний препарата Агробиовит холодок для послеуборочной обработки рисовой соломы в целях её деструкции. Такой полевой опыт заложен 15.10.2021 г. на рисовой системе учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ, где измельченную солому сорта риса Фаворит обрабо-

тали препаратом Агробиовит холодок. Предварительный учет показал положительное действие биопрепарата на деструкцию рисовой соломы.

В заключение рассмотрим вопрос: как можно селекционным путем облегчить работу по превращению рисовой соломы в органическое удобрение. Здесь необходимо соблюсти три условия: сорта риса должны быть низкорослыми, чтобы меньше давали соломы, устойчивыми к пирикулярриозу для исключения необходимости сжигать солому с целью борьбы с болезнью и не быть позднеспелыми, чтобы биопрепараты успели подействовать до наступления зимы.

В ФНЦ риса созданы сорта, отвечающие этим требованиям [5, 6]: Кумир, Сонет, Азовский (табл. 2).

**Таблица 2. Краткая характеристика сортов риса**

Сорт	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Потенциальная урожайность, т/га
Кумир	115-117	80-85	11,0-12,0
Сонет	109-115	80-85	9,0-10,0
Азовский	103-107	85-90	9,5-10,0

Как видно из таблицы 2, все три сорта отличаются достаточно высокой потенциальной урожайностью, которая неоднократно подтверждалась в производственных условиях. По высоте они ниже других возделываемых сортов, поэтому дают соломы меньше. Период вегетации сортов Кумир и Сонет позволяет убирать их с первой декады сентября, а сорта Азовский – с третьей декады августа. Эти сорта обладают повышенной полевой устойчивостью к пирикулярриозу, поэтому при оптимальных дозах азота их можно не обрабатывать фунгицидами.

Рассмотренные особенности сортов Азовский, Кумир и Сонет позволяют рекомендовать их для посева в санитарно-защитных зонах вблизи поселков. При уборке их солому необходимо измельчать, обрабатывать биопрепаратом Агробиовит холодок и заделывать в почву в качестве органического удобрения. Таким образом в этих зонах будет исключено сжигание рисовой соломы.

#### **Выводы**

1. Утилизация рисовой соломы возможна как в полевых условиях, так и вне поля. Она служит источником для производства энергии, сырьем для химической, целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности, используется в сельском хозяйстве.

2. Проведено испытание биологического препарата Агробиовит холодок, который способствует деструкции рисовой соломы при пониженной температуре + 12 °С в течение 30 суток.

3. В санитарных зонах вблизи населенных пунктов следует высевать устойчивые к пирикулярриозу короткостебельные сорта риса: Кумир, Сонет, Азовский, дающие соломы меньше других сортов. Измельченную солому необходимо обрабатывать биопрепаратом Агробиовит холодок и заделывать в почву в качестве органического удобрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян, Э. Р. Возможные варианты использования отходов рисового производства в народном хозяйстве (обзор) / Э. Р. Авакян // *Рисоводство*. – Краснодар, 2015. – № 3-4 (28-29). – С. 55-58.
2. Алешин, Е. П. Влияние формы азотного удобрения и способы его внесения при заделке соломы на биологическую активность почвы и урожайность риса / Е. П. Алешин // *Бюл. НТИ ВНИИ риса*. – Краснодар, 1981. – Вып. XXXI. – С. 49-52.
3. Зеленский, Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.
4. Котляров, В. В. Основы биологизации агротехнологий: монография / В. В. Котляров, Д. В. Котляров, С. А. Шулепина. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 208 с.
5. Кудряшова, Н. Рис с дымком: Краснодар и окрестности погружаются во мглу / Н. Кудряшова // *Газета Вольная Кубань*, 23 октября 2021. – № 83. – С.10.
6. Ладатко, А. Г. Изменение качественного состава гумуса при внесении соломы риса / А. Г. Ладатко // *Тезисы докладов конференции молодых ученых*, Краснодар, 1979. – С. 10.
7. Ладатко, В. А. Влияние способов заделки рисовой соломы на урожайность риса / В. А. Ладатко, М. А. Ладатко // *Рисоводство*. – Краснодар, 2019. – № 1 (42). – С. 32-36.
8. О сжигании рисовой соломы [Электронный ресурс] // *Письмо Министерства сельского хозяйства РФ от 22 октября 2020 г. № 19-Б-8516/ог-6230*. Режим доступа: [http://www. ГАРАНТ.РУ](http://www.ГАРАНТ.РУ), 11 ноября 2021 (Дата обращения 12.11.2021).
9. Перова, А. Диоксид кремния остался шелухой. На Кубани обанкротился проект переработки рисовых отходов [Электронный ресурс] / А. Перова // *Коммерсантъ-История*. – 2021. – № 11(132). Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4704672> (Дата обращения 12.11.2021).
10. Сидоренко, О. Д. Токсические соединения соломы / О. Д. Сидоренко, Л. К. Ницэ // *Использование соломы как органического удобрения*. – М.: Наука, 1980. – С. 55-69.
11. Сорты риса. Сорты и гибриды овощных и бахчевых культур: каталог / ФГБНУ «ФНЦ риса»; сост. С. В. Гаркуша [и др.]. – Краснодар: «ЭДВИ», 2021. – 68 с.
12. Чеботарев, М. И. Технологические аспекты утилизации рисовой соломы в рисоводстве Краснодарского края / М. И. Чеботарев, И. В. Масиенко // *Рисоводство*. – Краснодар, 2014. – № 2 (25). – С. 31-35.
13. Чеботарев, М. И. Утилизация рисовой соломы путем измельчения и расщепления штифтово-ножевым барабаном [Электронный ресурс] / М. И. Чеботарев, И. В. Масиенко, В. В. Масиенко, Г. А. Григорян // *Научный журнал КубГАУ*. – Краснодар, 2017. – №133(09). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/38.pdf>.
14. Abraham, A. Potential of rice straw for bio-refining: An overview / A. Abraham, A. K. Mathew, R. Sindhu, A. Pandey, P. Binod // *Bioresource Technology*. – 2016. – Vol. 215. – P. 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.011>.
15. Arai, H. Greenhouse gas emissions from rice straw burning and straw-mushroom cultivation in a triple rice cropping system in the Mekong Delta / H. Arai, Y. Hosen, N. T. van Nguyen, P. H. Thi, C. N. Huu, K. Inubushi // *Soil Sci. Plant Nutr.* – 2015. – 61. – P. 719-735.
16. Goodman, B. A. Utilization of waste straw and husks from rice production: A review / B. A. Goodman // *Journal of Bioresources and Bioproducts*. – 2020. – Vol. 5. – Is. 3. – P. 143-162. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.001>.
17. *Il riso* / ed. by R. Angelini, A. Ferrero, I. Ponti. – Bayer CropScience, 2008. – 680 p.
18. Kadam, K. L. / Rice straw as a lignocellulosic resource: collection, processing, transportation, and environmental aspects // K. L. Kadam, L. H. Forrest, A. W. Jacobson // *Biomass and Bioenergy*. – 2000. – Vol. 18, Is. 5. – P. 369-389. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00005-2).
19. Kamthan, R. Agricultural wastes-potential substrates for mushroom cultivation / R. Kamthan, I. Tiwari // *European Journal of Experimental Biology*. – 2017. – T. 7. – №. 5. – С. 31.
20. Ngo-Truc, T.T. Farmers' awareness and factors affecting adoption of rapid composting in Mekong Delta, Vietnam and Central Luzon, Philippines / T.T. Ngo-Truc, Z. M. Sumalde, M.V. Espaldon, E. P. Pasardo, C. L. Raperera, F.G. Palis // *Journal Environ. Sci. Manag.* – 2012. – 15 (2). – P. 59-73.
21. *Rice Today* // International Rice Institute, 2013. – № 2. – 12 p.
22. Soam, Sh. Life cycle assessment of rice straw utilization practices in India / Sh. Soam, P. Borjesson, P. K. Sharma, R. P. Gupta, D. K. Tuli, R. Kumar // *Bioresource Technology*. – 2017. – Vol. 228. – P. 89-98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.082>.
23. Van Hung, N. Rice Straw Overview: Availability, Properties, and Management Practices / In: Gummert M., Van Hung N., Chivenge P., Douthwaite B. (eds) *Sustainable Rice Straw Management*. – Springer, Cham., 2020. – 198 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_1).

## REFERENCES

1. Avakyan, E. R. Possible ways of using rice waste in the national economy(review) / E. R. Avakyan // *Rice growing*. – Краснодар, 2015. – № 3-4 (28-29). – P. 55-58.
2. Aleshin, E. P. Influence of the form of nitrogen fertilizer and methods of its application when embedding straw on the biological activity of the soil and rice yield/ E. P. Aleshin// *ARRRI Bulletin*. – Краснодар, 1981. – Is. XXXI. – P. 49-52.
3. Zelenskiy, G. L. Rice: biological foundations of breeding and agricultural technology: monograph / G. L. Zelenskiy. – Краснодар: KubSAU, 2016. – 236 p.
4. Kotlyarov, V. V. Fundamentals of biologization of agricultural technologies: monograph / V. V. Kotlyarov, D. V. Kotlyarov, S. A. Shulepina. - Krasnodar: KubSAU, 2021. - 208 p.
5. Kudryashova, N. Rice with a smoke: Krasnodar and its environs plunge into mist / N. Kudryashova // *Volnaya Kuban*. - 2021. - № 83. - P.10.
6. Ladatko, A. G. Change in the qualitative composition of humus when rice straw is introduced / A. G. Ladatko // *Abstracts of the young scientists conference*. - Krasnodar, 1979. - P. 10.

7. Ladatko, V. A. Influence of rice straw incorporation methods on rice productivity / V. A. Ladatko, M. A. Ladatko // Rice growing. - Krasnodar, 2019. - № 1 (42). - P. 32-36.
8. On the burning of rice straw [Electronic resource] // Letter of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated October 22, 2020 No. 19-B-8516 / og-6230. Access mode: [http://www. GARANT.RU](http://www.GARANT.RU), November 11, 2021 (Accessed 11/12/2021).
9. Perova, A. Silicon dioxide remained a husk. A rice waste processing project went bankrupt in the Kuban [Electronic resource] / A. Perova // Kommersant-History. - 2021. - № 11 (132). Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/4704672> (accessed 11/12/2021).
10. Sidorenko, O. D. Straw toxic compounds / O. D. Sidorenko, L. K. Nitse // Use of straw as an organic fertilizer. – М.: Nauka, 1980. – P. 55-69.
11. Rice varieties. Varieties and hybrids of vegetable and melon crops: catalog / FSBSI «Federal Scientific Rice Centre»; comp. S. V. Garkusha [et al.]. - Krasnodar: «EDVI», 2021. - 68 p.
12. Chebotarev, M. I. Technological aspects of rice straw utilization in rice growing in Krasnodar region / M. I. Chebotarev, I. V. Masienko // Rice growing. - Krasnodar, 2014. - № 2 (25). - P. 31-35.
13. Chebotarev, M. I. Rice straw utilization by grinding and splitting with a pin-knife drum [Electronic resource] / M. I. Chebotarev, I. V. Masienko, V. V. Masienko, G. A. Grigoryan // Scientific journal of KubGAU . - Krasnodar, 2017. - № 133 (09). – Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/38.pdf>.
14. Abraham, A. Potential of rice straw for bio-refining: An overview / A. Abraham, A. K. Mathew, R. Sindhu, A. Pandey, P. Binod // Bioresource Technology. – 2016. – Vol. 215. – P. 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.011>.
15. Arai, H. Greenhouse gas emissions from rice straw burning and straw-mushroom cultivation in a triple rice cropping system in the Mekong Delta / H. Arai, Y. Hosen, N. T. van Nguyen, P. H. Thi, C. N. Huu, K. Inubushi // Soil Sci. Plant Nutr. – 2015. – 61. – P. 719-735.
16. Goodman, B. A. Utilization of waste straw and husks from rice production: A review / B. A. Goodman // Journal of Bioresources and Bioproducts. – 2020. – Vol. 5, Is. 3. – P. 143-162. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.001>.
17. Il riso / ed. by R. Angelini, A. Ferrero, I. Ponti. – Bayer CropScience, 2008. – 680 p.
18. Kadam, K. L. Rice straw as a lignocellulosic resource: collection, processing, transportation, and environmental aspects / K. L. Kadam, L. H. Forrest, A. W. Jacobson // Biomass and Bioenergy. – 2000. – Vol. 18. - Is. 5. – P. 369-389. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00005-2).
19. Kamthan, R. Agricultural wastes-potential substrates for mushroom cultivation / R. Kamthan, I. Tiwari // European Journal of Experimental Biology. – 2017. – V. 7. – №. 5. – С. 31.
20. Ngo-Truc, T.T. Farmers' awareness and factors affecting adoption of rapid composting in Mekong Delta, Vietnam and Central Luzon, Philippines / T.T. Ngo-Truc, Z. M. Sumalde, M.V. Espaldon, E. P. Pasardo, C. L. Rapera, F.G. Palis // Journal Environ. Sci. Manag. – 2012. – 15 (2). – P. 59-73.
21. Rice Today // International Rice Institute, 2013. – № 2. – 12 p.
22. Soam, Sh. Life cycle assessment of rice straw utilization practices in India / Sh. Soam, P. Borjesson, P. K. Sharma, R. P. Gupta, D. K. Tuli, R. Kumar // Bioresource Technology. – 2017. – Vol. 228. – P. 89-98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.082>.
23. Van Hung, N. Rice Straw Overview: Availability, Properties, and Management Practices / In: Gummert M., Van Hung N., Chivenge P., Douthwaite B. (eds) Sustainable Rice Straw Management. – Springer, Cham., 2020. – 198 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_1).

**Григорий Леонидович Зеленский**

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

**Алексей Григорьевич Зеленский**

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

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

**Владимир Владиславович Котляров**

Профессор кафедры физиологии и биохимии растений  
E-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

**Денис Владимирович Котляров**

Главный научный сотрудник  
ООО МИП «Кубанские агротехнологии»

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

**Grigory Leonidovich Zelensky**

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

**Alexey Grigorievich Zelensky**

Senior researcher of the breeding department  
E-mail: odin165@mail.ru

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

**Vladimir Vladislavovich Kotlyarov**

Professor of the department physiology and biochemistry of the plant  
E-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

**Denis Vladimirovich Kotlyarov**

Chief researcher of the LLC MIP  
«Kuban agrotechnology»

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-30-35  
УДК: 633.15.631.527

Перевязка Д.С.,  
Перевязка Н.И.,  
Супрунов А.И. д-р с.-х. наук  
г. Краснодар, Россия

### КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

*Создание и последующее изучение исходного материала занимает важную роль в селекции растений. Только использование качественного исходного материала по фенологическим, биометрическим и генетическим признакам позволит создать высокопродуктивные гибриды и сорта культурных растений. В настоящее время существует большое количество различных методов изучения исходного материала. Одним из таких методов является кластерный анализ. Применение данного метода исследования позволяет из изучаемого множества различных показателей, сначала выделить, а затем и обобщить необходимые селекционеру. В работе использование кластерного анализа позволило выделить различные группы исходного материала для создания новых раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы. Дигаплоидные линии кукурузы, используемые в исследовании, были разделены на сходные группы, по таким основным биометрическим характеристикам початка, как масса 1000 зёрен, масса зерна с початка и масса початка. Данные биометрические характеристики напрямую влияют на урожайность как исходного материала, так и впоследствии новых гибридов кукурузы, создаваемых с их участием. В результате работ был систематизирован по различным группам исходный материал, а именно, новые раннеспелые и среднеранние дигаплоидные линии кукурузы, что позволит нам определить дальнейшую схему их использования в дальнейшей селекционной работе.*

**Ключевые слова:** кукуруза, гибриды, исходный материал, дигаплоидные линии.

### CLUSTER ANALYSIS OF A NEW INITIAL MATERIAL FOR THE CREATION OF EARLY AND MEDIUM CORN HYBRIDS

*The creation and subsequent study of the source material plays an important role in plant breeding. Only the use of high-quality starting material based on phenological, biometric and genetic characteristics will make it possible to create highly productive hybrids and varieties of cultivated plants. Currently, there are a large number of different methods of studying source material. One of these methods is cluster analysis. The application of this research method allows, from the set of different indicators being studied, to first isolate and then generalize the necessary ones for the breeder. In this work, the use of cluster analysis made it possible to distinguish various groups of initial material for the creation of new early-maturing and mid-early maize hybrids. The dihaploid maize lines used in this study were divided into similar groups based on the main biometric characteristics of the ear of corn, such as 1000 grains weight, corn weight per ear, and ear weight. These biometric characteristics directly affect the yield of both the initial material and subsequently of new corn hybrids created with their participation. As a result of the work, we have systematized the source material according to various groups, namely, new early-maturing and mid-early dihaploid lines of maize, which will allow us to determine the further scheme of their use in further breeding work.*

**Key words:** corn, hybrids, starting material, dihaploid lines.

#### Введение

Кукуруза – одна из важнейших зерновых культур в мире, которая в нашей стране в основном используется для производства кормов для сельскохозяйственных животных и продуктов питания человека. Также кукуруза может с успехом применяться в промышленной составляющей жизнедеятельности человека и служить хорошим сырьём для получения крахмала, спирта и масла из её зерна [1, 4, 13, 14]. В современной селекции гибридов кукурузы используется множество методов создания нового исходного материала, одним из основных является метод гаплоидии, служащий для создания дигапло-

идных линий. Использование метода позволяет в короткие сроки получить гомозиготный материал, что достаточно важно для гетерозисной селекции данной культуры [11, 12, 15].

На территории Российской Федерации большое распространение получили раннеспелые и среднеранние гибриды кукурузы. За счёт своего периода вегетации гибриды данных групп спелости могут с успехом возделываться как в условиях Северного Кавказа, так и в зонах с ограниченной теплообеспеченностью, таких как Воронежская, Липецкая, Белгородская и многие другие области нашей стра-

ны, где период вегетации играет важную роль в возделывании кукурузы. Также немаловажная ценность кукурузы заключается в том, что она является хорошим предшественником для посевов озимых культур, таких как пшеница и ячмень [2, 7, 8].

В настоящее время потребность в качественных сортах и гибридах культурных растений очень высока. В связи с этим ключевую роль в данном направлении занимает работа селекционера по созданию и оценке исходного материала, отвечающего самым высоким требованиям, предъявляемым сельхоз товаропроизводителями. Существует множество различных методов изучения исходного материала: изучение комбинационной способности по хозяйственно-ценным признакам, изучение его биохимических и генетических особенностей и т.д. Однако, одним из основных и самых доступных методов селекции остаётся изучение фенологических и биометрических характеристик исходного материала. В связи с большим количеством информации, получаемой при изучении фенологических и биометрических характеристик, возникает необходимость статистической обработки полученных результатов. В качестве одного из методов статистической обработки может выступать кластерный анализ. Применение данного метода в селекции позволяет провести анализ большого количества изучаемых признаков на близкие по значению группы [3, 5, 6, 9].

**Цель исследований**

Провести кластерный анализ по основным, отличающимся наибольшими значениями коэффициента вариации, морфобиологическим признакам новых раннеспелых и среднеранних дигаплоидных линий кукурузы.

циента вариации, морфобиологическим признакам новых раннеспелых и среднеранних дигаплоидных линий кукурузы.

**Материалы и методы**

Работа по изучению биометрических характеристик нового исходного материала проводилась в течение двух лет на опытных полях НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в 2018–2019 годах. В качестве исходного материала для создания новых линий использовали 6 линий из генетической коллекции института - КР 802 МВ, КР 768/914-1-2, КР 733/6 МВ, КР 244 МВ, КР 801 МВ, КР 3070 МВ. С целью создания нового исходного материала на начальном этапе было создано 5 гибридных комбинаций с участием лучших исходных линий кукурузы с широкой генетической основой: КР 244 МВ x КР 802 МВ, КР 733/6 МВ x КР 802 МВ, КР 244 МВ x КР 76891/4-1-1, КР 3070 МВ x КР 802 МВ, КР 801 МВ x КР 733/6 МВ. Эти линии являются компонентами 12 районированных гибридов кукурузы селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. На получившихся гибридных комбинациях был заложен опыт по получению дигаплоидных линий, разработанный Шацкой О.А. с соавторами [10]. Далее производился анализ 10 растений в 2-х кратной повторности нового исходного материала. Полученные результаты обрабатывали в программах Microsoft Office Excel и Statistica 10.

**Результаты и обсуждение**

Первым этапом работы было изучение биометрических характеристик початка новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы. Результаты работы представлены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1. Морфологические признаки новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы, Краснодар (2018 год)**

Признак	Значение признака			
	X±Sx	CV, %	X±Sx	CV, %
Год исследования	2018 год			
Количество линий, шт.	33, раннеспелые		28, среднеранние	
Длина початка, см	14,6 ± 1,6	11,1	14,5 ± 1,8	12,1
Диаметр стержня, см	2,3 ± 0,2	9,3	2,3 ± 0,3	12,2
Кол-во рядов, шт	14,0 ± 1,9	13,3	14,0 ± 2,0	14,0
Кол-во зёрен в ряду, шт	26,0 ± 3,6	14,0	24,9 ± 4,9	19,7
Масса початка, г	77,8 ± 17,0	21,8	76,1 ± 22,4	29,4
Масса зерна с початка, г	60,5 ± 15,5	25,6	59,6 ± 19,8	33,2
Масса 1000 зёрен, г	219,7 ± 30,7	14,0	226,0 ± 32,0	14,2

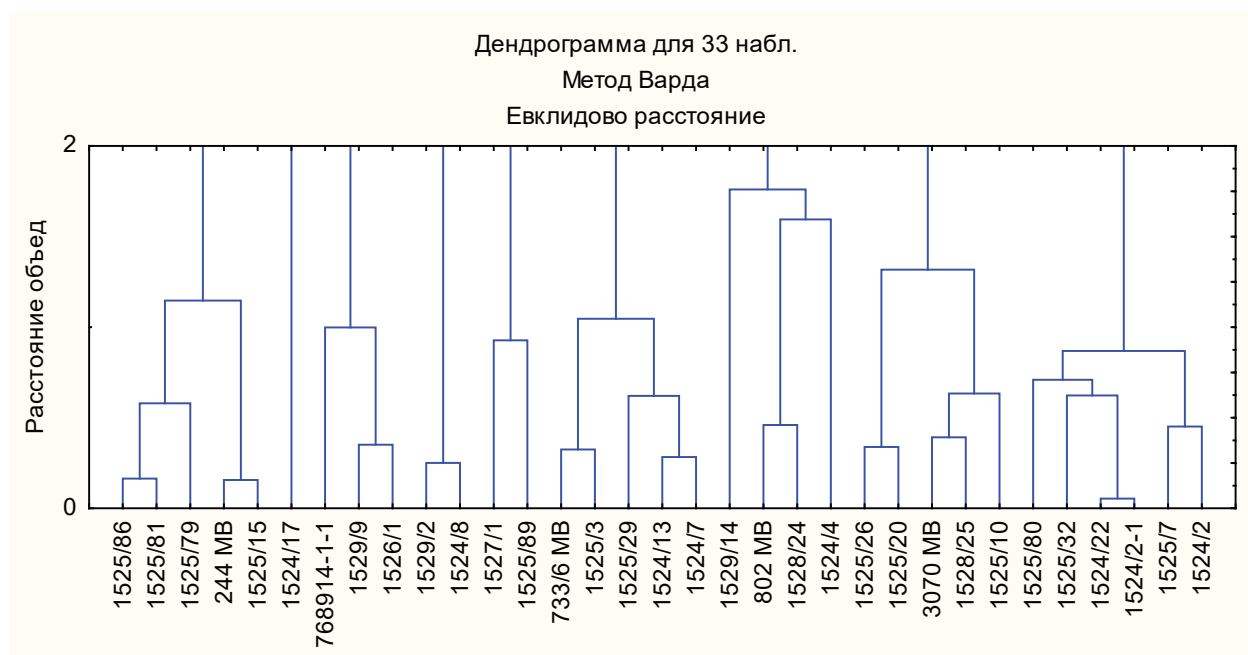
**Таблица 2. Морфологические признаки новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы, Краснодар 2019 год)**

Признак	Значение признака			
	X±Sx	CV, %	X±Sx	CV, %
Год исследования	2019 год			
Количество линий, шт.	33, раннеспелые		28, среднеранние	
Длина початка, см	14,0 ± 1,5	10,6	14,8 ± 1,6	11,1
Диаметр стержня, см	2,3 ± 0,2	8,9	2,3 ± 0,3	12,0
Кол-во рядов, шт	13,2 ± 1,9	14,0	13,6 ± 1,9	13,6
Кол-во зёрен в ряду, шт	22,9 ± 4,2	18,5	24,9 ± 4,4	17,9
Масса початка, г	67,3 ± 15,4	22,9	78,6 ± 31,0	39,4
Масса зерна с початка, г	51,5 ± 14,2	27,6	62,6 ± 27,3	43,5
Масса 1000 зёрен, г	234,4 ± 39,7	17,0	240,0 ± 44,4	18,5

Наибольший коэффициент вариации (CV, %) отмечался у следующих изучаемых признаков новых линий кукурузы как в 2018, так и в 2019 гг.: количество зёрен в ряду, масса початка, масса зерна с початка и масса 1000 зёрен. Поскольку, такой признак, как количество зёрен, в ряду достаточно сильно зависит от биотических и абиотических условий среды. Поэтому дальнейший анализ проводился по признакам: масса початка, масса зерна с

початка и масса 1000 зёрен.

Для дальнейшей статистической обработки нами было решено применить кластерный анализ для выделения близких групп по значениям изучаемых признаков. Кластеризация приведённых биометрических характеристик проводилась методом Варда с применением евклидовой метрики расстояния между исследуемыми объектами. Результаты работы представлены на рисунках 1 и 2.



**Рисунок 1. Дендрограмма новых раннеспелых линий кукурузы**

По результатам проведения кластерного анализа можно сделать следующие выводы: раннеспелые дигиплоидные линии кукурузы на расстоянии объединения равном двум сформировали 9 кластеров.

Далее для простоты восприятия дендрограммы и

более детального изучения кластеров была сформирована таблица со средними значениями изучаемых признаков по каждому из образовавшихся кластеров. Результаты проведённой работы представлены в таблице 3 для раннеспелых линий кукурузы.

**Таблица 3. Средние значения выделившихся кластеров раннеспелых линий**

Номер кластера	Наименование линии	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с початка, г	Масса початка, г
1 кластер	1525/86, 1525/81, 1525/79, 244 MB, 1525/15	230,3	72,6	89,4
2 кластер	1524/17	278,3	84,3	101,6
3 кластер	76891/4-1-1, 1529/9, 1526/1	259,2	57,5	77,2
4 кластер	1529/2, 1524/8	284,3	55,6	70,6
5 кластер	1527/1, 1525/89	242,2	34,0	53,3
6 кластер	733/6 MB, 1525/3, 1525/29, 1524/13, 1524/7	242,5	49,6	64,6
7 кластер	1529/14, 802 MB, 1528/24, 1524/4	180,4	42,0	54,3
8 кластер	1525/26, 1525/20, 3070 MB, 1528/25, 1525/10	202,8	52,6	69,5
9 кластер	1525/26, 1525/80, 1525/32, 1524/22, 1524/2-1, 1525/7, 1524/2	211,0	61,4	79,0

Линии, отличающиеся наилучшими показателями изучаемых признаков, сосредоточены во втором

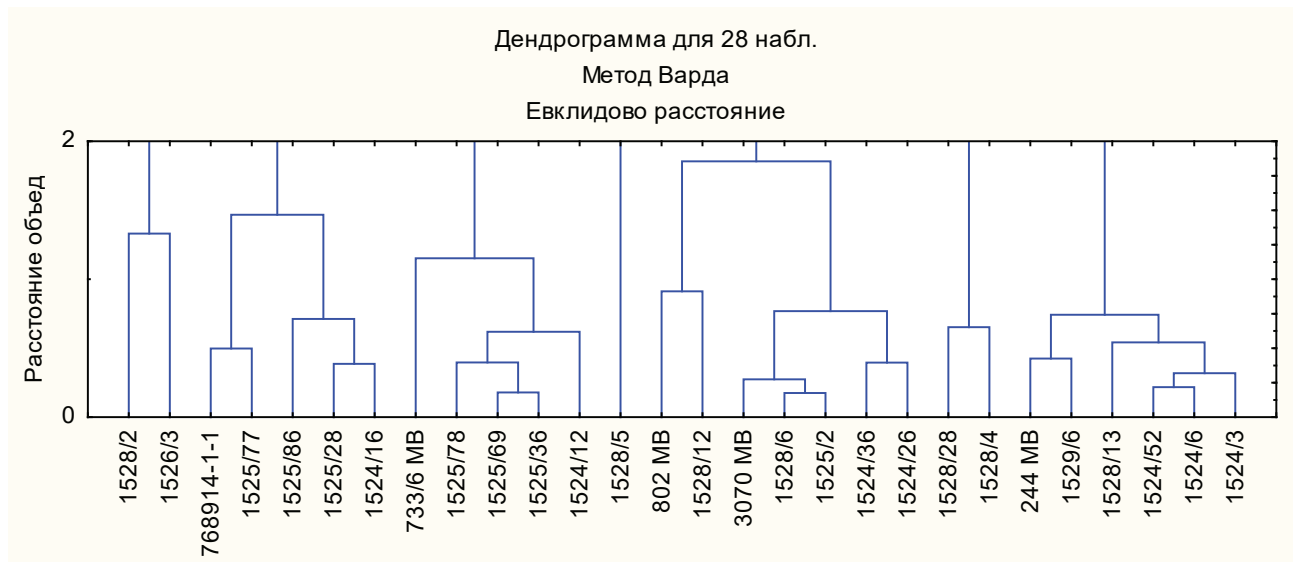
кластере, представленной одной линией – 1524/17, которая имеет следующие значения: масса 1000



зёрен - 278,3 г, масса зерна с початка - 84,3 г и масса початка - 101,6 г.

Далее аналогичные исследования проводились в блоке среднеранних дигиплоидных линий кукурузы. Кластеризация приведённых

биометрических характеристик проводилась методом Варда с применением евклидовой метрики расстояния между исследуемыми объектами. Результаты работы представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2. Дендрограмма новых среднеранних линий кукурузы**

По результатам проведения кластерного анализа можно сделать следующие выводы: среднеранние дигиплоидные линии кукурузы на расстоянии объединения равном двум сформировали 7 кластеров.

Далее была сформирована таблица со средними значениями изучаемых признаков каждого кластера среднеранних линий. Результаты работы представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Средние значения выделившихся кластеров среднеранних линий**

Номер кластера	Наименование линии	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с початка, г	Масса початка, г
1 кластер	1528/2, 1526/3	257,98	123,28	150,14
2 кластер	76891/4-1-1, 1525/77, 1525/86, 1525/28, 1524/16	282,33	63,40	81,38
3 кластер	733/6 МВ, 1525/78, 1525/69, 1525/36, 1524/12	259,07	53,29	69,62
4 кластер	1528/5	158,05	59,89	74,17
5 кластер	802 МВ, 1528/12, 3070 МВ, 1528/6, 1525/2, 1524/36, 1524/26	199,24	46,32	60,54
6 кластер	1528/28, 1528/4	221,45	75,19	90,96
7 кластер	244 МВ, 1529/6, 1528/13, 1524/52, 1524/6, 1524/3	216,28	58,06	72,77

Как видно из таблицы 4 линии с наиболее высокими значениями таких изучаемых признаков как масса 1000 зёрен (257,98 г), масса зерна с початка (123,28 г) и масса початка (150,14 г) представлены в первом кластере.

**Выводы**

Таким образом, нами был проведен кластерный анализ новых раннеспелых и среднеранних линий

кукурузы по таким биометрическим характеристикам початка как: масса 1000 зёрен, масса початка и масса зерна с початка. Полученные результаты помогут нам выделить, систематизировать и подобрать дальнейшие варианты использования новых линий для проведения топ-кроссных скрещиваний и построению работы в питомнике исходного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васин, В.Г. Продуктивность и кормовая ценность гибридов кукурузы при применении минеральных удобрений и стимуляторов роста в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Васин В.Г., Кошелева И.К. // Кормопроизводство. - 2017 - № 9 - С. 40-43.
2. Горбачева, А. Г. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания / А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Кукуруза и сорго. - 2014 - № 2 - С. 20-25.
3. Гудова, А.А. Кластерный анализ по минимуму Евклидовых расстояний в селекции кукурузы / А.А. Гудова // Эффективные решения в приоритетных отраслях АПК в засушливых регионах. - 2020 - С. 30 - 35
4. Дронов, А.В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области / А.В. Дронов, С.А. Бельченко, В.В. Ланцев // Вестник Брянской сельскохозяйственной академии. - 2018 - С. 30 - 37
5. Казыдуб, Н.Г. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, Т.В. // Маркаева, М.М. Коробейникова, М.В. Епачинцев / Вестник ОмГАУ. - 2014 - № 4. - С. 8 - 14
6. Кузьмина, С.П. Применение кластерного анализа в селекции гороха // С.П. Кузьмина, Н.Г. Казыдуб, Е.В. Бондаренко / Вестник НГАУ. - 2018 - № 1. - С. 35 - 417.
7. Сотченко, В.С. Перспективы производства зерна и семян кукурузы в Российской Федерации на период до 2020 года / Сотченко В.С. // Кукуруза и сорго. - 2010 - №4. - С. 3-11
8. Сотченко, В.С. Перспективы производства зерна кукурузы в России / Сотченко В.С. // Кукуруза и сорго. - 2002. - №6. - С. 2-5.
9. Харитонов, Е.М. Применение кластерного анализа для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.И. Иванов // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 6. - С. 32 - 35.
10. Шацкая, О.А. Результаты использования метода гаплоидии в селекции кукурузы / О.А.Шацкая // Кукуруза и сорго. - 2001 - № 4 - С. 14 - 17
11. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects / V. Chaikam, W. Molenaar, A.E. Melchinger, P.M. Boddupalli // Theoretical and Applied Genetics. 2019. - № 132. - P. 3227 - 3243.
12. Dwivedi, S.I. Haploid: constraints and opportunities in plant breeding / S.I. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi // Biotechnology Advances. 2015. - № 33. - P. 812 - 829.
13. Hallauer, A. Evolution of plant breeding / A. Hallauer // Crop breeding and applied biotechnology. - 2011 - №11. - p. 197 - 206.
14. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns / R.R. Bender, J.W. Haegele, M.L. Ruffo, F.E. Below // Better crops. - 2013. - № 97. - P. 7 - 10.
15. Novel technologies in doubled haploid line development / J. Ren, P. Wu, B. Trampe, X. Tian, T. Lübberstedt, S. Chen // Plant Biotechnology Journal. - 2017. - № 15. - P. 1361 - 1370.

## REFERENCES

1. Vasin, V.G. Productivity and fodder value of corn hybrids when using mineral fertilizers and growth stimulants in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region / Vasin V.G., Kosheleva I.K. // Feed production. - 2017. - № 9. - P. 40-43.
2. Gorbacheva, A.G. Reaction of corn hybrids to the temperature regime during germination / A.G. Gorbacheva, I. A. Vetoshkina, A. E. Panfilov, E. S. Ivanova // Corn and sorghum. - 2014. - № 2. - P. 20-25.
3. Gudova, AA Cluster analysis on the minimum of Euclidean distances in corn breeding / A.A. Gudova. Gudova // Effective solutions in priority sectors of the agro-industrial complex in arid regions. - 2020. - P. 30 - 35.
4. Dronov, A.V. Adaptability and productivity of corn hybrids of different early maturity in the conditions of the Bryansk region / A.V. Dronov, S.A. Belchenko, V.V. Lantsev // Bulletin of the Bryansk Agricultural Academy. - 2018. - P. 30 - 375.
5. Kazydub, N.G. Selection of promising samples for breeding beans using cluster analysis in the southern forest-steppe of Western Siberia // N.G. Kazydub, T.V. Markaeva, M.M. Korobeynikova, M.V. Epachintsev / Bulletin of OmGAU. - 2014. - № 4. - P. 8 - 14.
6. Kuzmina, S.P. Application of cluster analysis in pea breeding / S.P. Kuzmina, N.G. Kazydub, E.V. Bondarenko // Bulletin of NSAU. - 2018. - № 1. - P. 35 - 41.
7. Sotchenko, V.S. Prospects for the production of grain and corn seeds in the Russian Federation for the period up to 2020 / Sotchenko V.S. // Corn and sorghum. - 2010. - № 4. - P. 3 - 11.
8. Sotchenko, V.S. Prospects for the production of corn grain in Russia / Sotchenko V.S. // Corn and sorghum. - 2002. - № 6. - P. 2-5.
9. Kharitonov, E.M. The use of cluster analysis for the separation of rice varieties by reaction to changes in environmental conditions / E.M. Kharitonov, Y.K. Goncharova, A.I. Ivanov // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2014. - № 6. - P. 32 - 35.
10. Shatskaya, O.A. Results of using the haploidy method in corn breeding / O.A. Shatskaya // Corn and sorghum. - 2001. - № 4. - P. 14 - 17.
11. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects / V. Chaikam, W. Molenaar, A.E. Melchinger, P.M. Boddupalli // Theoretical and Applied Genetics. - 2019. - № 132. - P. 3227-3243.
12. Dwivedi, S.I. Haploid: constraints and opportunities in plant breeding / S.I. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi // Biotechnology Advances. - 2015. - № 33. - P. 812 - 829.
13. Hallauer, A. Evolution of plant breeding / A. Hallauer // Crop breeding and applied biotechnology. - 2011. - №11. - P. 197 - 206.
14. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns / R.R. Bender, J.W. Haegele, M.L. Ruffo, F.E. Below // Better crops. - 2013. - № 97. - P. 7 - 10.

15. Novel technologies in doubled haploid line development / J. Ren, P. Wu, B. Trampe, X. Tian, T. Lübberstedt, S. Chen // Plant Biotechnology Journal. – 2017. - № 15 – P. 1361 - 1370.

**Дмитрий Сергеевич Перевязка**

Научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы

E-mail: dmitriy\_perevyazka@mail.ru

Phone. +79286645814

**Dmitry Sergeevich Perevyazka**

Researcher of the department of selection and seed production of corn

E-mail: dmitriy\_perevyazka@mail.ru

Phone. +79286645814

**Наталья Игоревна Перевязка**

Аспирант, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы

**Natalia Igorevna Perevyazka**

Post-graduate student, junior researcher of the department of selection and seed production of corn

**Анатолий Иванович Супрунов**

Заведующий отделом селекции и семеноводства кукурузы

**Anatoly Ivanovich Suprunov**

Head of the department of selection and seed production of corn

Все: ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»  
350012, Краснодарский край,  
г. Краснодар, Центральная Усадьба КНИИСХ

All: National Center of Grain named after  
P.P. Lukyanenko  
Central Estate KNIISH, Krasnodar, Krasnodar region,  
350012, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-36-42  
УДК: 633.15.631.527

Перевязка Н.И.  
Перевязка Д.С.,  
Супрунов А.И., д-р с.-х. наук  
г. Краснодар, Россия

### ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ УЛЬТРАРАННЕСПЕЛЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

*Одним из основных методов анализа исходного материала является изучение его комбинационной способности – один из основных методов, используемых для создания высокопродуктивных гибридов кукурузы. Комбинационную способность исходного материала можно изучать по большому числу селекционно важных признаков изучаемой культуры, однако оптимальным является произведение расчета по признаку «урожайность зерна», который напрямую влияет на взаимодействия различных генотипов исходного материала для создания новых высокопродуктивных гибридов кукурузы. В настоящем исследовании проведена комплексная работа по изучению специфической комбинационной способности исходного материала, используемого для создания новых ультрараннеспелых гибридов кукурузы. По результатам работы были выделены новые ультрараннеспелые линии кукурузы, характеризующиеся высокими значениями констант и варианс специфической комбинационной способности по признаку «урожайность зерна». Результаты исследований помогут нам выделить лучшие гибридные комбинации изучаемых линий и дальнейшие варианты их селекционного применения.*

**Ключевые слова:** генотип, гибрид, комбинационная способность, исходный материал.

### STUDY OF THE SPECIFIC COMBINING ABILITY OF NEW ULTRA-EARLY LINES OF MAIZE

*One of the main methods of studying the source material is the study of its combinational ability. The study of combining ability is one of the main methods used to create highly productive corn hybrids. The combinative ability of the starting material can be studied by a large number of important selection characteristics of the culture under study. However, one of the main directions of studying the combining ability is the possibility of its calculation on the basis of "grain yield". This trait directly affects the interactions of different genotypes of the starting material for the creation of new highly productive maize hybrids. In the present study, a comprehensive work was carried out to study the specific combining ability of the initial material used to create new ultra-early ripening maize hybrids. Based on the results of the work, we have identified new ultra-early maturing lines of maize, characterized by high values of constants and variance of specific combining ability based on "grain yield". The results of these studies, ultimately, will help us to identify the best hybrid combinations of the studied lines and further options for their breeding use.*

**Key words:** genotype, hybrid, combining ability, source material.

#### Введение

Роль зерновых культур в промышленной отрасли ведущих стран мира занимает одно из ключевых значений как в экономической, так и продовольственной составляющей. Гибриды и сорта культурных растений с успехом применяются в фармацевтической, косметической, химической и других областях производства. Всё это невозможно без создания новых гибридов и сортов культурных растений. Роль селекции в этом направлении как никогда высока. При проведении селекционных мероприятий залог успеха лежит в правильно подобранном, всесторонне изученном исходном материале. Научные учреждения ведущих агропромышленных стран непрерывно работают по созданию и дальнейшему изучению нового исходного материала для селекции высокопродуктивных гибридов и сортов культурных форм растений [7–9, 13].

В настоящее время в связи с изменениями климати-

ческих условий в сторону повышения среднегодовой температуры воздуха, приобретают всё большую популярность ультрараннеспелые гибриды кукурузы с коротким периодом вегетации. Возделывание гибридов данной группы спелости позволяет выращивать кукурузу на зерно и силос в зонах с ограниченной теплообеспеченностью. Например, исследователи из различных агроэкологических зон Российской Федерации, таких как Поволжье, Предуралье и т.д. отмечают, что посевы кукурузы вносят значительный вклад в продовольственную и экономическую составляющую регионов. В этих зонах посевы кукурузы на зерно занимают значительные площади [2, 4, 6].

В наши дни существует большое количество методов изучения исходного материала, начиная от классических селекционных и заканчивая современными биотехнологическими методами селекции. Однако, ключевую роль при создании новых гибридов и сортов занимает изучения взаимодей-

ствия различных генотипов исходного материала между собой, что даёт представление селекционеру об успешности его дальнейшего применения [1, 12, 15]. Одним из таких методов является изучение специфической комбинационной способности нового исходного материала. Применение метода позволяет изучить закономерности взаимодействия различных генотипов и в последствии отобрать только те, которые хорошо комбинируют между собой. При проведении исследований значительно возрастает роль инбредной линии, как основной единицы селекционной работы [1, 3, 10, 14].

**Цель исследований**

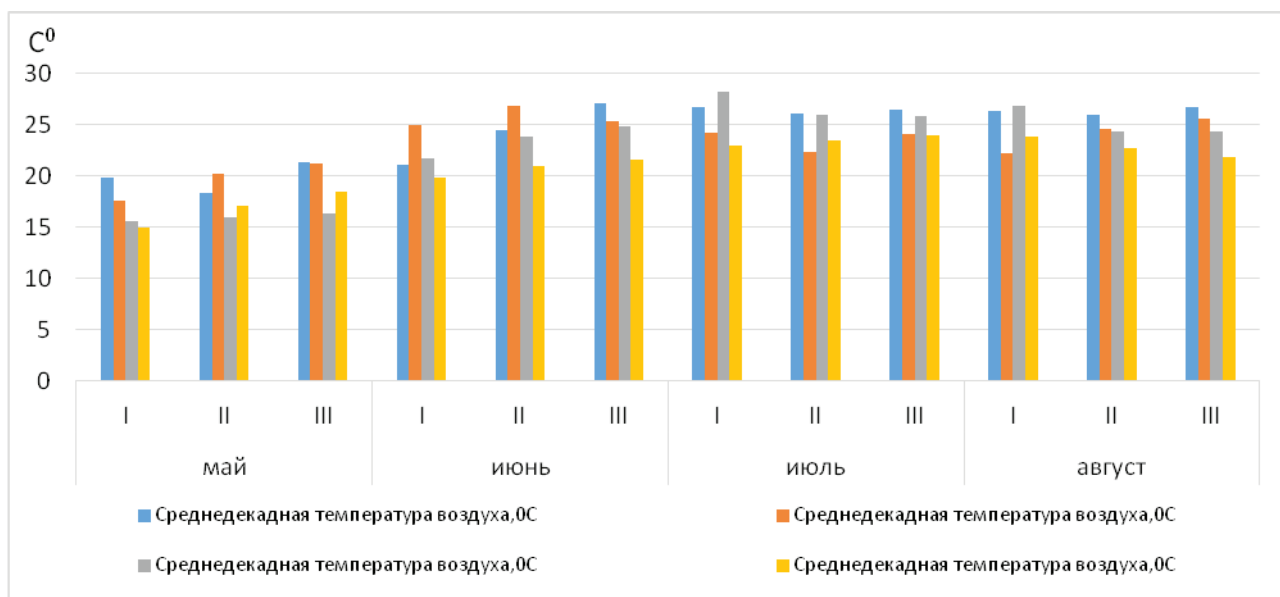
Изучить новые ультрараннеспелые линии кукурузы по признаку «урожайность зерна», что позволит выделить генотипы родительских форм, которые будут отличаться высокими проявлениями констант и вариант специфической комбинационной способности.

**Материалы и методы**

Работу проводили в течение трёх лет на опытных полях НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (2018 – 2020 годы). В качестве исходного материала для создания новых линий были использованы 6 кремнистых и 3 зубовидных линии из генетической коллекции инсти-

тута: Кр 721SF4-1-1, Кр 681, СМ7, Кр 602, 61328, Кр 721 МВ, 815. На следующем этапе с использованием линий из генетической коллекции были созданы следующие гибридные комбинации для создания новых линий кукурузы: Кр 721SF4-1-1 x Кр 681, СМ7 x Кр 681, Кр 602 x 61328, Кр 721 МВ x 815. В последствии на данных гибридных комбинациях был заложен новый исходный материал. Для изучения специфической комбинационной способности нового исходного материала было привлечено три тестера – гибрида: Кр 703М x BS1622-1-1, Кр 703М x BS101-1 и Кр 703М x Кр 145.

При проведении работ, направленных на изучение комбинационной способности нового исходного материала одним из ключевых факторов, влияющим на результаты являются погодные условия, сложившиеся в годы проведения исследований. На рисунке 1 представлены значения среднедекадной температуры воздуха по каждому из трёх лет исследований. Как видно из рисунка, в важные периоды вегетации (конец первой и вторая декада июня) дневная температура была высокой, что негативно сказывалось на пыльцевой продуктивности растений и, в последствии, вызывает неполное завязывание семян початка - череззерницу.

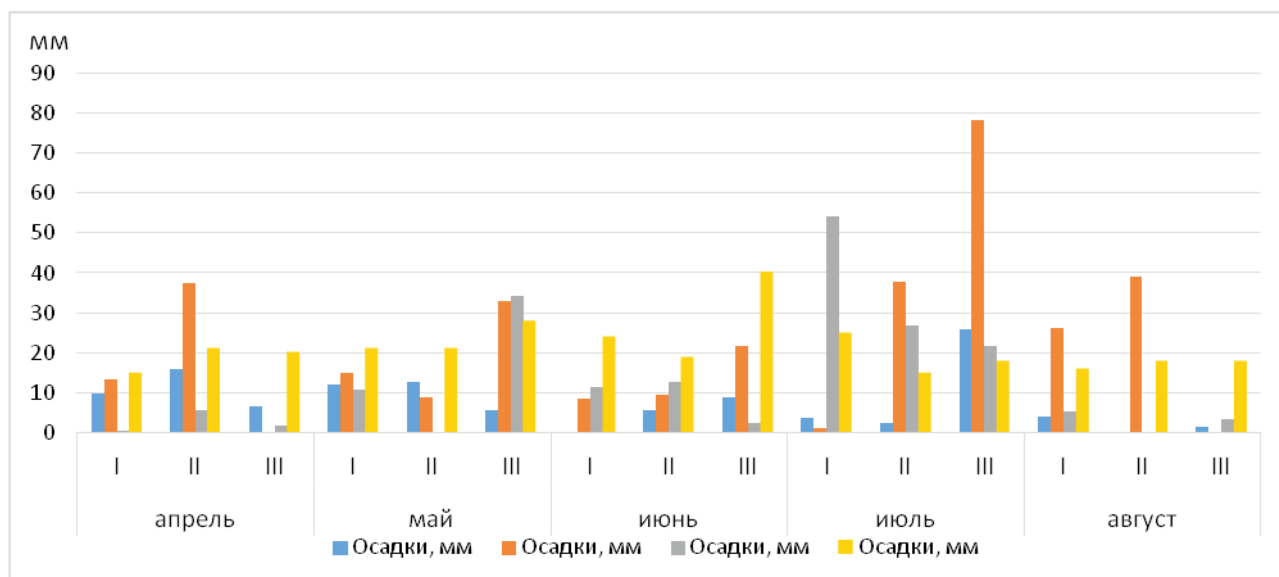


**Рисунок 1. Среднедекадная температура воздуха 2018-2020 год по данным метеостанции НЦЗ**

Среднемноголетние показатели температуры воздуха для первой и второй декад июня по данным метеостанции НЦЗ составляют 19,8 и 21,0 °С. Среднедекадные температуры 3-х лет проведения исследований, в среднем превышают среднемноголетний показатель на 2–5 градусов Цельсия. Ключевое влияние оказывает количество выпавших осадков во время вегетации кукурузы. Результаты представлены на рисунке 2.

На рисунке 2 представлено среднедекадное количество выпавших осадков. Для ультрараннеспелых гибридов осадки имеют ключевое значение с третьей декады мая до конца первой декады июля.

На периоды роста и развития гибридов кукурузы приходятся наиболее важные периоды вегетации, а именно: период формирования генеративных органов, период цветения и завязывания зерна. Неблагоприятным годом по количеству выпавших осадков был 2018 год проведения исследований, за наиболее важные периоды вегетации в сумме выпало всего 23,3 мм, что на 113 мм ниже среднемноголетнего показателя за те же периоды. Благоприятные показатели выпавших осадков были отмечены в 2019 и 2020 гг. Однако, они отличались неоднородностью. Например, в период цветения среднемно-



**Рисунок 2. Среднедекадное количество осадков в 2018-2020 гг. по данным метеостанции НЦЗ**

голетний показатель составлял 43,0 мм, в условиях 2019 года в эти периоды выпало 17,8 мм, а в климатических условиях 2020 года 23,8 мм. В период завязывания и дальнейшего формирования зерна среднемноголетний показатель составлял 65,0 мм, в условиях 2019 года показатель был равен 22,9 мм, а в условиях 2020 года 56,5 мм.

На рисунке 2 представлено среднедекадное количество выпавших осадков. Для ультрараннеспелых гибридов осадки имеют ключевое значение с третьей декады мая до конца первой декады июля. На периоды роста и развития гибридов кукурузы приходятся наиболее важные периоды вегетации, а именно: период формирования генеративных органов, период цветения и завязывания зерна. Неблагоприятным годом по количеству выпавших осадков был 2018 год проведения исследований, за наиболее важные периоды вегетации в сумме выпало всего 23,3 мм, что на 113 мм ниже среднемноголетнего показателя за те же периоды. Благоприятные показатели выпавших осадков были отмечены в

2019 и 2020 гг. Однако, они отличались неоднородностью. Например, в период цветения среднемноголетний показатель составлял 43,0 мм, в условиях 2019 года в эти периоды выпало 17,8 мм, а в климатических условиях 2020 года 23,8 мм. В период завязывания и дальнейшего формирования зерна среднемноголетний показатель составлял 65,0 мм, в условиях 2019 года показатель был равен 22,9 мм, а в условиях 2020 года 56,5 мм.

#### Результаты и обсуждение

Изучение специфической комбинационной способности позволяет выделять генотипы, наиболее удачно комбинирующие между собой, что в последствии позволяет облегчить работу по подбору родительских форм для создания высокопродуктивных гибридов кукурузы. Дальнейшая работа заключалась в изучении величин - констант и вариантов специфической комбинационной способности в климатических условиях 3-х годов проведения исследований. Результаты работы изучения величин СКС в климатических условиях 2018 года представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Константы и варианты специфической комбинационной способности ультрараннеспелых линий кукурузы по признаку «урожайность зерна», Краснодар, 2018 год**

Наименование линий	Константы СКС (Sij) Ультрараннеспелых линий 2018 год			Вариансы СКС ( $\sigma^2Si$ )
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
721 SF <sub>4-1-1-1</sub> с п	-0,78	1,11	-0,33	0,64
Две 1121 MB	1,20	-0,24	-0,96	0,89
BS3 <sub>3-1-2-3-1-2</sub>	0,63	-1,21	0,58	0,78
Zn 202	-3,15	0,39	2,76	8,50
BS10 (r.) MB <sup>3</sup>	-1,13	0,82	0,31	0,70
УК 81	0,00	0,27	-0,27	-0,25
Ол 2861328 <sub>4-2-1</sub>	-1,08	-3,64	4,72	18,01
Ол 2861328 <sub>8-2-2-1-1</sub>	-3,31	2,41	0,90	8,46
721SF <sub>4-1-1</sub> x 81 <sub>5-1-1-1</sub>	1,68	0,37	-2,05	3,25
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-1</sub>	-0,55	-1,06	1,61	1,68

Продолжение таблицы 1

Наименование линий	Константы СКК (Sij) Ультрараннеспелых линий 2018 год			Вариансы СКК ( $\sigma^2Si$ )
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>26-1-1</sub>	2,60	-0,23	-2,37	5,90
CM7MB81 <sub>3-1-1</sub>	-0,05	-0,02	0,07	-0,32
CM7MB81 <sub>5-1-1-1</sub>	-0,99	-0,67	1,66	1,76
CM7MB81 <sub>6-1-1-1</sub>	-0,33	1,16	-0,83	0,75
CM7MB81 <sub>14-1-1</sub>	-0,42	-2,25	2,67	5,88
CM7MB81 <sub>16-1-1</sub>	0,05	-0,12	0,07	-0,31
CM7MB81 <sub>17-1-1</sub>	0,35	0,66	-1,01	0,46
CM7MB81 <sub>18-1-1</sub>	0,17	-1,25	1,08	1,06
CM7MB81 <sub>22-1-2-1</sub>	2,99	-3,01	0,02	8,69
ОЛ2801 <sub>25-1-1</sub>	-3,47	8,95	-5,48	60,79
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>19-1-1</sub>	1,17	0,81	-1,98	2,64
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-2-1</sub>	-1,47	0,05	1,42	1,75
CM7MB	2,74	-2,91	0,17	7,65
CM7MB81 <sub>23-1-1</sub>	4,40	-2,11	-2,29	14,23
CM 781 <sub>26-1-1</sub>	-1,35	1,84	-0,49	2,38
НСП <sub>05</sub>		1,30		-

По данным, представленным в таблице 1, можно сделать следующие выводы: наилучшими показателями констант и вариантов специфической комбинационной способности обладали следующие линии кукурузы: Ол 2861328<sub>4-2-1</sub> – с тестером 703M x BS10 (r), ОЛ2801<sub>25-1-1</sub> – с тестером 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, CM7MB81<sub>23-1-1</sub> – с тестером 703M x OL145. В гибридных комбинациях наблюдается наибольшее значение варианты СКК, что свидетель-

ствует нам о том, что в комбинациях при участии линий и тестеров проявляется наибольшая изменчивость по показателю урожайности зерна.

Следующим этапом работы было изучение специфической комбинационной способности новых ультрараннеспелых линий кукурузы в климатических условиях 2019 года исследования. Результаты работы представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Константы и варианты специфической комбинационной способности ультрараннеспелых линий кукурузы по признаку «урожайность зерна», Краснодар, 2019 год**

Наименование линий	Константы СКК (Sij) Ультрараннеспелых линий 2019 год			Вариансы СКК ( $\sigma^2Si$ )
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
721 SF <sub>4-1-1-1</sub> с п	-4,60	-1,89	6,49	31,71
Две 1121 MB	-4,57	4,89	-0,32	20,67
BS3 <sub>3-1-2-3-1-2</sub>	-3,37	4,55	-1,18	14,98
Zn 202	0,82	5,33	-6,15	31,74
BS10 (r.) MB <sup>3</sup>	-1,64	-1,49	3,13	5,63
УК 81	-0,35	2,75	-2,40	4,96
Ол 2861328 <sub>4-2-1</sub>	0,73	0,40	-1,13	-0,75
Ол 2861328 <sub>8-2-2-1-1</sub>	2,31	-1,86	-0,45	2,76
721SF <sub>4-1-1</sub> x 81 <sub>5-1-1-1</sub>	-3,62	2,08	1,54	8,15
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-1</sub>	-0,03	-0,93	0,96	-0,83
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>26-1-1</sub>	-4,00	-1,53	5,53	22,77
CM7MB81 <sub>3-1-1</sub>	2,44	0,04	-2,48	4,32
CM7MB81 <sub>5-1-1-1</sub>	3,21	-6,90	3,69	34,08
CM7MB81 <sub>6-1-1-1</sub>	-1,44	-1,09	2,53	3,10
CM7MB81 <sub>14-1-1</sub>	-2,41	-3,94	6,35	29,11
CM7MB81 <sub>16-1-1</sub>	3,05	-1,74	-1,31	5,30
CM7MB81 <sub>17-1-1</sub>	1,61	1,21	-2,82	4,26

Продолжение таблицы 2

Наименование линий	Константы СКК (Sij) Ультрараннеспелых линий 2019 год			Вариансы СКК ( $\sigma^2Si$ )
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
CM7MB81 <sub>18-1-1</sub>	-1,88	8,47	-6,59	57,59
CM7MB81 <sub>22-1-2-1</sub>	0,31	4,72	-5,03	22,08
ОЛ2801 <sub>25-1-1</sub>	5,23	1,28	-6,51	33,89
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>19-1-1</sub>	2,94	1,06	-4,00	11,13
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-2-1</sub>	1,47	0,11	-1,58	0,61
CM7MB	4,73	-5,04	0,31	22,22
CM7MB81 <sub>23-1-1</sub>	0,01	-6,75	6,74	43,74
CM 781 <sub>26-1-1</sub>	-0,96	-3,68	4,64	16,23
HCP <sub>0,05</sub>	3,01			-

В климатических условиях 2019 года наилучшими показателями констант и вариантов специфической комбинационной способности обладали следующие линии: 721 SF<sub>4-1-1-1</sub> с п – с тесетром 703M x BS10 (r), Zn 202 – с тесетром 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, CM7MB81<sub>5-1-1-1</sub> – с тесетром 703M x BS10 (r) и 703M x OL145, CM-7MB81<sub>18-1-1</sub> – с тесетром 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, ОЛ2801<sub>25-1-1</sub> – с тесетром 703M x OL145, CM7MB81<sub>23-1-1</sub> – с тесетром 703M x BS10 (r). В гибридных комбинациях

наблюдается наибольшее значение варианты СКК, что говорит о том, что в них при участии линий и тестеров проявляется наибольшая изменчивость по показателю урожайности зерна.

Дальнейший этап проведения исследований заключался в изучении показателей специфической комбинационной способности в климатических условиях 2020 года. Результаты работы представлены в таблице 3.

**Таблица 3. Константы и варианты специфической комбинационной способности ультрараннеспелых линий кукурузы по признаку «урожайность зерна», Краснодар, 2020 год**

Наименование линий	Константы СКК (Sij) Ультрараннеспелых линий 2020 год			Вариансы СКК ( $\sigma^2Si$ )
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
721 SF <sub>4-1-1-1</sub> с п	2,08	-0,22	-1,86	1,98
Две 1121 MB	7,56	-3,42	-4,14	41,02
BS3 <sub>3-1-2-3-1-2</sub>	4,50	-3,48	-1,02	14,73
Zn 202	4,98	-4,36	-0,62	20,09
BS10 (r.) MB <sup>3</sup>	-1,59	1,21	0,38	0,11
УК 81	1,31	-2,98	1,67	4,72
Ол 2861328 <sub>4-2-1</sub>	-0,69	0,78	-0,09	-1,40
Ол 2861328 <sub>8-2-2-1-1</sub>	0,84	-0,64	-0,20	-1,37
721SF <sub>4-1-1</sub> x 81 <sub>5-1-1-1</sub>	-7,26	2,31	4,95	39,32
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-1</sub>	-7,03	3,43	3,60	35,13
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>26-1-1</sub>	-1,34	2,92	-1,58	4,44
CM7MB81 <sub>3-1-1</sub>	-7,06	4,25	2,81	35,99
CM7MB81 <sub>5-1-1-1</sub>	-10,57	5,12	5,45	81,73
CM7MB81 <sub>6-1-1-1</sub>	2,52	-2,08	-0,44	3,47
CM7MB81 <sub>14-1-1</sub>	0,98	2,36	-3,34	6,87
CM7MB81 <sub>16-1-1</sub>	-2,95	2,44	0,51	5,50
CM7MB81 <sub>17-1-1</sub>	4,72	-0,36	-4,36	18,80
CM7MB81 <sub>18-1-1</sub>	-0,15	0,14	0,01	-1,92
CM7MB81 <sub>22-1-2-1</sub>	8,12	-1,97	-6,15	51,81
ОЛ2801 <sub>25-1-1</sub>	-3,13	0,68	2,45	6,17
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>19-1-1</sub>	3,89	-1,26	-2,63	9,86



Наименование линий	Константы СКК (Sij) Ультрараннеспелых линий 2020 год			Вариансы СКК (σ <sup>2</sup> Si)
	703M x OL145	703M x BS16 <sub>22-1-1</sub>	703M x BS10 (r)	
721SF <sub>4-1</sub> x 81 <sub>24-1-2-1</sub>	-0,69	-0,11	0,80	-1,38
CM7MB	0,85	-2,42	1,57	2,55
CM7MB81 <sub>23-1-1</sub>	-4,79	3,33	1,46	16,15
CM 781 <sub>26-1-1</sub>	4,92	-5,68	0,76	26,57
НСР <sub>0,05</sub>		3,20		-

Исходя из данных таблицы 3, наилучшими значениями констант и вариантов специфической комбинационной способности обладали следующие линии: две 1121 MB – с тестером 703M x OL145, 721SF<sub>4-1-1</sub> x 81<sub>5-1-1-1</sub> – с тестером 703M x BS10 (r) и 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, 721SF<sub>4-1</sub> x 81<sub>24-1-1</sub> – с тестером 703M x BS10 (r) и 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, CM7MB81<sub>3-1-1</sub> – с тестером 703M x BS16<sub>22-1-1</sub> и 703M x BS10 (r), CM7MB81<sub>5-1-1-1</sub> – с тестером 703M x BS10 (r) и 703M x BS16<sub>22-1-1</sub>, CM7MB81<sub>22-1-2-1</sub> – с тестером 703M x OL145. В гибридных комбинациях отмечается наибольшая изменчивость варианты СКК; по результатам работы было отмечено, что в комбинациях при участии данных линий и тестеров проявляется наибольшая изменчивость по показателю урожайности зерна.

### Выводы

В результате проведенной работы по изучению специфической комбинационной способности новых ультрараннеспелых линий кукурузы. В климатических условиях 2018 года наилучшими показателями обладали следующие линии: Ол 2861328<sub>4-2-1</sub>, ОЛ2801<sub>25-1-1</sub>, CM7MB81<sub>23-1-1</sub>. В климатических условиях 2019 года: 721 SF<sub>4-1-1-1</sub> с n, Zn 202, CM7MB81<sub>5-1-1-1</sub>, CM7MB81<sub>18-1-1</sub>, ОЛ2801<sub>25-1-1</sub>, CM7MB81<sub>23-1-1</sub>. В климатических условиях 2020 года: две 1121 MB, 721SF<sub>4-1-1</sub> x 81<sub>5-1-1-1</sub>, 721SF<sub>4-1</sub> x 81<sub>24-1-1</sub>, CM7MB81<sub>3-1-1</sub>, CM7MB81<sub>5-1-1-1</sub>, CM7MB81<sub>22-1-2-1</sub>. Полученные результаты помогут определить нам определить, какие генотипы исходного материала, представленные разными зародышевыми плазмами, комбинируют друг с другом наилучшим образом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Анащенко, С.С. Анализ комбинационной способности новых самоопыленных линий и тестеров кукурузы / С.С. Анащенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 80. – С. 264 – 273.
2. Бельченко, С.А. Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / Бельченко С.А., Белоус Н.М., Драганская М.Г. // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - № 5. - С. 59-61.
3. Беседа, Н.А. Комбинационная способность сорго зернового в системе диаллельных скрещиваний / Н.А. Беседа, П.И. Костылев, С.И. Горпиниченко // статья в сборнике «Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200 – летию со дня рождения Чарльза Дарвина. V съезд вавиловского общества генетиков и селекционеров. – 2009. - С. 14 – 16.
4. Коконев, С.И. Продуктивность гибридов кукурузы в условиях Среднего Предуралья [электронный ресурс] / С.И. Коконев, А.В. Зиновьев, И.Ш. Фатыхов, В.А. Капеев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №8. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-gibridov-kukuruzy-v-usloviyah-srednego-preduralya>.
5. Кривошеев, Г.Я. Общая и специфическая комбинационная способность самоопыленных линий кукурузы по признаку «урожайность зерна» / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко // Научный журнал КубГАУ. – 2014. - № 104. - С. 664 – 674.
6. Панфилов, А.Э. Культура кукурузы в Зауралье: монография. Челябинск: ЧГАУ, 2004. - 356 с.
7. Перевязка, Д.С. Изучение специфической комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы / Д.С. Перевязка, Н.И. Перевязка, А.И. Супрунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. - № 166. - С. 68 – 82.
8. Перевязка, Д.С. Изучение общей комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Д.С. Перевязка, Н.И. Перевязка, А.И. Супрунов // Рисоводство. – 2021. - № 1. - С. 43 – 48.
9. Супрунов, А.И. Селекционная ценность самоопыленных линий кукурузы по основным хозяйственным признакам / А.И. Супрунов, Г.А. Замковой // Кукуруза и сорго. - 2011. - № 4. - С. 27 – 30.
10. Чилашвили, И.М. Оценка комбинационной способности лучших самоопыленных линий и получение высокогетерозисных гибридов кукурузы / И.М. Чилашвили // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. - № 80. - С. 305 – 323.
11. Aly, R.S.H. Relationship between Combining Ability of Grain Yield and Yield Components for Some Newly Yellow Maize Inbred Lines Via Line X Tester Analysis / R.S.H. Aly // Alexandria Journal of Agricultural Sciences. – 2013. - №2. – P. 115 – 124.
12. Combining ability and gene action of tropical maize (*Zea mays* L.) inbred lines under low and high nitrogen conditions / M.A.H. Noëlle, K. Richard, G. Vernon, Y.A. Martin, M.N. Laouali, T.N. Liliane, N. Godswill // Journal of Agricultural Science. – 2017. - №9 (4). - P. 222-235.
13. Ige, S.A. Combining ability and heterosis of tolerance to low soil nitrogen in tropical maize cultivars derived from two breeding eras / S.A. Ige, O.B. Bello, O. Alake // Open Agriculture. – 2018. - №3. – P. 339 – 347.
14. Izhar, T. Combining ability and heterosis for grain yield and its components in maize inbreds over environments (*Zea mays* L.) / T. Izhar, M. Chakraborty // African Journal of Agricultural Research. – 2013. - №8. – P. 3276 - 3280.

15. Rovaris, S. Combining ability of white corn genotypes with two commercial hybrids / S. Rovaris, M.Z. Paterniani, E. Sawazaki // *Maydica*. 2014. - № 59. - P. 93 - 106.

#### REFERENCES

1. Anashenkov, S.S. Analysis of the combinational ability of new self-pollinated lines and corn testers / S.S. Anashenkov // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. - 2012. - № 80. - P. 264 - 273.
2. Belchenko, S.A. Influence of fertilization systems on yield and quality of green mass of corn / S.A. Belchenko, N.M. Belous, M.G. Drahanskaya // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2011. - № 5. - P. 59-61.
3. Beseda, N.A. Combining ability of grain sorghum in the system of diallel crosses / N.A. Conversation, P.I. Kostylev, S.I. Gorpinichenko // An article in the collection "Congress of Geneticists and Breeders dedicated to the 200th anniversary of the birth of Charles Darwin. V Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders. - 2009. - P. 14 - 16.
4. Kokonov, S.I. Productivity of corn hybrids in the conditions of the Middle Urals [electronic resource] / S.I. Kokonov, A.V. Zinoviev, I. Sh. Fatykhov, V.A. Kapeev // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2014. - № 8. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-gibridov-kukuruzy-v-usloviyah-srednego-preduralya>.
5. Krivosheev, G.Ya. General and specific combining ability of self-pollinated corn lines on the basis of "grain yield" / G.Y. Krivosheev, N.A. Shevchenko // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. - 2014. - № 104. - P. 664 - 674.
6. Panfilov, A.E. The culture of corn in the Trans-Urals: monograph. Chelyabinsk: ChGAU, 2004. - 356 p.
7. Perevyazka, D.S. Study of the specific combining ability of new early-maturing and mid-early autodiploid lines of maize / D.S. Perevyazka, N.I. Perevyazka, A.I. Suprunov // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. - 2021. - № 166. - P. 68 - 82.
8. Perevyazka, D.S. Study of the general combining ability of new early-maturing and mid-early autodiploid lines of maize in the conditions of the central zone of Krasnodar Territory / D.S. Perevyazka, N.I. Perevyazka, A.I. Suprunov // *Rice growing*. - 2021. - № 1. - P. 43 - 48.
9. Suprunov, A.I. The breeding value of self-pollinated corn lines according to the main economic characteristics / A.I. Suprunov, G.A. Zamkovoy // *Corn and sorghum*. - 2011. - № 4. - P. 27 - 30.
10. Chilashvili, I.M. Assessment of the combining ability of the best self-pollinated lines and obtaining highly heterotic hybrids of corn / I.M. Chilashvili // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. - 2012. - № 80. - P. 305 - 323.
11. Aly, R.S.H. Relationship between Combining Ability of Grain Yield and Yield Components for Some Newly Yellow Maize Inbred Lines Via Line X Tester Analysis / R.S.H. Aly // *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*. - 2013. - №2. - P. 115 - 124.
12. Combining ability and gene action of tropical maize (*Zea mays* L.) inbred lines under low and high nitrogen conditions / M.A.H. Noëlle, K. Richard, G. Vernon, Y.A. Martin, M.N. Laouali, T.N. Liliane, N. Godswill // *Journal of Agricultural Science*. - 2017. - №9 (4). - P. 222-235.
13. Ige, S.A. Combining ability and heterosis of tolerance to low soil nitrogen in tropical maize cultivars derived from two breeding eras / S.A. Ige, O.B. Bello, O. Alake // *Open Agriculture*. - 2018. - №3. - P. 339 - 347.
14. Izhar, T. Combining ability and heterosis for grain yield and its components in maize inbreds over environments (*Zea mays* L.) / T. Izhar, M. Chakraborty // *African Journal of Agricultural Research*. - 2013. - №8. - P. 3276 - 3280.
15. Rovaris, S. Combining ability of white corn genotypes with two commercial hybrids / S. Rovaris, M.Z. Paterniani, E. Sawazaki // *Maydica*. - 2014. № 59. - P. 93 - 106.

#### **Наталья Игоревна Перевязка**

Аспирант, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы  
E-mail: [lukovkina\\_nataly@mail.ru](mailto:lukovkina_nataly@mail.ru)  
Phone. +79284094045

#### **Дмитрий Сергеевич Перевязка**

Научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы

#### **Анатолий Иванович Супрунов**

Заведующий отделом селекции и семеноводства кукурузы

Все: ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»  
350012, Краснодарский край,  
г. Краснодар, Центральная Усадьба КНИИСХ

#### **Natalia Igorevna Perevyazka**

Junior researcher of the department of selection and seed production of corn  
E-mail: [lukovkina\\_nataly@mail.ru](mailto:lukovkina_nataly@mail.ru)  
Phone. +79284094045

#### **Dmitry Sergeevich Perevyazka**

Researcher of the department of selection and seed production of corn

#### **Anatoly Ivanovich Suprunov**

Head of the department of selection and seed production of corn

All: National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko  
Central Estate KNIISH, Krasnodar, Krasnodar region,  
350012, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-43-47  
 УДК: 631.445:633.18

**Слюсарев В.Н.**, д-р с.-х. наук, профессор,  
**Осипов А.В.**, канд. с.-х. наук, доцент,  
**Тешева С.А.**, канд. биол. наук,  
**Суминский И.И.**, аспирант  
 г. Краснодар, Россия

### АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ РИСОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ КУБАНИ

*Почвы, вовлекаемые под культуру риса, с момента освоения изменяются независимо от генезиса. Устанавливается специфический водный режим, приводящий к изменению свойств почв рисовых агроценозов, направленности почвообразовательных процессов. В связи с этим целью настоящих исследований являлось изучение особенностей изменения свойств почв дельты реки Кубани при их сельскохозяйственном использовании. В статье представлены результаты изучения пространственной приуроченности почв различной степени и типа засоления, а также общих закономерностей почвообразовательного процесса почв дельты Кубани. Установлено, что 70 % площадей рисовой оросительной системы подвержено засолению. Основная часть представлена слабозасоленными видами, преобладающий тип засоления – сульфатный и хлоридно-сульфатный.*

**Ключевые слова:** рисовые почвы, рисовые оросительные системы, рисовый севооборот, современная дельта Кубани, засоление, тип засоления, морфологическое строение, структура почвы, физико-химические свойства.

### ANTHROPOGENIC EFFECT ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS OF RICE AGROCENOSIS OF THE MODERN KUBAN DELTA

*The soils involved in rice cultivation change from the moment of development, regardless of genesis. A specific water regime is established, leading to a change in the properties of soils in rice agrocenoses, in the direction of soil-forming processes. In this regard, the purpose of these studies was to study the features of changes in the properties of soils in the modern Kuban delta during their agricultural use. The article presents the results of studying the spatial confinement of soils of various degrees and types of salinity, as well as the general patterns of the soil-forming process of soils in the modern Kuban delta. It was found that 70% of the area of the rice irrigation system is subject to salinization. The main part is represented by slightly saline species, the prevailing type of salinity is sulfate and chloride-sulfate.*

**Key words:** rice soils, rice irrigation systems, rice crop rotation, modern Kuban delta, salinity, type of salinity, morphological structure, soil structure, physicochemical properties.

#### Введение

Краснодарский край является основным рисосеющим регионом в Российской Федерации. Площади орошаемых земель в Краснодарском крае составляют 385,0 тыс. га, в том числе пашни 375,9 тыс. га. В составе орошаемой пашни рисовые оросительные системы занимают 234,5 тыс. га [13].

Площади почв дельты реки Кубани, вовлеченные в рисовые севообороты, составляют 88634 га или 56,5 %. Однако в последние годы часть земель рисовых оросительных систем (РОС) не используется в рисовом севообороте [12].

Условия периодического затопления почвы под рисом и последующего её просушивания определяют своеобразие почвообразовательного процесса. Возделывание риса приводит к направленному изменению плодородия почв рисовых полей, приобретению ими особых режимов и свойств [4,7,8,15,16].

По генезису и классификации почвы подразделяются на следующие подтипы: лугово-черноземный, луговой, аллювиальный луговой насыщенный и аллювиальный лугово-болотный. В каждом подтипе присутствуют засоленные виды, которые различаются по

степени засоления и глубине залегания соленосного горизонта. Засоление приводит к недобору урожая. В зависимости от степени и типа засоления снижение урожайности сельхозкультур может составлять от 10 % до 50 % и более. В связи с этим актуальным является выявление почв различной степени и типа засоления на территории рисовой оросительной системы в пределах агроландшафтных районов, что позволит планировать агротехнические мероприятия, снижающие негативное влияние засоления, а также урожайность сельскохозяйственных культур [4,14,17].

#### Цель исследований

Изучить особенности изменения состава и свойств почв рисовых агроценозов дельты Кубани при их сельскохозяйственном использовании.

#### Материалы и методы

Исследования проведены в рисосеющих хозяйствах Красноармейского района Краснодарского края, где рис возделывают более 40 лет.

Почвенный покров исследуемой территории представлен лугово-черноземными, луговыми, аллювиальными луговыми насыщенными и аллювиальными лугово-болотными подтипами почв.

Для определения антропогенного воздействия на состав и свойства почв рисовых агроценозов были обобщены материалы исследований, проведенных в период 2008–2020 гг.

Образцы для исследований отбирались послойно по почвенному профилю до глубины 1,6–2,0 м, в которых определяли ионный состав солей, степень и тип засоления [2]. Аналитические данные были обработаны с применением статистических методов обработки данных [5].

### Результаты и обсуждение

Засоление рисовых почв дельты реки Кубани происходит в условиях близкого залегания слабоминерализованных почвенно-грунтовых вод с преобладанием восходящих токов. За счет испарения этих вод в почвенных профилях в аккумуляруются легкорастворимые соли, гипс, карбонаты.

В дельте Кубани основными подтипами рисовых почв являются: лугово-черноземные, луговые, аллювиальные лугово-болотные, аллювиальные луговые насыщенные.

Оценивая солевую обстановку в районе следует отметить, что в структуре почвенного покрова 7,2 % приходится на слабо- и среднесолончаковые виды, 13,2 % - слабо- и среднесолончаковых видов, 3,0 % - глубокозасоленные. Почвы характеризуются в основном сульфатным, реже хлоридно-сульфатным типом засоления (табл. 1).

**Таблица 1. Распределение засоленных почв на территории Красноармейского района Краснодарского края, га/%**

Глубина и степень засоления	Площадь засоления, га/%
Слабосолончаковые	4880,0/6,0
Среднесолончаковые	1017,0/1,2
Сильносолончаковые	-
Слабосолончаковые	10742,0/13,2
Среднесолончаковые	1235,0/1,5
Сильносолончаковые	175,0/0,2
Глубокозасоленные	2439,0/3,0
Слабосолонцовые	380,0/0,4
Среднесолонцовые	460,0/0,5
Тип засоления	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Всего засоленных и солонцеватых	21328

Рисовые лугово-черноземные почвы имеют площадь 8406 га, что составляет 9,5 % площади РОС, они приурочены к I и частично II надпойменным террасам Кубани и территориально входят в Марьяно-Чебургольскую оросительную систему (МЧОС). На первом этапе развития индустриального рисосеяния с инженерными рисовыми системами были использованы площади, требующие наименьших капитальных затрат на планировочные работы. Такие площади в данном районе были представлены дель-

товыми черноземами и лугово-черноземными почвами. Они стали первой очередью МЧОС. Площади бывших черноземов, вовлеченных в рисовый севооборот, отнесены к лугово-черноземным, так как их водный режим, появившиеся гидроморфные признаки не позволяют их назвать черноземами. Морфологическое строение лугово-черноземных почв из всех рисовых почв наименее всего подвергалось изменению в процессе строительных и эксплуатационных планировок поверхности. Ввиду большой мощности гумусовых горизонтов и равнинного характера рельефа, срезки и насыпки при планировках редко превышали 20–30 см, и не привели к существенному изменению их морфологического строения и деления на генетические горизонты. Фактически, чередование и мощность генетических горизонтов, сохранились. Основными морфологическими особенностями, отличающими рисовые лугово-черноземные от их нерисовых аналогов, являлись следующие:

- наличие обильных гидроморфных признаков (ржавые и охристые пятна в и прожилки) в пахотном горизонте;

- отсутствие типичной для почв черноземного типа комковато-зернистой структуры и пористости) после вегетации риса почва практически бесструктурна, а после многолетних трав она в лучшем случае глыбисто-комковатая;

- поровое пространство полностью деформировано и поры заменены трещинами.

Почвы черноземного типа генетически не предрасположены к столь длительному переувлажнению. Неблагоприятные изменения – потеря структуры, деформация порового пространства как почв, так и подстилающих пород, высокая плотность, набухаемость при переувлажнении в почвах черноземного типа, вовлеченных в рисовый севооборот несут гетерогенный необратимый характер. При выведении их из рисового севооборота структура и поровое пространство в обозримом будущем не восстановятся.

Среди рисовых лугово-черноземных почв 14,6 % засолено, в основном слабо- и среднесолончаковые разновидности. Тип засоления сульфатный. Исходя из типа и степени засоления нет основания считать, что засоление этих почв появилось вследствие использования их под рис. Это имело место на этих площадях и до вовлечения их в рисовый севооборот, но соли залегали значительно глубже. На площади 304 га распространены рисовые лугово-черноземные среднесолончаковые, средне- и сильносолонцеватые почвы. Расположены они в непосредственной близости от засоленных и солонцеватых не рисовых лугово-черноземных почв, приуроченных к притеррасным понижениям [1, 8, 9].

Рисовые луговые почвы занимают наибольшую площадь среди рисовых почв – 46433 га или 52,4 % площади РОС. Приурочены к древней дельте Кубани (так же, как и луговые не рисовые) строительство рисовых систем нивелировало естественные элементы мезо- и микрорельефа. Большинство мелких грив

срезано, а понижений засыпано. Но элементы макро-рельефа в определенной мере сохранились плоские обширные депрессии и сохранили свои минимальные отметки местности, а на местах прирусловых валов ериков выявляются наиболее высокие чеки. Обычно выделяются следующие категории чеков, высотное различие которых составляет 0,25-0,5 м.: высокие, средневысокие, средние, низкие и очень низкие чеки. Совмещение карты с рельефом до строительства РОС и карты деления чеков по высотным отметкам показывает с одной стороны их сходимость, с другой стороны степень антропогенного воздействия на рельеф. Как и в нетрансформированных условиях (вне рисовых систем), так и РОС, территории с высокими отметками сложены почвогрунтами преимущественно легкого гранулометрического состава; наиболее низкие территории сложены тяжелыми глинистыми почвогрунтами. На переходных элементах антропогенно-преобразованного рельефа возможны разнообразные варианты. Этому способствовали так называемые кулисные планировки: срезка наиболее плодородного поверхностного слоя мощностью 0,25-0,4 м, складирование его, нивелированию поверхности с необходимыми срезками, насыпками привозным почвогрунтом, покрытие с нивелированной поверхности за складированным гумусированным слоем. Такой метод строительства рисовых чеков широко применяется на территории древней и современной дельты Кубани, что приводит к сложному строению профиля рисовых почв. В одних случаях такой профиль имеет двух-трех членное строение, в других небольшой почвенный слой (от 0,25-0,3 м) лежит непосредственно на материнской породе без каких-либо переходных горизонтов. Особенно часто такие нарушения естественного сложения почв выявляются в зонах распространения до строительства РОС маломощных луговых и аллювиальных луговых почв. Помимо описанных искусственно созданных различий в морфологическом строении луговых рисовых и луговых (не рисовых) почв выявляется и ряд других, связанных с новым водным режимом, не свойственным луговым богарным почвам. В рисовых луговых почвах неподвижные полторные окислы переходят в подвижную закисную форму и мигрируют из нижних горизонтов в верхние. Ржавчина и охристые пятна появляются в поверхностном горизонте. Профиль почвы приобретает сизый оттенок, что говорит о развитии процесса глееобразования.

Среди рисовых луговых почв две почвенные разновидности занимают 75 % их площади. Представлены они рисовыми луговыми мощными, сверхмощными и среднемощными слабогумусными легкоглинистыми и тяжелосуглинистыми на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках. Они не засолены и не солонцеваты, в средней степени обеспечены фосфором и очень высокой степени калием, водно-физические свойства их благоприятны для возделывания риса.

В различной степени засоленные разности распространены на 18 % площади рисовых луговых

почв, причем на 3 % они одновременно засолены и солонцеваты. Среди засоленных почв преобладают слабосолончаковые глубокослабозасоленные разности. Тип засоления сульфатный. При таких строениях солевых профилей и степени засоления почв культура риса не испытывает угнетения.

Рисовые аллювиальные луговые насыщенные почвы распространены на 23757 га, что составляет 26,8 % площади рисовых почв. В геоморфологическом отношении они приурочены к современной дельте Кубани и сформировались, как и их богарные аналоги на аллювии различного гранулометрического состава.

Среди описываемых почв преобладают рисовые аллювиальные луговые среднемощные слабогумусные легкоглинистые и тяжелосуглинистые почвы, сформировавшиеся на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках, отличающиеся от предыдущих разностей мощностью – они маломощные. Занимают они соответственно 10965 га и 5104 га, что составляет две трети площади описываемого подтипа рисовых почв.

Рельеф современной части дельты, где было преимущественное распространение аллювиальных луговых почв сильно осложнен многочисленными угаснувшими руслами и прирусловыми валами ериков и узкими межрядовыми понижениями. При строительстве РОС, проведении строительных планировок, большая часть описываемых почв претерпела серьезные изменения их исходного морфологического строения. Срезки и насыпки на 20-30 % изменили исходную мощность почв в большую или меньшую сторону. Но длительное использование их в рисовом севообороте (20-30 лет и более) значительно сгладило эти нарушения. Гидроморфные признаки проявляются в пахотном горизонте – обилие ржавчины, охристые пятна. Подавляющая площадь описываемых почв 83 % не засолена, на остальной площади этих почв выявлено засоление. Преобладают слабосолончаковые разности с сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления. Солонцеватость в рисовых аллювиальных луговых почвах, как и в их богарных предшественниках отсутствует.

Рисовые аллювиальные лугово-болотные почвы занимают 10038 га или 11,3 % площади рисовых почв. Приурочены они преимущественно к современной дельте Кубани, занимая бывшие днища лиманов, то есть наиболее низкие и, соответственно, слабооточные чеки на рисовой оросительной системе. Преобладающее большинство имеет тяжелый глинистый и редко тяжелосуглинистый гранулометрический состав.

Обычные (промытые, незасоленные) почвы занимают 30 % площади этого подтипа почв. Морфологическое строение, выраженность гидроморфных признаков этих почв практически идентичны их богарным предшественникам – аллювиальным лугово-болотным почвам. Фактически, искусственно созданный на рисовых чеках болотный режим этим почвам генетически близок. Существенное отличие в водном режиме рисовых и богарных лугово-болотных почв заключается в дренированности первых,

что создает условия для их аэрирования в осенне-зимний и ранне-весенний сезоны.

Занимая среди рисовых оросительных систем наиболее низкие отметки, данные почвы характеризуются пониженной отточностью грунтовых вод, чему способствуют неблагоприятные водно-физические свойства этих почв – очень низкие водопроницаемость и водоотдача. Застойный характер грунтовых минерализованных вод определил широкое распространение засоления почв – 70 % площади описываемых почв засолено. Преобладают слабосолончаковатые и слабосолонцеватые. Типы засоления – сульфатный и хлоридно-сульфатный [3, 8, 9, 10, 11, 13, 15].

Отмечено, что все почвы рисовых агроценозов, независимо от исходного генезиса, претерпевают существенные изменения, приводящие к формированию типичных рисовых почв. Такой подтип рисовых почв в морфологическом плане вероятнее всего будет иметь большинство признаков лугово-болотных почв с делением на видовом уровне по мощности гумусового горизонта и содержанию гумуса. По длительности использования под рис та-

ких различных по исходному генезису почв, как лугово-черноземные и лугово-болотные, недостаточно для сглаживания этих различий. В то же время, общность нового почвообразовательного процесса, определяемого специфическим водным и воздушным режимом, после 40-летнего использования в рисовом севообороте определило идентичность многих показателей почв. В первую очередь это относится к водно-физическим свойствам.

#### Выводы

Засоленные и солонцеватые почвы в пределах рисовых оросительных систем Красноармейского района занимают 21328 га, что составляет 26,2 % от их общей площади. Основная часть представлена слабозасоленными видами. Учитывая, что показатель засоления почв может динамично изменяться, расширяя площади в виде засоленных грунтов и минерализованных грунтовых вод, считаем необходимым постоянное проведение агроэкологического мониторинга, а также учитывать солевой режим конкретного участка при проведении агротехнических и мелиоративных мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян, К. М. Проблемы неогенеза почв рисовых полей Кубани / К. М. Авакян, И. В. Подлесный // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – Краснодар, 1985. – Вып.34. – С. 47–51.
2. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
3. Власенко, В.П. Деградиционное изменение физического состояния почв Азово-Кубанской равнины / В.П. Власенко, А.В. Осипов, Е.Д. Федачук // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 118–123.
4. Vlasenko, V.P. Diagnosis of human-induced degradation of soil of the Azov-Cuban lowland / V.P. Vlasenko, A.V. Osipov, V.N. Slyusarev // В сборнике: E3S Web of Conferences. 1. Сер. “1st International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems”, ITEEA 2021” 2021.
5. Дзюба, В.А. Планирование многофакторных опытов и методы статистической обработки экспериментальных данных: методические рекомендации / В.А. Дзюба, Б.Н. Шемелев. – Краснодар, 2004. – 83 с.
6. Ковда, В. А. Разработка системы мероприятий по длительному поддержанию благоприятной почвенно-мелиоративной обстановки в условиях Нижней дельты Кубани / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов, С. А. Николаева. – М.: МГУ, 1981. – 341 с.
7. Николаева, С. А. Почвенно-мелиоративное состояние окультуренных территорий дельты Кубани / С. А. Николаева, Н. П. Андреева, В. Д. Дерюжинская // Повышение продуктивности почв рисовых полей. – М., 1985. – С. 15–23.
8. Осипов, А.В. Изменение свойств и солевого режима рисовых почв дельты реки Кубани / А.В. Осипов // Монография – Краснодар: КубГАУ. – 2016. – 131 с.
9. Osipov, A.V. Anthropogenic impact on grain-size distribution and agrophysical properties of soils of cultivated rice lands of Kuban / A.V. Osipov, V.N. Slyusarev, V.P. Vlasenko, I.I. Suminski // В сборнике: E3S Web of Conferences. 1. Сер. «1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems», ITEEA 2021» 2021.
10. Паращенко, В. Н. Характеристика показателей эффективного плодородия основных подтипов рисовых почв Краснодарского края / В.Н. Паращенко, Н.М.Кремзин, Л.А. Швыдка // Рисоводство. – № 19. – 2011. – С. 57–62.
11. Паращенко, В.Н. Сезонные изменения обеспеченности основных подтипов рисовых почв элементами минерального питания / В.Н. Паращенко, Н.М.Кремзин, Л.А. Швыдка // Материалы VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Петрозаводск, 13-18 августа 2012 года. Книга 1. - 2001. - Т. 34 - С. 551 - 555.
12. Подколзин, О.А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О.А. Подколзин, И.В. Соколова, А.В. Осипов, В.Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117-124.
13. Система рисоводства Краснодарского края: рекомендации / под общ. ред. Е.М. Харитоновна. – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.
14. Chernichenko, I.D. Changes in groundwater salinity and soil salinization during 20 years of paddy irrigation in the Kuban river delta / I.D. Chernichenko, A.V. Osipov // Eurasian Soil Science. - 2001. - Т. 34 - С. 551 - 555.
15. Цховребов, В.С. Глобальные изменения почвообразовательного процесса в условиях агроценозов / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, Д.В. Калугин, А.М. Никифорова // Почвенный покров – национальное достояние народа: сб. ст. по материалам Всероссийской науч. – практ. конф., посвященной 50-летию Дагестанского Отделения Общества им. В.В. Докучаева. АЛЕФ. Махачкала. - 2012. - С. 134 - 137.
16. Sheudzen, A.H. Oxidation-reduction processes in the soils of rice agroecosystems of the kuban region (Russia) / Sheudzen A.H., Gutorova O.A., Petrik G.F., Slyusarev V.N., Podkolzin O.A. Periódico Tchê Quimica Periódico científico multidisciplinar internacional, Brazil // Periódico Tchê Quimica, 2021. – Vol. 18 (38). – P. 1-14 DOI: 10.52571/PTQ.
17. Scianna, J. Salt-affected soils: their causes, measure, and classification [Electronic resource] // HortNote. 2002. № 5. 3 p. URL: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044788.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044788.pdf) (date of access: 10.11.2021).

#### REFERENCES

1. Avakyan, K.M. Problems of neogenesis of soils in rice fields of the Kuban. // K.M. Avakyan and I.V. Podlesny, Byull.

- NTI Research Institute of Rice. - Krasnodar, 1985. - Issue 34. - P. 47-51.
2. Arinushkina, E.V. Manual on chemical analysis of soils / E.V. Arinushkina. - Moscow: Moscow State University, 1970. - 488 p.
  3. Vlasenko, V.P. Degradation change in the physical state of the soils of the Azov-Kuban plain / V.P. Vlasenko, A.V. Osipov, E. D. Fedashchuk // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. -2017. -№ 69. - P. 118-123.
  4. Vlasenko, V.P. Diagnosis of human-induced degradation of soil of the Azov-Cuban lowland / V.P. Vlasenko, A.V. Osipov, V.N. Slyusarev // In the collection: E3S Web of Conferences. 1. Ser. "1st International Scientific and Practical Conference" Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems ", ITEEA 2021" 2021.
  5. Dziuba, V.A. Planning multifactorial experiments and methods of statistical processing of experimental data: guidelines / V.A. Dziuba, B.N. Shemelev. - Krasnodar, 2004. - 83 p.
  6. Kovda, V. A. Development of a system of measures for long-term maintenance of a favorable soil-reclamation environment in the Lower Delta of the Kuban / V. A. Kovda, B. G. Rozanov, S. A. Nikolaeva. - M.: Moscow State University, 1981. - 341 P.
  7. Nikolaeva, SA Soil-reclamation state of the cultivated territories of the Kuban delta / S. A. Nikolaeva, N. P. Andreeva, V. D. Deryuzhinskaya // Increasing the productivity of soils in rice fields. - M., 1985. - P. 15-23.
  8. Osipov, A.V. Changes in the Properties and Salt Regime of Rice Soils in the Kuban River Delta / A.V. Osipov // Monograph - Krasnodar: KubSAU, - 2016. - 131 p.
  9. Osipov, A.V. Anthropogenic impact on grain-size distribution and agrophysical properties of soils of cultivated rice lands of Kuban /A.V. Osipov, V.N. Slyusarev, V.P. Vlasenko, I.I. Suminski // In the collection: E3S Web of Conferences. 1. Ser. "1st International Scientific and Practical Conference" Innovative Technologies in Environmental Engineering and groecosystems ", ITEEA 2021" 2021.
  10. Parashchenko, VN Characteristics of indicators of effective fertility of the main subtypes of rice soils of the Krasnodar Territory. Parashchenko, N.M. Kremzin, L.A. Shvydkaya // Rice growing. - №. 19, - 2011. - P. 57-62.
  11. Parashchenko, V.N. Seasonal changes in the supply of the main subtypes of rice soils with elements of mineral nutrition / V.N. Parashchenko, N.M. Kremzin, L.A. Shvydkaya // Materials of the VI Congress of the Society of Soil Scientists. V.V. Dokuchaev. Petrozavodsk, August 13-18, 2012. - Book 1. - P. 329 - 330.
  12. Podkolzin, O. A. Monitoring of soil fertility of the lands of Krasnodar Territory / O.A. Podkolzin, I. V. Sokolova, A.V. Osipov, V.N. Slyusarev // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2017. - №. 68. - P. 117-124.
  13. The system of rice growing in the Krasnodar Territory: recommendations / under total. ed. EAT. Kharitonov. - Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2011.- 316 p.
  14. Chernichenko, I.D. Changes in groundwater salinity and soil salinization during 20 years of paddy irrigation in the Kuban river delta / I.D. Chernichenko, A.V. Osipov // Eurasian Soil Science. - 2001. - V. 34. - № 5. - P. 551 - 555.
  15. Tskhovrebov, V.S. Global changes in the soil-forming process in the conditions of agrocenoses / V.S. Tskhovrebov, V.I. Faizova, D.V. Kalugin, A.M. Nikiforova // Soil cover is the national heritage of the people: collection of articles. Art. based on the materials of the All-Russian Scientific. - practical. Conf., dedicated to the 50th anniversary of the Dagestan Branch of the Society. V.V. Dokuchaev. ALEPH. - 2012. - P. 134 - 137.
  16. Sheudzhen, A.H. Oxidation-reduction processes in the soils of rice agrocenoses of the kuban region (Russia) / A.H. Sheudzhen, O.A. Gutorova, G.F. Petrik, V.N. Slyusarev, O.A. Podkolzin // Periódico Tchê Quimica Periódicarion, Brazilian discipline. - Vol. 18 (38). - P. 1-14 DOI: 10.52571 / PTQ.
  17. Scianna, J. Salt-affected soils: their causes, measure, and classification [Electronic resource] // HortNote. - 2002. - № 5. - 3 p. URL: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044788.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044788.pdf) (date of access: 10.11.2021).

**Валерий Никифорович Слюсарев**

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

**Valery Nikiforovich Slyusarev**

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

**Александр Валентинович Осипов**

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

**Alexander Valentinovich Osipov**

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

**Игорь Игоревич Сумиский**

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

**Igor Igorevich Sumisky**

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

**Сусанна Аслановна Тешева**

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

**Susanna Aslanovna Tesheva**

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

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350091, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3  
E-mail: arri\_kub@mail.ru

FSBSI Federal Scientific Rice Centre

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

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-48-53  
УДК: 631.417.2, 543.429.22

**Дарвеш Н.**, аспирант,  
Сирия, г. Дамаск,  
**Онищенко Л. М.**, д-р с.-х. наук,  
**Дорошенко Т. Н.**, д-р с.-х. наук,  
**Онищенко Ю. А.**, магистрант,  
**Чумаков С. С.**, д-р с.-х. наук  
г. Краснодар, Россия

### ПОЧВЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЮГЕ РОССИИ

Исследования посвящены поиску наиболее эффективных элементов агротехнологии, предусматривающих внесение органических удобрений (навоза и сидератов) под деревья яблони с целью обеспечения стабильной урожайности плодов при сохранении плодородия почвы. Полевой опыт проведен в садах Кубанского ГАУ. Рассмотрена трансформация почвенного органического вещества чернозема выщелоченного и его фракционно-групповой состав в зависимости от применения органических удобрений в плодоносящих насаждениях яблони, заложенных по традиционной технологии. Установлено, что навоз и зеленое удобрение в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы обеспечивали содержание углерода гумусовых веществ 1,89; 1,78; 1,29 % и 1,86; 1,75; 1,29 % соответственно. На контроле углерода гумусовых веществ – 1,78; 1,71 и 1,29 %, суммы фракций гуминовых кислот и фульвокислот распределились следующим образом: 23,6; 26,1; 27,1 % и 22,7; 23,14 24,1 % соответственно. Удобрения в составе углерода гумусовых веществ в исследуемых слоях почвы повысили сумму гуминовых кислот до 36,3; 30,9; 29,3 и 32,2; 28,9; 26,8 % соответственно. Уменьшили относительно контроля долю суммы фульвокислот, соответственно, до 19,3; 17,7 16,1 и 22,1; 20,1; 17,3 %. Улучшили отношение  $S_{гк} : S_{фк}$ . При внесении навоза и зеленого удобрений показатель был равен –1,88; 1,75; 1,83 и 1,46; 1,44; 1,55. На контроле – 1,14; 1,13 и 1,12. Повышение почвенного органического вещества в почве способствовало увеличению урожая плодов. В вариантах с внесением навоза и зеленого удобрений урожайность была равна 20,1 и 18,3 т/га соответственно. В контроле – 16,7 т/га. Результаты исследований показывают возможность перехода к углеродсберегающим технологиям сельскохозяйственного производства для реализации закона об органическом земледелии.

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, яблони, гуминовая кислота, фульвокислота, почвенное органическое вещество.

### SOIL ORGANIC MATTER AS A FACTOR OF INCREASING THE YIELD OF APPLE PLANTS IN THE SOUTH OF RUSSIA

The research is devoted to the search for the most effective elements of agricultural technology, providing for the introduction of organic fertilizers (manure and green manure) under apple trees in order to ensure a stable yield of fruits while maintaining soil fertility. The field experiment was carried out in the gardens of the Kuban State Agrarian University. The transformation of the soil organic matter of leached chernozem and its fractional-group composition, depending on the use of organic fertilizers in fruit-bearing apple plantations, laid according to traditional technology, is considered. It is found that manure and green manure at 0-20; 21-40 and 41-60 cm soil layers provided the carbon content of humic substances 1.89; 1.78; 1.29 % and 1.86; 1.75; 1.29 % respectively. The carbon of humic substances in the control – 1.78; 1.71 and 1.29 %, the sums of fractions of humic acids and fulvic acids were distributed as follows: 23.6; 26.1; 27.1% and 22.7; 23.1; 24.1 % respectively. Fertilizers in the composition of carbon of humic substances in the studied soil layers increased the amount of humic acids to 36.3; 30.9; 29.3 and 32.2; 28.9; 26.8 % respectively. Reduced the proportion of the amount of fulvic acids relative to the control, respectively, to 19.3; 17.7; 16.1 and 22.1; 20.1; 17.3 %. Improved the  $S_{гк} : S_{фк}$  ratio. When applying manure and green fertilizers, the indicator was – 1.88; 1.75; 1.83 and 1.46; 1.44; 1.55. Control – 1.14; 1.13 and 1.12. The increase in soil organic matter in the soil contributed to an increase in the yield of fruits. In the variants with the introduction of manure and green fertilizers, the yield was 20.1 and 18.3 t / ha, respectively. In control – 16.7 t / ha. The research results show the possibility of transition to carbon-saving agricultural technologies for the implementation of the law on organic farming.

**Key words:** leached chernozem, apple trees, humic acid, fulvic acid, soil organic matter



## Введение

История прошлого в настоящем вопросе о почвенном органическом веществе – это длительный и тернистый процесс формирования альтернативных представлений. Его тайны остается актуальными, и по-прежнему продолжают быть нераскрытыми. Разнообразный химический состав органических материалов, поступающих в почву, различные пути минерализации, превращения определяют большую множественность органических соединений в составе почвенного органического вещества [2, 10-12].

Российская школа по изучению почвенного органического вещества была создана и получила развитие в трудах И. В. Тюрина, С. А. Ваксмана, М. М. Кононовой, С. С. Драгунова, Л. Н. Александровой, В. В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой, Б. М. Когута, В. М. Семенова, Л. К. Шевцовой, В. Н. Кудеярова, Г. Е. Мерзлой, В. В. Лапы, О. Н. Бирюковой, Л. А. Гришиной, Н. Ф. Ганжары, С. М. Лукина и многих других исследователей. Д. И. Менделеев в «Основах химии» писал: «Перегной содержит в сухом виде в 100 частях около 70 % углерода. Углерод – важнейший биогенный элемент и в почвах мира его содержится в три раза больше, чем во всей наземной растительности [3]. И. В. Тюрин рассматривал гумус как группу высокомолекулярных веществ специфической природы и разработал методы изучения группового и фракционного состава гумуса [5].

Установлено, что почвы, вовлеченные в сельскохозяйственное использование, содержат углерода органического меньше на 25–75 %, чем почвы естественных экосистем, где отчуждение биомассы отсутствует и наземный и корневой опад возвращается. В яблоневых насаждениях почва обедняется органическим веществом и уменьшение может составить 7,5 %. Минерализоваться может ежегодно от 25 до 67 % от Сорг. Выявлено в черноземах уменьшение запасов органического углерода (около 16 %), уменьшение минерализуемого пула почвенного органического вещества (от 19 до 28 т С/га) [4, 6 – 9].

Сельскохозяйственное использование почв способствует образованию гумусовых соединений большей лабильности. В условиях не нарушаемых сельскохозяйственной деятельностью почв при постоянном поступлении органических остатков и последующей их гумификацией формируются высоко конденсированные термодинамически устойчивые гумусовые соединения [1].

Поэтому важен вопрос выбора систем удобрений культур, позволяющей перейти к углеродсберегающей технологии сельскохозяйственного производства, а научная значимость и актуальность исследований по выявлению трансформации почвенного органического вещества как лимитирующего фактора в обеспечении оптимальных свойств

почвы и, в частности, содержании элементов минерального питания растений не вызывает сомнений.

Впервые в условиях юга России, в многолетних насаждениях яблони сорта Прима, выращиваемой по традиционной технологии на черноземе выщелоченном, выявлено сравнительное действие органических удобрений – навоза и сидерата.

## Цель исследований

Выявить влияние навоза полуперепревшего и зеленого удобрения (озимый горох) на содержание углерода гумусовых веществ, его фракционно-групповой состав в многолетних насаждениях яблони, произрастающих на черноземе выщелоченном, а также стабилизацию уровня продуктивности культуры.

## Материалы и методы

Полевой опыт проведен в 2017–2020 гг. в многолетних насаждениях яблони Кубанского ГАУ, заложенных в 2002 г. на черноземе выщелоченном. Географическое положение – г. Краснодар, 45°06' северной широты, 38°85' восточной долготы. Деревья размещены по схеме 4,00 x 1,50 м. Способ содержания почвы в междурядьях – задернение естественно растущими почвопокровными многолетними травами в саду. Для исследования выбрали осенний сорт яблони Прима. Подвой М 9.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках или агрочернозем глинисто-иллювиальный.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрения).
2. Навоз полуперепревший, 30 т/га).
3. Полное зеленое удобрение (сидерат – озимый горох).

Удобрения вносили осенью 2017 г. в междурядья по проекции кроны. Органические удобрения (полуперепревший навоз вносили с заделкой на глубину 25 см), сидераты (озимый горох) высевали на глубину 6-8 см с последующей полной заделкой надземной биомассы в почву. Зеленая масса сидерата – озимого гороха, применяемого в опыте, составляла 35-40 т/га. При этом в почву поступает примерно 200 кг азота, что равноценно 30 тонам навоза.

В почвенных образцах (воздушно-сухое состояние) определяли: содержание углерода по методу И.В. Тюрина, фракционно-групповой состав гумуса ускоренным методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой.

Агротехника в опыте соответствовала требованиям, изложенным в региональных рекомендациях. Возрастная группа деревьев яблони – период «плодоношения и роста». На делянке учетных деревьев – девять, повторность трехкратная.

В опыте учеты, наблюдения и оценка показателей по урожайности плодов яблони проводили на основании государственных нормативных документов.

При анализе данных, полученных в полевом опыте, использовали статистические методы исследований.

### Результаты и обсуждение

Содержание в почве органического углерода (Сорг) отождествляют с валовым содержанием гумуса и почвенного органического вещества. Изучение влияния органических – навоза полупрепревшего и зеленого удобрения выявило, что сельскохозяйственное использование почвы без использования удобрений, снижает содержание Сорг, соответственно и содержание гумуса.

Черноземные почвы традиционно считаются обогащенными органическим веществом. Однако в многолетних яблоневых насаждениях нами установлены некоторые изменения состава почвенного органического вещества чернозема выщелоченного в зависимости от использования органического удобрения – навоза и сидерата.

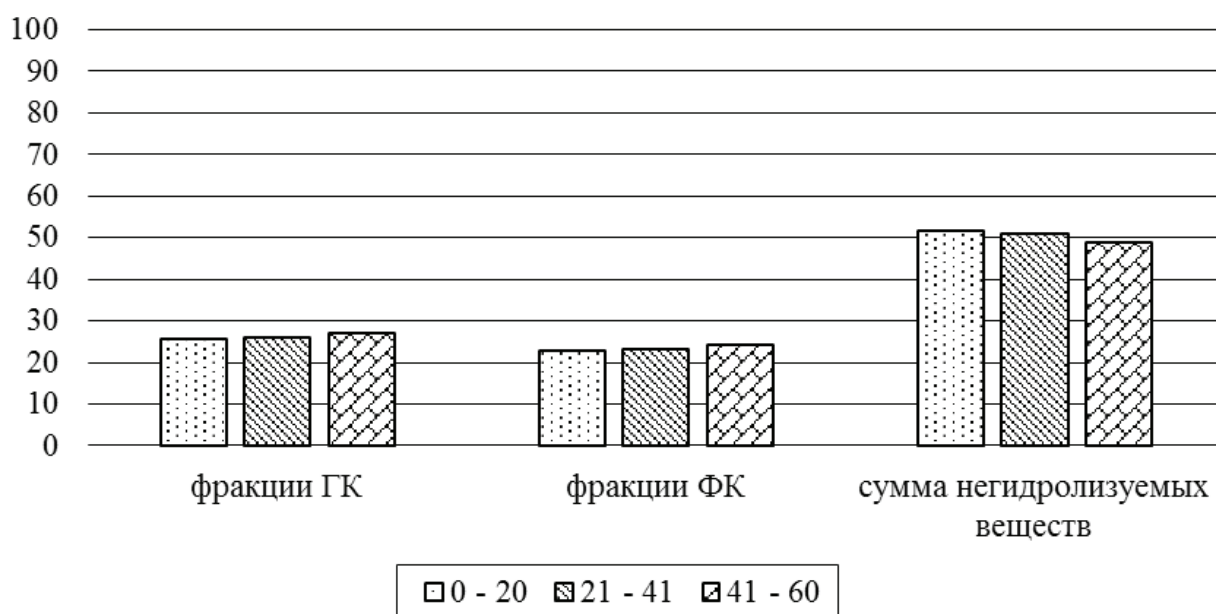
Мониторинг показал, что без применения удобрений в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях содержание органического углерода (Сорг) было равно 1,78;

1,71 и 1,29 % соответственно. В его составе в этих же слоях почвы сумма фракций гуминовых кислот (ГК) и сумма фульвокислот (ФК) распределились следующим образом: 23,6; 26,1; 27,1 %; 22,7; 23,1; 24,1 % соответственно. Видно, что гуминовые кислоты преобладали над фульвокислотами (рис. 1).

Наличие в почве негидролизующих веществ, составляющих более 50 % от доли гумусовых веществ, придает почвенному органическому веществу чернозема выщелоченного большую устойчивость к процессам минерализации.

В составе почвенного органического вещества отношение углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот ( $C_{гк} : C_{фк}$ ) в 0-20; 21-40 и 41-60 см слоях почвы уменьшалось в низ по профилю почвы и было равно 1,14; 1,13 и 1,12. Этот показатель характеризует достаточно хорошее гумусное состояние чернозема выщелоченного.

Внесение навоза и сидерата оказало положительное, но не одинаковое влияние на состав почвенного органического вещества.

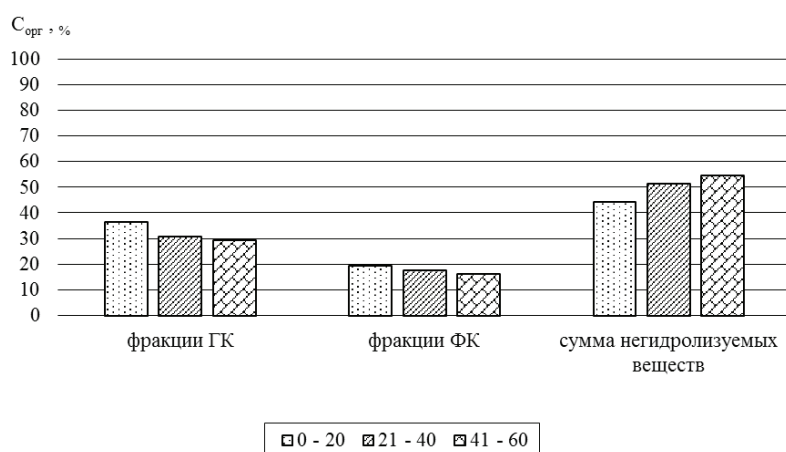


**Рисунок 1. Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони без применения удобрений**

В частности, при применении навоза полупрепревшего в слое почвы 0-20 см отмечено увеличение содержания углерода гумусовых веществ (на 6,2 %), а в слое 21-40 см выявлена тенденция к его повышению. Показатели были равны 1,89 и 1,78 % соответственно. Определено перераспределение между фракциями углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот. Относительно контроля в слоях почвы 0-20; 21-40 и 41-60 см от применения навоза увеличилась доля суммы гуминовых кислот на 41,8; 18,4; 8,1 %. Сумма фульвокислот достоверно снизилась в 21-40 и 41-60 см слоях почвы на 30,5 и 50,6 %. В верхнем 0-20 см слое снижение

этого показателя несущественно и составило менее 2 %. Относительно контроля улучшилось соотношение  $C_{гк} : C_{фк}$  – 1,88; 1,75 и 1,83 (рис. 2).

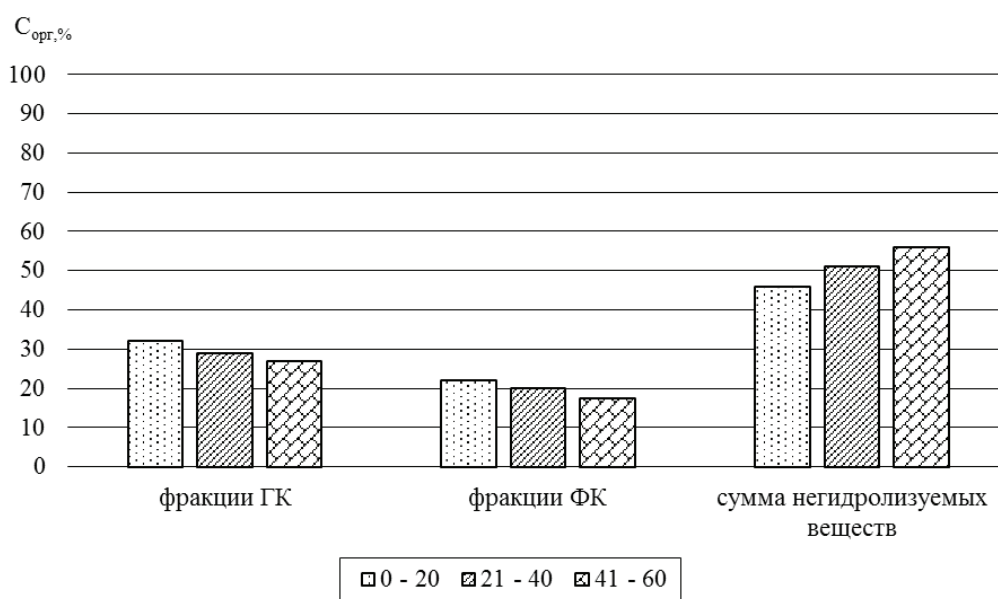
Содержание углерода гумусовых веществ под влиянием зеленого удобрения в 0-20 и 21-40 см слоях почвы увеличивалось, и оно было равно 1,86 и 1,75 %. В сравнении с навозом действие зеленого удобрения на сумму гуминовых кислот было несколько меньшим. В этих слоях она повышалась относительно контроля на 25,8 и 10,7 %, а в слое почвы 41-60 см наметилась незначительная тенденция к снижению показателя до 26,8 %. Сидерат во всех исследуемых слоях чернозема выщелочен-



**Рисунок 2. Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони при внесении навоза**

ного способствовал уменьшению суммы фульво-кислот, но наиболее отчетливо снижение обозначилось в 21-40 и 41-60 см слое на 14,9 и 39,3 %.

В исследуемых слоях почвы зеленое удобрение улучшило соотношение  $C_{гк} : C_{фк}$ , которое составило 1,46; 1,44; 1,55 соответственно (рис. 3).



**Рисунок 3. Фракционно-групповой состав органического углерода чернозема выщелоченного в насаждениях яблони при использовании зеленого удобрения**

В насаждениях яблони органические удобрения (навоз и сидерат) способствовали повышению содержания углерода гумусовых веществ в почве, улучшали его фракционно-групповой состав чернозема выщелоченного, что существенно сказалось на условиях корневого питания растений и в последующем на урожайности культуры. В среднем за три года исследований (2018 – 2020 гг.) без внесения удобрений было получено 16,7 т/га плодов яблони (2018 г. – 17,2 т/га; 2019 г. – 15,6 и 2020 г. – 17,5 т/га). Органические удобрения, улучшая свойства почвы, стабилизировали урожайность по годам, обеспечивая существенную

прибавку. При внесении навоза она была равна 19,7 % или 3,3 т/ га, а сидерат оказывал несколько меньшее влияние и способствовал повышению урожайности яблони в среднем только на 9,6 % или на 1,6 т/га. Соответственно, за три года исследований средняя урожайность плодов яблони при применении навоза и сидерата была равна 20,1 и 18,3 т/га соответственно.

#### Выводы

1. В условиях юга России применение органических удобрений в многолетних насаждениях яблони, произрастающих на черноземе выщелоченном, способствует сохранению почвенного органиче-

ского вещества.

2. Внесение навоза относительно контроля способствовало повышению в слоях почвы 0-20; 21-40 и 41-60 см содержания углерода гумусовых веществ, увеличению доли суммы гуминовых кислот на 41,8; 18,4; 8,1 %. В 21-40 и 41-60 см слоях почвы снижению суммы фульвокислот на 30,5 и 50,6 %, а также улучшению отношения  $C_{гк} : C_{фк}$  – 1,88; 1,75 и 1,83.

3. Зеленое удобрение в насаждениях яблони способствовало в слоях почвы 0-20; 21-40 см повышению содержания углерода гумусовых веществ до 1,86 и 1,75 % и суммы гуминовых кислот на 25,8 и 10,7 % соответственно. При этом в слоях почвы 21-40 и 41-60 см отмечено уменьшение суммы фульвокислот на 14,9 и 39,3 %. Соотношение  $C_{гк} : C_{фк}$  в 0-20; 21-40 и 41-60 см слое почвы составило

1,46; 1,44; 1,55. На контроле соотношение  $C_{гк} : C_{фк}$  невысокое – 1,14; 1,13 и 1,12 и уменьшалось вниз по профилю почвы.

4. Органические удобрения способствовали получению наилучшей продуктивности. Внесение навоза и зеленого удобрения в среднем за три года исследований (2018 – 2020 гг.) обеспечивало повышение урожая яблок на 19,7 и 9,6 %. Урожайность плодов на вариантах с внесением удобрений была равна 20,1 и 18,3 т/га соответственно. На контроле – 16,7 т/га.

**Благодарность** Авторы благодарны директору ЦАС «Краснодарский», зав. кафедрой почвоведения КубГАУ, д. с. - х. наук, профессору О. А. Подколзину и руководителю ООО «Агробиолаборатории» С. П. Степанову за предоставленную возможность проведения химических анализов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Болотин, С. Н. Исследование трансформированности почв земель сельскохозяйственного назначения методом ЭПР спектроскопии / С. Н. Болотин, Т. Ф. Бочко, Л. С. Федючок // Рисоводство. – 2020. – № 1 (46). – С. 44 – 50.
2. Иванов, А. Л. Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюринина и Ваксмана до наших дней / А. Л. Иванов, Б. М. Когут, В. М. Семенов и др. // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 2017. – Вып. 90. – С. 3-38. doi: 10.19047/0136-1694-2017-3-38. <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/261/143>.
3. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – Высшая школа, 2002. – 340 с. [http://www.pochva.com/?content=3&book\\_id=1359](http://www.pochva.com/?content=3&book_id=1359).
4. Семенов, В. М. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве в модельном эксперименте / В. М. Семенов, Н. Б. Паутова, Т. Н. Лебедева и др. // Почвоведение. – 2019. – № 10. – С. 1172-1184. <http://eurasian-soil-science.info/index.php/ru/archive/13-archive/59-2019-10>
5. Семенов, В. М. И. В.Тюрин и актуальные направления развития учения об органическом веществе почв в 21 веке / В. М. Семенов, Б. М. Когут // Наследие И. В. Тюрин в современных исследованиях в почвоведении: Материалы Международной научной конференции. – Казань, 15-17 октября 2013 г. – 171 с. [https://kpfu.ru/docs/F928601744/Materialy.konferencii.Tjurina\\_1\\_.pdf](https://kpfu.ru/docs/F928601744/Materialy.konferencii.Tjurina_1_.pdf).
6. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. 233 с. <https://fermer.ru/files/v2/forum/27121/semenovkogutpov2015soblozhkoj.pdf>.
7. Чупрова, В. В. Запасы, состав и трансформация органического вещества в пахотных почвах Средней Сибири / В. В. Чупрова // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2017. – № 90. – С. 96-115. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-90-96-115>.
8. Шеуджен, А.Х., Органическое вещество почвы и его экологические функции / А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим, Л. М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 202 с.
9. Шеуджен, А.Х. Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А.Х. Шеуджен, Т.Ф. Бочко, Л.М. Онищенко и др. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 2. – С. 8-11.
10. Kai, T. Analysis of Chemical and Biological Soil Properties in Organically and Conventionally Fertilized Apple Orchards / Takamitsu Kai, Masaki Mukai, Kiwako S. Araki, Dinesh Adhikari, Motoki Kubo // Journal of Agricultural Chemistry and Environment. – Vol. 5. – № 2. – P. 92-99 DOI: 10.4236/jacen.2016.52010
11. Vidal, A. Visualizing the transfer of organic matter from decaying plant residues to soil mineral surfaces controlled by microorganisms / Alix Vidal, Tobias Klöffel, Julien Guigue, Gerrit Angst, Markus Steffens, Carmen Hoeschen, Carsten W. Mueller // Soil Biology and Biochemistry. – V. 160. – 108347 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108347>
12. Garcia-Franco, N. Pruning residues incorporation and reduced tillage improve soil organic matter stabilization and structure of salt-affected soils in a semi-arid Citrus tree orchard / Noelia Garcia-Franco, Martin Wiesmeier, Luis Carlos Colocho Hurtarteac, Franziska Fellaa, etc. // Soil and Tillage Research. – V. 213. – 105129 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105129>

### REFERENCES

1. Bolotin, S. N. Investigation of soil transformation of agricultural lands by EPR spectroscopy / S. N. Bolotin, T. F. Bochko, L. S. Feduchok // Rice farming. – 2020. – № 1 (46). – P. 44 - 50.
2. Ivanov, A. L. Development of the doctrine of humus and soil organic matter: from Tyurin and Waxman to the present day / A. L. Ivanov, B. M. Kogut, V. M. Semenov et al. // Bul. Soil. in-ta them. V. V. Dokuchaeva. – 2017. – Issue. 90. – P. 3-38. doi: 10.19047 / 0136-1694-2017-3-38. <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/261/143>.
3. Orlov, D. S. Ecology and protection of the biosphere during chemical pollution / D. S. Orlov, L. K. Sadovnikova, I. N. Lozanovskaya. – Publisher: Vysshaya Shkola, 2002. – 340 p. [http://www.pochva.com/?content=3&book\\_id=1359](http://www.pochva.com/?content=3&book_id=1359).
4. Semenov, V. M. Decomposition of plant residues and the formation of active organic matter in the soil in a model experiment / V. M. Semenov, N. B. Pautova, T. N. Lebedeva et al. // Soil Science. – 2019. – № 10. – P. 1172-1184. <http://eurasian-soil-science.info/index.php/ru/archive/13-archive/59-2019-10>.

5. Semenov, V. M. I. V. Tyurin and current trends in the development of the theory of soil organic matter in the 21st century / V. M. Semenov, B. M. Kogut The legacy of I. V. Tyurin in modern research in soil science: Materials of the International scientific conference. - Kazan, October 15-17, 2013. - 171 p. [https://kpfu.ru/docs/F928601744/Materialy\\_konferencii.Tjurina\\_1\\_.pdf](https://kpfu.ru/docs/F928601744/Materialy_konferencii.Tjurina_1_.pdf).

6. Semenov, V. M. Soil organic matter / V. M. Semenov, B. M. Kogut. - M.: GEOS, 2015. - 233 p. <https://fermer.ru/files/v2/forum/27121/semenovkogutpov2015soblozhkoj.pdf>.

7. Chuprova, V.V. Stocks, composition and transformation of organic matter in arable soils of Central Siberia / V.V. Chuprova // Bulletin of the V. V. Dokuchaev Soil Science Institute. - 2017. - № 90. - P. 96-115. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-90-96-115>.

8. Sheudzhen, A. Kh. Soil organic matter and its ecological functions / A. Kh. Sheudzhen, N. N. Neshchadim, L. M. Onishchenko. - Krasnodar: KubGAU, 2011. - 202 p.

9. Sheujen, A. Kh. Changes in the content and quality of humus during agricultural use of leached chernozem in Western Ciscaucasia / A. Kh. Sheujen, T. F. Bochko, L. M. Onishchenko et al. // Problems of agrochemistry and ecology. - 2014. - № 2. - P. 8-11.

10. Kai, T. Analysis of Chemical and Biological Soil Properties in Organically and Conventionally Fertilized Apple Orchards / Takamitsu Kai, Masaki Mukai, Kiwako S. Araki, Dinesh Adhikari, Motoki Kubo // Journal of Agricultural Chemistry and Environment. - Vol. 5. - № 2. - P. 92-99 DOI: 10.4236/jacen.2016.52010

11. Vidal, A. Visualizing the transfer of organic matter from decaying plant residues to soil mineral surfaces controlled by microorganisms / Alix Vidal, Tobias Klöffel, Julien Guigue, Gerrit Angst, Markus Steffens, Carmen Hoeschen, Carsten W. Mueller // Soil Biology and Biochemistry. - V. 160. -108347 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108347>

12. Garcia-Franco, N. Pruning residues incorporation and reduced tillage improve soil organic matter stabilization and structure of salt-affected soils in a semi-arid Citrus tree orchard / Noelia Garcia-Francoa, Martin Wiesmeierab, Luis Carlos Colocho Hurtarteac, Franziska Fellaa, etc. // Soil and Tillage Research. - V. 213. - 105129 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105129>

**Налиен Дарвеш**

Аспирант кафедры агрохимии  
E-mail: [nalien.darweesh@yahoo.com](mailto:nalien.darweesh@yahoo.com)

**Nalien Darweesh**

Postgraduate student of the Department of agrochemistry  
E-mail: [nalien.darweesh@yahoo.com](mailto:nalien.darweesh@yahoo.com)

Дамасский университет, факультет сельского хозяйства, 30621, Сирия, г. Дамаск, ул. Масакен Барзее

Faculty of agriculture of Damascus university  
Masaken Barzeh str., Damascus, 30621, Syria

**Людмила Михайловна Онищенко**

Профессор кафедры агрохимии  
E-mail: [dekanatxp@mail.ru](mailto:dekanatxp@mail.ru)

**Lyudmila Mikhailovna Onishchenko**

Professor of the department of agrochemistry  
E-mail: [dekanatxp@mail.ru](mailto:dekanatxp@mail.ru)

**Татьяна Николаевна Дорошенко**

Профессор кафедры плодоводства  
E-mail: [doroshenko-t.n@yandex.ru](mailto:doroshenko-t.n@yandex.ru)

**Tatiana Nikolaevna Doroshenko**

Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of fruit growing  
E-mail: [doroshenko-t.n@yandex.ru](mailto:doroshenko-t.n@yandex.ru)

**Юлия Андреевна Онищенко**

Магистрант кафедры агрохимии  
E-mail: [jgermanne@gmail.com](mailto:jgermanne@gmail.com)

**Yulia Andreevna Onishchenko**

Master student of the department of agrochemistry  
E-mail: [jgermanne@gmail.com](mailto:jgermanne@gmail.com)

**Сергей Семенович Чумаков**

Профессор кафедры плодоводства  
E-mail: [c.cemen1980@mail.ru](mailto:c.cemen1980@mail.ru)

**Sergei Semenovich Chumakov**

Professor of the department of fruit growing  
E-mail: [c.cemen1980@mail.ru](mailto:c.cemen1980@mail.ru)

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

All: Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin  
13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-54-61  
УДК: 632.122:546

**Погорелов А.В.**, аспирант,  
**Лазыко В.Э.**, канд. с.-х. наук,  
**Шматок В.И.**, аспирант,  
**Мельченко А.И.**, д-р биол. наук  
г. Краснодар, Россия

### **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ**

*В обзорной статье представлена информация о загрязнении сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами. Обозначены основные источники данного загрязнителя. Отдельно рассмотрен вариант загрязнения почвы от применения минеральных удобрений и пестицидов, так как некоторые пестициды содержат в своем составе тяжелые металлы, такие, как ртуть, медь, цинк, железо, кадмий. Рассмотрены варианты воздействия тяжелых металлов на сельскохозяйственные растения и биосферу в целом. Приведена информация о токсичности тяжелых металлов, которые с 2021 г. участвуют в полевом эксперименте на территории ФНЦ риса. В результате выполненного обзора литературы было установлено, что фитотоксичность тяжелых металлов для сельскохозяйственных растений требуется изучать для каждого региона отдельно. Переносить полученную экспериментальным путём информацию из одного региона в другой не представляется возможным в силу известных причин – почвенно-климатических условий, спектра выращиваемых сельскохозяйственных растений, сортов и т.д. Так, как на Кубани большое внимание уделяется выращиванию тыквы, в обзорной статье приводится информация о ее роли в питании человека. Биологические особенности семейства тыквенных Cucurbitaceae, которые приведены в обзорной статье, дают основания предполагать, что существенную роль при загрязнении растений будет играть, как аэральный, так и почвенный путь. Поэтому в 2021 году на полях ФНЦ риса заложены опытные делянки с учетом почвенных разностей, чтобы изучить возможное накопление тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквы разных сортов.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, токсичность, почва, тыква, накопление.

### **HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT AND THEIR IMPACT ON AGRICULTURAL PLANTS**

*The review article provides information on the contamination of agricultural land with heavy metals. The main sources of this pollutant are indicated. The variant of soil contamination from the use of mineral fertilizers and pesticides is considered separately, since some pesticides contain heavy metals, such as mercury, copper, zinc, iron, and cadmium. The variants of the impact of heavy metals on agricultural plants and the biosphere as a whole are considered. Information is provided on the toxicity of heavy metals that have been participating in a field experiment on the territory of the Rice Research Institute since 2021. As a result of the literature review, it was found that the phytotoxicity of heavy metals for agricultural plants needs to be studied separately for each region. It is not possible to transfer the information obtained experimentally from one region to another, for well-known reasons-soil and climatic conditions, the range of cultivated agricultural plants, varieties, etc. Since much attention is paid to growing pumpkins in the Kuban, the review article provides information about its role in human nutrition. The biological features of the pumpkin family Cucurbitaceae, which are given in the review article, give grounds to assume that both the aerial and soil pathways will play a significant role in plant contamination. Therefore, in 2021, experimental plots were laid in the fields of the Rice Research Institute, taking into account soil differences, in order to study the possible accumulation of heavy metals in the vegetative and generative organs of pumpkin of different varieties.*

**Key words:** heavy metals, toxicity, soil, pumpkin, accumulation.

#### **Введение**

Увеличение численности населения на планете требует соответствующего увеличения темпов развития производства. Современные технологии, применяемые в промышленности и сельском хозяйстве, существенно снижают загрязнение окру-

жающей среды, однако оно всё же происходит. В последние десятилетия загрязнение окружающей среды приобрело угрожающие масштабы. В атмосферу и гидросферу выбрасываются миллионы тонн разных видов загрязнителей. Кроме того, в связи с интенсификацией сельскохозяйственного

производства происходит загрязнение сельскохозяйственных угодий, что в конечном итоге обязательно скажется на качестве и урожае сельскохозяйственных растений. Загрязняющие вещества, которые оказались в атмосфере или гидросфере в основном накапливаются в почве или донных отложениях. В дальнейшем их ждет миграция по соответствующим трофическим цепям, в которых часто одним из звеньев является человек.

В окружающей среде под действием природных факторов часть загрязняющих веществ быстро распадается, другая часть переходит в труднодоступную для растений форму и долгие годы ждет своего часа для воздействия на сельскохозяйственные растения [8, 23, 10, 19, 20, 30, 24, 27].

Среда, в которой мы живем, во времени изменяется в основном под действием антропогенного фактора. В целом можно утверждать, что эти изменения имеют продолжительный характер, а их проявления могут обнаруживаться, как через несколько дней или часов, так и через несколько десятилетий после попадания на объект.

К таким опасным загрязнителям для сельскохозяйственного производства и окружающей среды относятся тяжелые металлы.

«Тяжелые металлы – группа химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см<sup>3</sup>. Для биологической классификации правильнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой, то есть относить к тяжелым все металлы с относительной атомной массой более 40» [32, 10]. При употреблении термина «тяжелые металлы» очень часто ошибочно появляется представление об их обязательной токсичности. Однако в эту группу отнесены и такие важные для жизнедеятельности растений элементы, как медь, марганец, железо, цинк, кобальт и другие. Положительные качества указанных химических элементов для сельскохозяйственных растений давно доказаны.

Появилась даже группа химических элементов, которая получила название «микроэлементы» [1].

Их название связано с концентрацией, в которой они необходимы живым организмам. То есть «тяжелые металлы» и «микроэлементы» это понятия, которые можно отнести к одним и тем же химическим элементам. Различие заключается в концентрациях, в которых они находятся в почве, воде, удобрениях, продукции растениеводства и т.д. [7, 36].

Почва обладает высокой поглотительной способностью, она довольно хорошо может удерживать положительно заряженные ионы металлов. Постоянное поступление загрязнителей в различных количествах приводит в конечном итоге к их накоплению. В Краснодарском крае сельскохозяйственное производство многие десятилетия является одним из основных видов деятельности человека. При этом в почву поступает огромное коли-

чество химических загрязнителей различного вида при использовании химических препаратов. Ну и, конечно, не малая часть загрязнителей поступает в почву из атмосферы и гидросферы. Спектр тяжелых металлов, которые попадают в почву в основном зависит от характера хозяйственной деятельности человека на этой же территории. Однако загрязнение почвы может произойти и от других источников, которые находятся на значительном расстоянии – аварии на Чернобыльской АЭС, выбросы Саяно-Шушенская ГЭС, химкомбината «Каменский» в Каменске-Шахтинском и т.д.

Тяжелые металлы в основном попадают в атмосферу в составе аэрозолей, значение которых в химическом загрязнении воздуха крайне велико.

По данным, основное количество тяжелых металлов (более 95 %) от предприятий черной и цветной металлургии поступает в почву в виде техногенной пыли [9,10]. Водорастворимые соединения металлов в ней составляют десятые доли процента, реже их содержание достигает нескольких процентов. Причем отмечено, что в выбросах цинкоплавильного производства количество водорастворимых соединений цинка, меди, кадмия, свинца в несколько раз больше, чем в выбросах комбината черной металлургии.

К сожалению, воздействие тяжелых металлов в целом на биосферу будет со временем только увеличиваться. Проблема, связанная с изучением миграции тяжелых металлов по трофическим цепям в дальнейшем будет еще больше актуализироваться, так как техногенные геохимические аномалии будут постоянно увеличиваться в связи с тем, что будут возрастать масштабы и интенсивность хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, так называемый «металлический пресс» в целом на биосферу и в частности на сельскохозяйственные угодья будет увеличиваться, он превращается в постоянно действующий экологический фактор.

Прогрессирующее загрязнение растительного покрова тяжелыми металлами и другими химическими элементами и их соединениями, являющимися продуктами хозяйственной деятельности человека, приводит к снижению его экологической, экономической и эстетической ценности [2, 11, 13, 24, 27, 35].

При изучении влияния атмосферных выпадений на растительный покров требуется уточнить, вызвано ли присутствие тяжелых металлов в атмосфере естественным процессом переноса мельчайших частиц горных пород или оно обусловлено техногенными причинами, пользуемся специальным коэффициентом обогащения (КО). Он определяется, как отношение концентраций двух элементов в атмосферных осадках, деленное на отношение концентраций тех же элементов в земной коре, например (1)

$$KO = [Cd(oc)/Si(oc)]/[Cd(зем.к) / Si(зем.к)] \quad (1)$$

Cd (oc) – концентрация кадмия в атмосферных осадках, Si (oc) – концентрация кремния в атмосферных осадках, Cd (зем. к) – концентрация кадмия в земной коре (кларк кадмия), Si (зем. к) – концентрация кремния в земной коре (кларк кремния).

Если КО близок к единице, то можно полагать, что источником атмосферных частиц является естественное выветривание горных пород. Значение коэффициента обогащения больше единицы говорит о техногенном происхождении элемента, поступившего в атмосферу, особенно в тех случаях, когда величина КО достигает нескольких математических порядков.

По данным во время рейса исследовательского судна «Каллисто» значения КО в атмосферных осадках к юго-востоку от Японских островов были равны для кадмия – 80000, для цинка – 800, меди – 200, свинца – 6250, марганца – 40 [1]. Отсюда видно, какое огромное влияние на загрязнение атмосферы оказывают высокоразвитые промышленные страны.

В почву тяжелые металлы могут поступать, например, с минеральными удобрениями. Роль минеральных удобрений для сельскохозяйственных растений трудно переоценить. Применение их направлено на повышение содержания в почве всех необходимых элементов питания растений. Основное требование к ним – хорошая растворимость. Тяжелые металлы в минеральных удобрениях – это естественная примесь, которая содержится в рудах и, следовательно, их количественная составляющая зависит от исходного сырья. Наиболее существенными, как по набору, так и по концентрациям примесей тяжелых металлов являются фосфорные удобрения [15, 39].

По данным американский простой суперфосфат является источником кадмия, входящего в состав этого удобрения [1]. Среди элементов, которые содержатся в простом суперфосфате находятся такие тяжелые металлы, как кадмий (50-170 мг/кг), медь (4-79 мг/кг), свинец (7-92 мг/кг), цинк (50-1430 мг/кг), никель (7-32 мг/кг), хром (66-243 мг/кг), кобальт (0-90 мг/кг), ванадий (70-180 мг/кг). Конечно, в удобрениях содержатся и естественные радионуклиды – торий, уран, радий, полоний, свинец и стабильный стронций.

Еще одним значимым источником поступления тяжелых металлов в почву являются пестициды, которые представлены различными органическими химическими соединениями. Тем не менее, отдельные пестициды содержат в своем составе тяжелые металлы, такие, как ртуть, медь, цинк, железо, кадмий. Например, фунгициды могут содержать медь, цинк. К таким соединениям относятся: трихлорфенолят меди ( $C_6H_2Cl_3O_2Cu$ ), купрозан (37,5 % хлорокиси меди и 15 % цинеба), медный купорос  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , хлорокись меди

$3Cu(OH)_2 \cdot xCuCl_2 \cdot yH_2O$ , цинеб  $C_4H_6N_2S_4Zn$ , цирам  $C_6H_{12}N_2S_4Zn$ . Для борьбы с грызунами используют фосфид цинка  $Zn_3P_2$ . Длительное применение препаратов, содержащих тяжелые металлы, часто приводит к накоплению их в почве в токсичных для растений концентрациях.

Токсичность тяжелых металлов может проявляться по-разному. Некоторые металлы, например, медь, кадмий, свинец, бериллий при токсичных концентрациях ингибируют активность ферментов, главным образом щелочную фосфатазу, каталазу, оксидазу и рибонуклеазу. Такие тяжелые металлы, как кадмий, медь, железо взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость. Иногда они вызывают разрыв клеточных мембран. Существует группа тяжелых металлов, которая может замещать важные для растений элементы, нарушая при этом важнейшие функциональные роли – Cs замещает K, Ba и Sr замещают Ca, Cd замещает Zn, Li замещает Na [10, 35].

Фитотоксичность металлов и устойчивость к ним растений зависит от многих факторов – концентрации и химическом носителе металла в почвенном растворе, большое влияние на устойчивость к этому загрязнителю оказывает вид и сорт растений, фаза развития растения, при которой произошло воздействие, продолжительность действия, погодные условия, почвенные факторы – pH, катионная обменная способность почвы, содержание органического вещества и т.д. Агротехнические и агрохимические приемы, такие, как внесение минеральных и органических удобрений, известкование, применение плантажной вспашки и другие, могут существенно снижать или усиливать токсический эффект металлов. Кроме того, следует заметить, что устойчивость растения к одному металлу, как правило, не распространяется на другие.

Существуют различные способы рекультивации почвенного покрова, загрязненного тяжелыми металлами, которые позволяют, после надлежащей экспериментальной проверки в полевых условиях, подобрать виды или сорта растений, которые можно будет выращивать на загрязненной известными тяжелыми металлами почве. Это же свойство растительного организма может быть использовано при выведении новых сортов сельскохозяйственных растений, способных давать урожаи незагрязненной продукции на почвах, аккумулировавших тяжелые металлы [21, 33].

Из изложенного материала видно, что установить величину фитотоксичности металла для растений и микроорганизмов почвы, довольно трудно. Эту задачу приходится решать каждый раз для различных растений с учетом их чувствительности к металлам, а также на различных почвах для одного и того же вида растений. По токсичности тяжелые металлы не редко ранжируют – ртуть, кадмий, свинец, цинк, медь, кобальт и т.д. В большин-



стве случаев в исследованиях используют первые из перечисленных в ряду тяжелых металлов.

Наличие растворимых соединений металлов в почвах приводит к поступлению их в ткани растений. Кадмий высоко токсичен для растений, кроме того, он может выступать, как антагонист цинка. Высокая фитотоксичность кадмия объясняется его близостью по химическим свойствам к цинку. Кадмий может выступать в роли цинка во многих биохимических процессах, нарушая работу таких ферментов, как карбоангидраза, различные дегидрогеназы, фосфатазы, связанные с дыханием и другими физиологическими процессами, а также протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена и др. Замещение цинка кадмием в растительном организме приводит к цинковой недостаточности, что в свою очередь вызывает угнетение и возможную гибель растения [10, 13, 22, 40].

Цинк обладает слабой фитотоксичностью. Только существенное увеличение его содержания в почве может проявить эффект на растениях. Появление признаков токсичности цинка у растений наступает при содержании его в тканях 300-500 мг/кг сухого вещества [10, 13, 22].

Медь важный для растений элемент, однако в высоких концентрациях так же может оказывать токсическое действие, которое даже выше, чем у цинка. Хлороз – симптом избытка меди. Алексеев Ю.В. и Водяницкий Ю.Н. указывают на существование двух видов реакции растений на избыток меди: латентное отравление, когда растение больше уже не может давать оптимальные приросты, а симптомы отравления почти не выявляются, и острое отравление, когда повреждения растений резко выражены [10, 22]. Для меди определена еще одна особенность – определенные концентрации ее могут ухудшать качество плода, еще не отражаясь на урожайности.

Ионы свинца, которые попадают в почву, довольно быстро теряют подвижность в связи с образованием труднорастворимых фосфатов, сульфатов, карбонатов и т.д., а также за счет поглощения органическими и минеральными коллоидами. Они прочнее, чем другие катионы, удерживаются гумусом почвы. При pH, близком к 6, свинец адсорбируется глинистыми частицами или переходит в карбонатную форму [22, 27].

Существует взаимное влияние некоторых элементов при их избыточном содержании в почве, так цинк и молибден способствуют накоплению в растении азота, марганец – фосфора, медь – калия. Но и фосфор способен уменьшать содержание цинка в растении [1].

И всё же атмосферные выпадения загрязнителей, содержащих тяжелые металлы, имеют очень важное значение при накоплении их в растениях. Конечно, даже при этом варианте происходит ком-

бинированное загрязнение растений – аэральный и корневой путь поступления. При поступлении аэрозольей или пыли на растение мобильность проникновения выше. Но и в этом случае очень важную роль будут играть биологические особенности растения, на которое выпадают загрязненные осадки.

В Краснодарском крае большое внимание уделяется многим сельскохозяйственным растениям – зерновым, овощным, плодовым, винограду, орехоплодным. Одной из таких важнейших культур, которая занимает большие площади в овощном, рисовом севообороте является тыква.

Об этом сельскохозяйственном растении семейства тыквенных Cucurbitaceae известно очень много важной, интересной информации. Тыква играет важнейшую роль в питании человека, так как содержит огромный спектр витаминов, сахаров, жирных кислот, аминокислот, важные для жизнедеятельности организма человека химические элементы. Тыква и тыквенные семечки наиболее часто применяются в медицине в лечебных целях, например, урологии. Тыквенные семечки широко используются в фармакологии. Например, в препарате Pumpkin Seed (семена тыквы) в назначении указано комплексное действие противоязвенного гепатопротекторного (защита печени) и желчегонного характеров. Это только малая часть всех удивительных качеств этого божественного растения [3, 6, 12, 14, 16, 25, 26, 28, 31, 37, 38].

В условиях Краснодарского края исследований по выращиванию этого замечательного растения на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, не проводилось. Определенный интерес при этом вызывают исследования по возможному аэральному загрязнению тыквы при выпадении загрязненных осадков. Поэтому уже в 2021 году эти исследования на территории полей ФНЦ риса г. Краснодара были начаты с учетом почвенных разностей, различных сортов тыквы и определенного спектра тяжелых металлов. В связи с тем, что это растение имеет большую вегетативную массу, которая к тому же располагается довольно близко к поверхности почвы, при изучении загрязнения растения от выпадающих осадков следует учитывать еще и фактор подъема частицы почвы при ударе капли дождя.

В основном размеры почвенных частиц близки к размерам капли мелкого, «морозящего» дождя – примерно 0,5-1,0 мм. Мелкий «грибной» дождик абсолютно безвреден для структуры почвы. Его капля весит меньше 0,05 г, а скорость не превышает 5-6 м/с. Исходя из приведенной выше информации следует, что оптимальная интенсивность дождя для тяжелых почв составляет 0,1-0,2 мм/мин., средних — 0,2-0,3 мм/мин и на легких — 0,5-0,8 мм/мин. Если темпы выпадения осадков соответствуют инфильтрации определенного типа почвы,

то нет причин для беспокойства для структуры почвы. Однако, есть опасность миграции тяжелых металлов в растения, при морозящем дожде.

На Кубани выпадение ливневых осадков, особенно в последние десятилетия, не редкость и это уже вызывает беспокойство, так как капли проливного дождя имеют гораздо больший размер (минимум 3-4 мм) и массу (до 0,15 г), чем капли «грибного» дождика. И, соответственно, большую кинетическую энергию, поглотить которую частицы почвы без повреждений не могут. Под постоянными ударами тяжелых капель агрегаты поверхностного слоя почвы теряют прочность и разрушаются. Время контакта капли с поверхностью занимает очень короткий промежуток времени – тысячные доли секунды. Почва подвергается мощному воздействию множества относительно слабых, но резких ударов.

При ударе о почву капля начинает деформироваться. После деформации капли давление по периферии контакта начинает падать, но в центре давление продолжает расти. В результате перепада давления от центра капли к ее краям радиально устремляются потоки воды. Траектория их движения повторяет кривизну стенок кратера. За-

тем они продолжают двигаться по инерции, захватывая с собой частицы разбитых почвенных агрегатов. Капля полностью разбрызгивается, возникает так называемая «корона» из брызг, которые разлетаются на 30-40 см [4, 5, 17, 18, 29].

Сильный ливень (Cumulonimbus (Cb)) может поднять в воздух до 150-200 тонн почвы с одного гектара, что соответствует слою 1,2-1,5 мм. Но это при довольно ровном рельефе местности, но если есть уклон, то дождь, который продолжается достаточно долго, может смыть плодородный слой почвы и перенести его к подножию склона. Опасность от проливных дождей для почвы заключается еще и в том, что удары капель дробят агрегаты на мельчайшие компоненты, которые заполняют все пустоты между более крупными частицами структурированной почвы. Поверхность заиленной почвы плохо поглощает влагу. Это увеличивает непродуктивные потери влаги (сток, испарение). Кроме того, после высыхания поверхность почвы «цементируется» и превращается в тонкую, но прочную корку.

Данные об интенсивности осадков, скорости падения капли, влагозапасе, среднем диаметре капли приведены в таблице.

**Таблица. Интенсивность и кинетическая энергия для различных осадков**

Виды осадков	Интенсивность, $10^{-4}$ $\text{кг} \times \text{с}^{-1} \times \text{м}^{-2}$	Скорость падения капли м/с	Влагозапас, $\text{кг} \times \text{м}^{-2}$	Средний диаметр капель, мм
Морось	0,5-1,0	4,1	50-90	0,2-0,3
Обложные	3-6	5,7	60-100	0,3-0,7
Ливневые	12-15	7,3	30-70	0,7-1,0

Сила удара капель может быть определена по зависимости (2) [39]

$$N = \frac{\pi \rho d_d^3 \sqrt{gh - 6\sigma / (\rho d_d)}}{6t} \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность капли,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\pi$  – математическая постоянная, равная 3,14;  $g$  – ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ ;  $h$  – высота падения капли для условий исследований  $0,07 \text{ Н}/\text{м}$ ;  $t$  – время гидродинамического удара о твердую поверхность, с определяется по методике [5].

В определенных экстремальных условиях усиленный сток влаги осадков с покрытых почвенной коркой участков приводит к непродуктивным потерям влаги и к потерям плодородной почвы, так как «убегающая» с полей вода уносит с собой частицы грунта.

В случае загрязненной тяжелыми металлами почвы, при выпадении проливных дождей, происходит загрязнение вегетативной массы растения и его плодов. В связи с тем, что листва тыквы имеет опушение и большую площадь, можно предположить, что она обладает хорошей водоудерживающую способностью, то есть загрязнение будет большим, как в связи с капельками загрязненного дождя, выпадающего из атмосферы, так и от почвы подбрасываемой каплями дождя и осевшими на вегетативную массу изучаемого растения [34].

В 2021 году на полях ФНЦ риса заложены опытные делянки на тыкве разных сортов с учетом почвенных разностей, чтобы изучить возможное накопление тяжелых металлов, описание, которых приведено выше.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 142с.
- Андрюченко, Л.Н. Влияние внесения кадмия, никеля, цинка на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур / Л.Н. Андрюченко, Ю.В. Аксенова // Земледелие. - 2018. - №8. – С. 23-25.
- Бисчокова, Ф.А. Применение продуктов переработки тыквы при производстве новых видов хлеба / Ф.А. Бисчокова, Л.З. Бориева, И.Б. Шогенова // Успехи современной науки. 2017. - №11. - С. 81 - 84.
- Брыль, С.В. Вертикальное эффективное давление удара капли о почву / С.В. Брыль, М.С. Зверьков // Приро-

дообустройство. – 2016. – №2. – С. 62-67.

5. Брыль, С.В. Теоретические подходы к расчету вертикального эффективного давления удара капель искусственного дождя о почву и твердую поверхность / С.В. Брыль, М.С. Зверьков // Экология и строительство. – 2016. – №1. – С. 16-20.

6. Винницкая, В.Ф. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания / В.Ф. Винницкая, С.И. Данилин, О.В. Перфилова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 2. – С. 45-51.

7. Водяницкий, Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2012. – №3. – С. 368-375.

8. Водяницкий, Ю.Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2014. – №4. – С. 420-432.

9. Водяницкий, Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами, фосфором и серой предприятиями цветной металлургии (Среднеуральский медеплавильный завод и Норильский горно-металлургический комбинат) / Ю.Н. Водяницкий, И.О. Плеханова, Е.В. Прокопович, А.Т. Савичев // Почвоведение. – 2011. – №2. – С. 240-249.

10. Водяницкий, Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2013. – №7. – С. 872-881.

11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» М.: Минприроды РФ; НПП «Кадастр», 2018. – 888с.

12. Дейнека, Л.А. Исследование каротиноидного состава мякоти тыквы / Л.А. Дейнека, И.А. Гостищев, В.И. Дейнека и др. // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2011. – № 9 (104), Вып. 15.– С. 131–136.

13. Добровольский, В.В. Основные черты геохимии цинка и кадмия в биосфере / В.В. Добровольский // Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука. 1992. – С. 7-18.

14. Егорова, Е.Ю. Потребительские свойства хлебобулочных изделий с добавлением муки из семян тыквы / Е.Ю. Егорова, С.С. Кузьмина // Ползуновский вестник. – 2017. – № 3. – С. 32-36.

15. Ендовицкий, А.П. Состояние свинца и кадмия в черноземе после внесения фосфогипса / А.П. Ендовицкий, В.П. Калиниченко, Т.М. Минкина // Почвоведение. – 2014. – №3. – С. 340-350.

16. Завьялова, Т.И. Биологическая ценность тыквы и продуктов ее переработки / Т.И. Завьялова, И.Г. Костко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 45-49.

17. Зверьков, М.С. Давление капель искусственного дождя о почву / М.С. Зверьков // Природообустройство. – 2018. – №3. – С. 100-105.

18. Зверьков, М.С. Капельная эрозия, как фактор нарушения плодородия почв орошаемых агроландшафтов / М.С. Зверьков // Природообустройство. – 2013. – №5. – С. 31-34.

19. Зубкова, Т.А. Почва как фактор здоровья человека / Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский, Ю.Н. Ашинов // Пространство и Время. – 2013. – № 2 (12). – С. 207-218.

20. Игонов, И.И. Динамика содержания тяжелых металлов в процессе длительного использования пашни / И.И. Игонов, И.Ф. Кargin // Агрехимический вестник. – 2012. – №4. – С. 35-37.

21. Лукин, С.В., Селюкова, С.В. Агроэкологическая оценка влияния органических удобрений на микроэлементный состав почв / С.В. Лукин, С.В. Селюкова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №12. – С. 61-65.

22. Лукин, С.В. Мониторинг содержания микроэлементов Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg в пахотных черноземах юго-запада Центрально-Черноземной зоны / С.В. Лукин // Агрехимия. – 2012. – №11. – С.52-59.

23. Лукин, С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России / С.В. Лукин // Почвоведение. – 2017. – №11. – С.1367-1376.

24. Минкина, Т.М. Накопление тяжелых металлов в системе почва - растение в условиях загрязнения [Электронный ресурс] / Т.М. Минкина, М.В. Бурачевская, В.А. Чаплыгин, С.Ю. Бакоев, Е.М. Антоненко, С.С. Белогорская // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011- № 4 (04).

25. Михалев, В.Ю. Функциональный продукт из мякоти тыквы / В.Ю. Михалев, И.В. Николаев, О.В. Королева // Пищевая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 20-22.

26. Милованова, Е.С. Разработка технологических решений по использованию продуктов переработки семян тыквы при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Е.С. Милованова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 4 (328). – С. 29.

27. Мосина, Л.В. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами (на примере свинца) [Электронный ресурс] / Л.В. Мосина, Э.А. Довлетярова, С.Ю. Ефремова, Ж. Норвосурэн // Известия ПГПУ им. В.Г. Беллинского. Естественные науки. – 2012. – № 29.

28. Москвичева, Е.В. Обоснование технологии мучных кондитерских изделий с использованием вторичных продуктов переработки тыквы / Е.В. Москвичева, И.А. Тимошенкова, Д.А. Черникова // Лучшая научная статья 2017: сборник статей XIII Международного научно-практического конкурса: 2 ч. 2017. – С. 75-79.

29. Ольгаренко, Г.В. Касательное напряжение в почве при ударе о нее капли искусственного дождя / Г.В. Ольгаренко, С.В. Брыль, М.С. Зверьков // Экология и строительство. – 2017. – №4. – С. 27-36.

30. Пугаев, С.В. Агроэкологические особенности содержания и миграции тяжелых металлов в почве лесополосы и защищаемого поля / С.В. Пугаев // Земледелие. – 2018. – №2. – С. 30-32.

31. Савинова, Н.А. Блюда из тыквы / Н.А. Савинова. – М.: Эксмо, 2014. – 760с.

32. Селюкова, С.В. Тяжелые металлы в агроценозах / С.В. Селюкова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т.34. – №8. – С.85-93.

33. Селюкова, С.В. Тяжелые металлы в органических удобрениях / С.В. Селюкова // Агрехимический вестник. – 2016. – №5. – С. 47-51.

34. Свистов, П.Ф. О пространственно-временных изменениях кислотности атмосферных осадков / П.Ф. Свистов, А.С. Талаш, Е.С. Семенец // Климат и природа. – 2016. – №2(19). – С. 14-26.

35. Титов, А.Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие / А.Ф.

Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 77с.

36. Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014 – 194 с.

37. Хусид, С.Б., Петенко, А.И. Изучение биохимического состава плодов тыквы сорта Витаминная / С.Б. Хусид, А.И. Петенко // Университет: наука, идеи и решения. Научный журнал Кубанского ГАУ, Краснодар. - 2011 г. - С. 189-190.

38. Хусид С.Б., Петенко А.И. Изменение химического состава плодов тыквы в процессе хранения / С.Б. Хусид, А.И. Петенко // Сборник научных трудов по материалам международной научно- практической конференции, Одесса. - 2012. - С. 47-48.

39. Шеуджен, А.Х. Агрехимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. - Майкоп: Полиграф-Юг, 2013. – 572с.

40. Distribution and availability of cadmium in profile and aggregates of a paddy soil with 30-year fertilization and its impact on Cd accumulation in rice plant / Z.X. Rao, D.Y. Huang, J.S. Wu, et al. // Environmental Pollution. - 2018. - Vol. 239. - P. 198-204.

## REFERENCES

- Alekseev, Yu. V. Heavy metals in soils and plants / Yu. V. Alekseev – L.: Agropromizdat. Leningr. otd-nie. - 1987 – 142 p.
- Andrienko, L. N. The influence of the introduction of cadmium, nickel, zinc on the level of their content in the soil, yield and quality of root crops of vegetable crops / L. N. Andrienko, Y. V. Aksenova // Agriculture. - 2018. – № 8. - P. 23-25.
- Bischokova, F. A. The use of pumpkin processing products in the production of new types of bread / F. A. Bischokova, L. Z. Borieva, I. B. Shogenova // Successes of modern science. 2017. - № 11. - P. 81 - 84.
- Bryl, S. V. Vertical effective pressure of impact of a drop on the soil / S. V. Bryl, M. S. Zverkov // Nature Management. - 2016. - № 2. - P. 62-67.
- Bryl, S. V. Theoretical approaches to the calculation of the vertical effective pressure shock drops of artificial rain on soil and solid surface / S. V. Bryl M. S. Animals // Ecology and construction. - 2016. - № 1. - P. 16-20.
- Vinnitskaya, V. F. Prospects for the development of production of the main types of fruit and vegetable products for a full and healthy diet / V. F. Vinnitskaya, S. I. Danilin, O. V. Perfilova // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. - 2014. - № 2. - P. 45-51.
- Vodyanitsky, Y. N. Standards for the content of heavy metals and metalloids in soils / Yu. N. Vodyanitsky // Soil Science. - 2012. - № 3. - P. 368-375.
- Vodyanitsky, Y. N. Natural and technogenic compounds of heavy metals in soils / Y. N. Vodyanitsky // Soil Science. - 2014. - № 4. - P. 420-432.
- Vodyanitskii, Y. N. Contamination of soils with heavy metals, phosphorus and sulfur the enterprises of nonferrous metallurgy (middle Ural copper smelter and the Norilsk mining and metallurgical combine) / Y. N. Vodyanitskii, I. O. Plekhanova, E. V. Prokopovich, A. T. Savichev // Soil Science. - 2011. - № 2. - P. 240-249.
- Vodyanitsky, Y. N. Soil pollution by heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review) / Y. N. Vodyanitsky // Soil Science. - 2013. - № 7. - P. 872-881.
- State report «On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2017» Moscow: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation; NPP «Cadastre», 2018. – 888 p.
- Deineka, L. A. Investigation of the carotenoid composition of pumpkin pulp / L. A. Deineka, I. A. Gostischev, V. I. Deineka, etc. // Scientific Vedomosti. Natural Sciences series. – 2011. – № 9 (104), Issue 15. - P. 131-136.
- Dobrovolsky, V. V. The main features of the geochemistry of zinc and cadmium in the biosphere / V. V. Dobrovolsky // Zinc and cadmium in the environment. Moscow: Nauka. 1992. - P. 7-18.
- Egorova, E. Yu. Consumer properties of bakery products with the addition of flour from pumpkin seeds / E. Yu. Egorova, S. S. Kuzmina // Polzunovsky Vestnik. - 2017. - № 3 - P. 32-36.
- Endovitsky, A. P. The state of lead and cadmium in chernozem after the introduction of phosphogypsum / A. P. Endovitsky, V. P. Kalinichenko, T. M. Minkina // Soil Science. - 2014. - № 3. – P. 340-350.
- Zavyalova, T. I. Biological value of pumpkin and its processed products / T. I. Zavyalova, I. G. Kostko // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2015. - № 39. - P. 45-49.
- Zverkov, M. S. Pressure drops of artificial rain on the soil / M. S. Animals // environmental engineering. – 2018. - № 3. – P. 100-105.
- Zverkov, M. S. Drip erosion as a factor of soil fertility violation of irrigated agricultural landscapes / M. S. Zverkov // Nature management. - 2013. - № 5 – P. 31-34
- Zubkova, T. A. Soil as a factor of human health / T. A. Zubkova, L. O. Karpachevsky, Y. N. Ashinov // Space and Time. - 2013. - № 2 (12). - P. 207-218.
- Igonov, I. I. Dynamics of the content of heavy metals in the process of long-term use of arable land / I. I. Igonov, I. F. Kargin // Agrochemical Bulletin. - 2012. - № 4. - P. 35-37.
- Lukin, S. V., Selyukova, S. V. Agroecological assessment of the effect of organic fertilizers on the microelement composition of soils / S. V. Lukin, S. V. Selyukova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2016. - Vol. 30. - № 12. - P. 61-65.
- Lukin, S. V. Monitoring of the content of trace elements Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg in arable chernozems of the south-west of the Central Chernozem zone / S. V. Lukin // Agrochemistry. - 2012. - № 11. - P. 52-59.
- Lukin, S. V. Dynamics of agrochemical indicators of fertility of arable soils in the south-western part of the Central Chernozem regions of Russia / S. V. Lukin // Soil science. - 2017. - № 11. - P. 1367-1376.
- Minkina, T. M. Accumulation of heavy metals in the soil - plant system under pollution conditions [Electronic resource] / T. M. Minkina, M. V. Burachevskaya, V. A. Chaplygin, S. Y. Bakoev, E. M. Antonenko, S. S. Belogorskaya // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems.- 2011.- № 4 (04).
- Mikhalev, V. Yu. Functional product from pumpkin pulp / V. Yu. Mikhalev, I. V. Nikolaev, O. V. Koroleva // Food

industry. - 2012. - № 2. - P. 20-22.

26. Milovanova, E. S. Development of technological solutions for the use of pumpkin seed processing products in the production of bakery products of increased nutritional value / E. S. Milovanova // News of higher educational institutions. Food technology. - 2012. - № 4 (328). - P. 29.

27. Mosina, L. V. Ecological danger of soil contamination with heavy metals (on the example of lead) [Electronic resource] / L. V. Mosina, E. A. Dovlyarova, S. Y. Efremova, Zh. Norvosuren // Izvestiya PGPU named after V. G. Belinsky. Natural sciences. - 2012- № 29.

28. Moskvicheva, E. V. substantiation of the technology of flour confectionery products using the secondary products of processing of pumpkin / E. V. Moskvicheva, I. A. Timoshenkova, D. A. Chernikov // Best research paper 2017: collection of articles of the XIII International scientific and practical contest: 2 h 2017. - P. 75-79.

29. Olgarenko G. V. Shear stress in the soil at the impact on her artificial rain drops / G. V. Olgarenko, S. V. Bryl M. S. Animals. // Ecology and construction. - 2017. - № 4. - P. 27-36.

30. Pugaev, S. V. Agroecological features of the content and migration of heavy metals in the soil of the forest belt and the protected field / S. V. Pugaev // Agriculture. - 2018. - № 2. - P. 30-32.

31. Savinova, N. A. Pumpkin dishes / N. A. Savinova. - Moscow: Eksmo, 2014 - 760 p.

32. Selyukova, S. V. Heavy metals in agrocenoses / S. V. Selyukova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2020. - Vol. 34. - № 8. - P. 85-93.

33. Selyukova, S. V. Heavy metals in organic fertilizers / S. V. Selyukova // Agrochemical Bulletin. - 2016. - № 5. - P. 47-51.

34. Whistles, P. F. About the spatio-temporal changes in the acidity of atmospheric precipitation / P. F. Svistov, A. S. Talash, E. S. Semenets // Climate and nature. - 2016. - № 2(19). - P. 14-26.

35. Titov, A. F. Physiological bases of plant resistance to heavy metals: a textbook / A. F. Titov, V. V. Talanova, N. M. Kaznina. - Petrozavodsk: Karelian research centre of RAS, 2011. - 77с.

36. Titov, A. F. Heavy metals and plants / A. F. Titov, N. M. Kaznina, V. V. Talanova. - Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2014-194 p.

37. Khusid, S. B., Petrenko, A. I. Study of the biochemical composition of pumpkin fruits of the Vitamin variety / S. B. Khusid, A. I. Petrenko // University: science, ideas and solutions. Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar. - 2011-P. 189-190.

38. Khusid S. B., Petrenko A. I. Changing the chemical composition of pumpkin fruits during storage / S. B. Khusid, A. I. Petrenko // Collection of scientific papers on the materials of the international scientific and practical conference, Odessa. - 2012. - P. 47-48.

39. Sheudzhen, A. H. Agrochemical bases of fertilizer application / A. H. Sheudzhen, T. N. Bondareva, S. V. Kizinek.. - Майкоп: Polygraph-Yug, 2013. - 572 p.

40. Distribution and availability of cadmium in profile and aggregates of a paddy soil with 30-year fertilization and its impact on Cd accumulation in rice plant / Z.X. Rao, D.Y. Huang, J.S. Wu, et al. // Environmental Pollution. - 2018. - Vol. 239. - P. 198-204.

**Александр Вячеславович Погорелов**

Аспирант КубГАУ  
eternity1917@mail.ru

**Alexander V. Pogorelov**

Postgraduate student of KubSAU  
eternity1917@mail.ru

**Виктор Ильич Шматок**

Аспирант КубГАУ  
shmatokvi@mail.ru

**Viktor I. Shmatok**

Postgraduate student of KubSAU  
shmatokvi@mail.ru

**Александр Иванович Мельченко**

Доцент кафедры прикладной экологии КубГАУ  
alexkuban59@mail.ru

**Alexander I. Melchenko**

associate professor  
alexkuban59@mail.ru

Все: ФГБОУ КубГАУ имени И.Т. Трубилина  
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

All: FGBOU KubSAU named after I.T. Trubilin  
13, Kalinina st., Krasnodar, Russia, 350044

**Виктор Эдуардович Лазко**

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

**Victor E. Lazko**

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

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

FSBSI "FSC of rice"  
3, Belozerny, Krasnodar, Russia, 350921

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-62-65  
УДК: 632.3:632.934

Курилова Д.А., канд. биол. наук  
г. Краснодар, Россия

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТИРАМСОДЕРЖАЩИХ ФУНГИЦИДОВ В ОТНОШЕНИИ БАКТЕРИОЗА СЕМЯН СОИ

Соя за счёт своего азотонакопительного свойства способствует повышению плодородия почв, в том числе и в оросительных рисовых системах. По своим требованиям к влагообеспеченности, соя может формировать стабильно высокие урожаи на поливных чеках рисовых севооборотов Кубани. Основой получения высокого урожая является здоровый семенной материал. Согласно результатам фитопатологического анализа семян сои, проводимого нами ранее, основной причиной снижения лабораторной всхожести является бактериоз. Исследования проводились в лаборатории защиты растений агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2019 г. На момент проведения исследований, в справочнике разрешённых к применению на территории Российской Федерации пестицидов на сое против бактериоза был зарегистрирован фунгицид ТМТД, ВСК (тирам 400 г/л), который обладает контактным действием и, следовательно, не эффективен против возбудителей, развивающихся в тканях растений. Среди протравителей, имеющих в составе тирам, на сое зарегистрирован комбинированный препарат Виталон, КС (тирам 400 г/л + тебуконазол 14 г/л) контактного и системного действия, но он не рекомендован против бактериоза. Целью нашей работы было сравнить в лабораторных условиях эффективность тирамсодержащих фунгицидных протравителей ТМТД, ВСК и Виталон, КС в отношении бактериальной инфекции семян сои. Обработанные фунгицидами семена проращивали в условиях влажной камеры в рулонах из фильтровальной бумаги согласно ГОСТ 12038-84 и ГОСТ 12044-93. На фоне поражения бактериозом семян сои в контроле 46,0 %, биологическая эффективность эталона ТМТД, ВСК составила 51,1 %, Виталона, КС несколько выше – 56,9 %, что способствовало повышению лабораторной всхожести на 22,0–28,0 %, по сравнению с контролем без обработки. Учитывая небольшую разницу по эффективности, испытанные фунгициды в равной степени обладают бактерицидным эффектом, и, соответственно, способны обеспечить защиту семян сои от патогенной бактериальной микрофлоры.

**Ключевые слова:** соя, бактериоз, семенная инфекция, фунгициды, протравители, тирам.

### COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF TIRAM CONTAINING FUNGICIDES AGAINST BACTERIOSIS OF SOYBEAN SEEDS

Soy, due to its nitrogen-accumulating properties, contributes to increasing soil fertility, including in irrigation rice systems. According to its requirements for moisture availability, soybeans can form consistently high yields on irrigation checks of rice crop rotations of the Kuban. The basis for obtaining a high yield is a healthy seed material. According to the results of phytopathological analysis of soybean seeds conducted earlier, the main reason for the decrease in laboratory germination is bacteriosis. The research was carried out in the plant protection laboratory of the Agrotechnological Department of the Federal State Budgetary Research Center VNIIMK in 2019. At the time of the research, in the directory of pesticides approved for use on the territory of the Russian Federation, a fungicide TMTD, VSK (tiram 400 g/l) was registered on soy against bacteriosis, which has a contact effect and, therefore, is not effective against pathogens developing in plant tissues. Among the protectants containing tiram, a combined drug Vitalon, CS (tiram 400 g/l + tebuconazole 14 g/l) of contact and systemic action is registered on soy, but it is not recommended against bacteriosis. The purpose of our work was to compare in laboratory conditions the effectiveness of tiram-containing fungicidal protectants TMTD, VSK and Vitalon, CS against bacterial infection of soybean seeds. The seeds treated with fungicides were germinated in a wet chamber in rolls of filter paper according to GOST 12038-84 and GOST 12044-93. Against the background of bacteriosis of soybean seeds in the control 46.0%, the biological efficiency of the standard TMTD, VSK was 51.1%, Vitalon, CS slightly higher - 56.9%, which contributed to an increase in laboratory germination by 22.0-28.0%, compared with the control without treatment. Given the small difference in effectiveness, the tested fungicides equally have a bactericidal effect, and, accordingly, are able to protect soybean seeds from pathogenic bacterial microflora.

**Keywords:** soy, bacteriosis, seed infection, fungicides, protectants, tiram

### Введение

Соя, как бобовая культура, за счёт своего азотнакопительного свойства способствует повышению плодородия почв, в том числе и в оросительных рисовых системах, что особо важно в связи с сокращением посевов многолетних трав на чеках. По своим особым требованиям к влагообеспеченности, соя может формировать стабильно высокие урожаи на поливных чеках рисовых севооборотов Кубани. Это доказано результатами длительных научных исследований, проводимых ВНИИМК начиная с 70-х гг. прошлого века и до настоящего времени, и подтверждено успешным их внедрением в передовых хозяйствах, которые получают на больших площадях урожаи порядка 2,5-3,5 т/га, с рекордными показателями на отдельных участках свыше 5,5 т/га [7, 9].

Основой получения высокого урожая является здоровый семенной материал. Особую опасность для семян сои представляют патогенные бактерии [1, 5, 13]. Согласно результатам фитопатологического анализа семян сои разных сортов, проводимого нами в 2017-2019 гг., основной причиной снижения лабораторной всхожести был бактериоз (возбудители – бактерии родов *Pseudomonas* Migula, *Erwinia* Winslow et al. emend. Hauben et al. и *Xanthomonas* Dowson): в 2017 г. им было поражено от 3,0 до 25,5 % семян и проростков сои, в 2018 г. – от 24,0 до 59,8 %, в 2019 г. – от 25,0 до 44,0 % [6].

Важным приёмом в борьбе с семенной инфекцией является предпосевное протравливание семян [10]. На момент проведения исследований в справочнике пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации на сое, против бактериоза был зарегистрирован фунгицид ТМТД, ВСК на основе тирама (400 г/л), который обладает контактным действием, т.е. не проникает в семена и, следовательно, не эффективен против возбудителей, развивающихся в тканях растений. Среди протравителей, обладающих не только контактным, но и системным действием, на сое зарегистрирован комбинированный препарат Виталон, КС, который кроме тирама (400 г/л) содержит в своем составе тебуконазол (14 г/л), но он не рекомендован против бактериоза [11, 12].

### Цель исследований

Сравнить в лабораторных условиях эффективность тирамсодержащих фунгицидных протравителей ТМТД, ВСК (тирам 400 г/л) и Виталон, КС (тирам 400 г/л + тебуконазол 14 г/л) в отношении бактериоза семян сои.

### Материалы и методы

Опыт проводили в лаборатории защиты растений агротехнического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2019 г. Объектом исследований служили семена сои сорта Славия с высокой степенью заселения патогенной микрофлорой. Учитывая неблагоприятные токсикологические свойства тирама, для снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду нами были выбраны минимальные допустимые нормы применения испытываемых препаратов [11].

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без обработки);
2. ТМТД, ВСК (тирам 400 г/л) с нормой расхода 6,0 л/т (эталон);
3. Виталон, КС (тирам 400 г/л + тебуконазол 14 г/л) – 1,5 л/т.

Расход рабочей жидкости – 6,0 л/т.

Семена сои, обработанные фунгицидами, проращивали в условиях влажной камеры в рулонах из фильтровальной бумаги по 50 штук в четырёхкратной повторности согласно ГОСТ 12038-84 и ГОСТ 12044-93 [2, 3]. Расчёт биологической эффективности фунгицидов осуществляли по формуле Аббота [8]:

$$\text{Э}\% = \frac{(K - O)}{K} \times 100,$$

где: Э – биологическая эффективность, %;

К – развитие (поражённость) болезни в контроле (без обработки);

О – развитие (поражённость) болезни в испытываемом варианте после обработки.

### Результаты и обсуждение

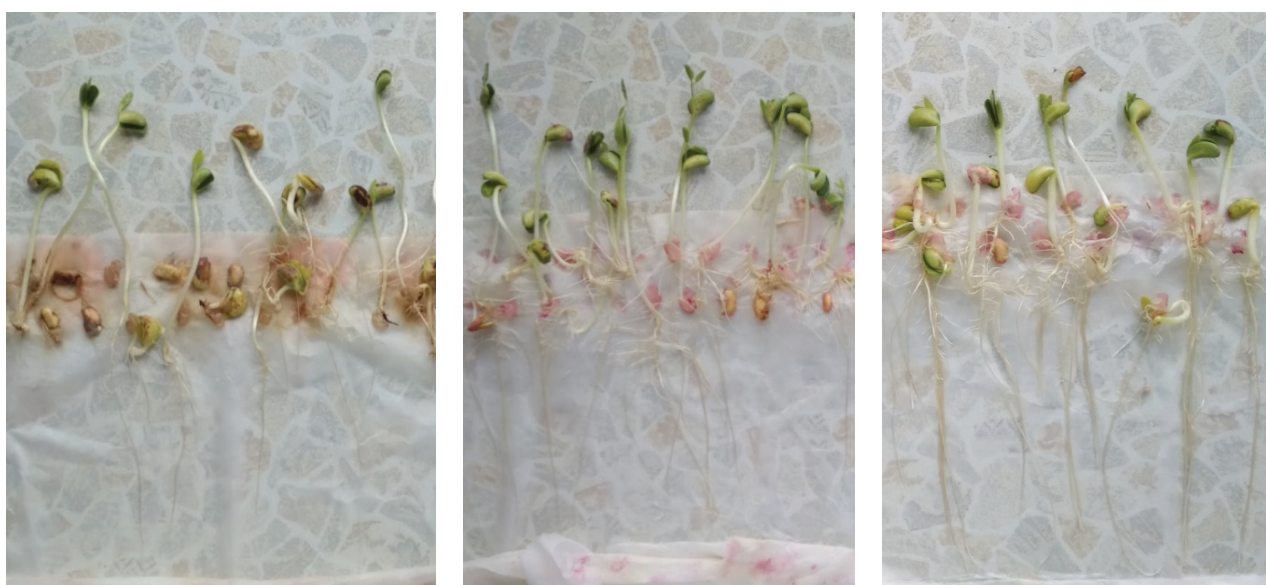
Согласно результатам опыта, лабораторная всхожесть семян сои в контроле была 61,5 %. Причиной снижения всхожести являлось поражение семян и проростков сои патогенными бактериями, что выразилось в загнивании семян ещё до прорастания, либо на стадии появления зародышевого корешка. Частично или полностью разложившиеся семядоли и корешки имели характерный неприятный запах. Обработка семян тирамсодержащими фунгицидами способствовала повышению лабораторной всхожести. Так, в варианте с эталонным фунгицидом ТМТД ВСК всхожесть составила 83,5 %, в варианте с фунгицидом Виталон, КС – 89,5 %, что превышало контрольную на 22,0 и 28,0 % соответственно. Также в вариантах с фунгицидами были обнаружены единичные семена (0,5-2,5 %) без признаков поражения какой-либо болезнью: которые набухли, но не проросли; твёрдые, которые не набухли и не изменили внешний вид (таблица).

**Таблица. Биологическая эффективность фунгицидных протравителей против бактериоза семян сои в лабораторных условиях**

Вариант	Норма расхода, л/т	Лабораторная всхожесть, %	Семена, %		Биологическая эффективность, %
			невсхожие	непроросшие	
Контроль (без обработки)	-	61,5	38,5	0	-
ТМТД, ВСК (400 г/л) – эталон	6,0	83,5	13,0	2,5	51,1
Виталон, КС (400+14 г/л)	1,5	89,5	10,0	0,5	56,9

В контрольном варианте бактериями было поражено 46,0 % семян, что значительно превышало порог вредоносности, который для сои составляет  $\leq 10$  % [4]. Оба препарата проявили явное антибактериальное действие (рисунок). Биологическая эффективность контактного фунгицида

ТМТД, ВСК в отношении патогенных бактерий составила 51,1 %. Защитный эффект препарата комбинированного действия Виталон, КС был несколько выше, чем у эталона – 56,9 %, что говорит о наличии бактерицидных свойств у данного фунгицида.



а

б

в

**Рисунок. Защитный эффект тирамсодержащих фунгицидов в отношении бактериоза семян сои (ориг.): а – контроль без обработки; б – ТМТД, ВСК; в – Виталон, КС.**

### Выводы

Согласно результатам лабораторной оценки эффективности тирамсодержащих фунгицидов по отношению к бактериозу семян сои, препараты ТМТД,

ВСК и Виталон, КС обладают равным бактерицидным действием и способны обеспечить защиту семян сои от патогенной бактериальной микрофлоры, что способствует повышению лабораторной всхожести.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Борзенкова, Г.А. Оптимизация технологии предпосевного протравливания и возможность его сочетания с инокуляцией для защиты сои от семенной инфекции / Г.А. Борзенкова // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2014. – № 1 (9). – С. 22–30.
2. ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 64 с.
3. ГОСТ 12044–93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. – М.: Стандартинформ, 2011. – 55 с.
4. ГОСТ 9669–75 Семена сои. Сортовые и посевные качества. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1986. – С. 2.
5. Заостровых, В.И. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосеяния / В.И. Заостровых, А.А. Кадулов, Л.К. Дубовицкая, О.А. Рязанова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 4 (48). – С. 51–67.
6. Курилова, Д.А. Патогенная микрофлора семян сои и её влияние на лабораторную всхожесть / Д.А. Курилова // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири: сборник научных статей, посвященный 70-летию академика РАН Храмцова Ивана Федоровича, 95-летию основания отдела земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ». ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – С. 200–203.
7. Лукомец, В.Л. Махонин Пути увеличения производства сои в рисовых севооборотах Краснодарского края / Перспективы новых и интродукция зарубежных сортов зерновых колосовых, зернобобовых культур, а также со-



временные методы ресурсосберегающих технологий: Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Андижон, 2019. – С. 339–345.

8. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко. – СПб., 2009. – С. 27

9. Пенчуков В.М. Соя в рисовых севооборотах на Кубани / В.М. Пенчуков, В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин // Аграрная наука. – 1996. – № 4. – С.18–19.

10. Семынина Т.В. Качество семян не позволяет экономить на протравливании / Т.В. Семынина // Защита и карантин растений. – 2013. – № 8. – С. 19–21.

11. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. – М., 2019. – С 173–339.

12. Тирам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.pesticidy.ru/active\\_substance/thiram](https://www.pesticidy.ru/active_substance/thiram) (дата обращения 10.06.2021).

13. Шульга, Т.В. Современные аспекты защиты сои от болезней / Т.В. Шульга, М.П. Селюк // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии. – Воронеж: Изд-во Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I (Воронеж), 2018. – С. 172–178.

## REFERENCES

1. Borzenkova, G.A., Optimization of pre-sowing treatment technology and possibility of its combination with inoculation for protecting soybean from seed infection / G.A. Borzenkova // Scientific and production journal «Legumes and grain crops». – 2014. – № 1 (9). – P. 22–30.

2. GOST 12038–84 Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. – М.: Standartinform, 2011. – 64 p.

3. GOST 12044–93 Seeds of agricultural crops. Methods for determining the incidence of diseases. – М.: Standartinform, 2011. – 55 p.

4. GOST 9669–75 Soybean seeds. Varietal and sowing qualities. Specifications. – М.: Publishing house of standards, 1986. – P. 2.

5. Zaostrovyykh, V.I. Monitoring of the species composition of soybean diseases in various sowing zones / V.I. Zaostrovyykh, A.A. Kadurov, L.K. Dubovitskaya, O.A. Ryazanova // Far Eastern Agrarian Bulletin. – 2018. – № 4 (48). – P. 51–67.

6. Kurilova, D.A. Pathogenic microflora of soybean seeds and its influence on laboratory germination / D.A. Kurilova // Relevant problems of scientific support of agriculture in Western Siberia: a collection of scientific articles dedicated to the 70th anniversary of the academician of the Russian Academy of Sciences Khramtsov Ivan Fedorovich, the 95th anniversary of the founding of the department of agriculture of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Omsk ASC». FSBSI «Omsk ASC». – Omsk: Publishing house of IP Maksheeva E.A., 2020. – P. 200–203.

7. V.M. Lukomets, V.L. Makhonin. Ways to increase soybean production in rice crop rotations of Krasnodar region / Prospects for new varieties and introduction of foreign cereals and legumes, as well as modern methods of resource-saving technologies: Collection of materials of the international scientific and practical conference. – Andijon, 2019. – P. 339–345.

8. Guidelines for registration testing of fungicides in agriculture / ed. V.I. Dolzhenko. – St. Petersburg, 2009. – P. 27

9. Penchukov V.M. Soybean in rice crop rotations in the Kuban / V.M. Penchukov, V.F. Baranov, V.L. Makhonin // Agrarian science. – 1996. – № 4. – P.18–19.

10. Semynina T.V. The quality of seeds does not allow saving on treatment / T.V. Semynina // Protection and quarantine of plants. – 2013. – № 8. – P. 19–21.

11. Directory of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation. – М., 2019. – P. 173–339.

12. Tiram [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.pesticidy.ru/active\\_substance/thiram](https://www.pesticidy.ru/active_substance/thiram) (accessed 06/10/2021).

13. Shulga, T.V. Modern aspects of soybean protection against diseases / T.V. Shulga, M.P. Selyuk // Relevant problems of agronomy in modern Russia and ways to solve them. Materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 105th anniversary of the Faculty of Agronomy, Agrochemistry and Ecology. – Voronezh: Publishing House of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Voronezh), 2018. – P. 172–178.

### **Дина Александровна Курилова**

Старший научный сотрудник

E-mail: [charel@yandex.ru](mailto:charel@yandex.ru)

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта»  
350038, г. Краснодар, ул. Филатова, 17

### **Dina Alexandrovna Kurilova**

Senior researcher

E-mail: [charel@yandex.ru](mailto:charel@yandex.ru)

Federal state budgetary scientific institution  
«Federal scientific center «V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops»  
350038, Krasnodar, Filatov str., 17

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-66-73

УДК: 504.062:631.6.02

**Мальшева Н.Н.**, канд. с.-х. наук,  
**Якуба С.Н.**, канд. техн. наук,  
**Хаджиди А.Е.**, д-р техн. наук, профессор  
г. Краснодар, Россия

### К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Целью исследований являлся анализ проблем, связанных с использованием степных рек Краснодарского края в качестве водоисточников для нужд сельскохозяйственного водоснабжения и обоснование проведения их реабилитации. Установлено, что ежегодно в регионе в рамках мероприятий госпрограммы Краснодарского края по развитию сельского хозяйства вводится в эксплуатацию порядка 5 тыс. га орошаемых участков, что в дальнейшем потребует привлечения дополнительных водных ресурсов в степной зоне края. Раскрыты основные проблемы, связанные с использованием вод степных рек Ея, Албаши, Бейсуг, Кирпили, Челбас для полива сельскохозяйственных культур. Отмечена высокая или повышенная минерализация их вод - от 600 до 12700 мг/л. Приведены расчеты свободных водных ресурсов для дополнительного использования в бассейнах степных рек Краснодарского края, которые составляют в годы 50 % и 75 % обеспеченности соответственно 119,00 млн. м<sup>3</sup> и 80,28 млн. м<sup>3</sup> при потребности порядка 230 млн. м<sup>3</sup>. Указано на необходимость при стратегическом планировании сельхозпроизводства на мелиорированных землях взаимодействия министерств и ведомств региона для проведения комплекса работ в рамках государственных и региональных программ, направленных на повышение водности степных рек, улучшение показателей качества используемой воды, предотвращение деградационных процессов в их бассейне.

**Ключевые слова:** гидромелиорация; орошаемое земледелие; орошаемые участки; государственная программа; степные реки; экологическое состояние; реабилитация рек, минерализация вод.

### ON THE DEVELOPMENT OF LAND RECLAMATION IN THE STEPPE ZONE OF THE KRASNODAR TERRITORY

The purpose of the research was to analyze the problems associated with the use of steppe rivers of the Krasnodar Territory as water sources for the needs of agricultural water supply and the justification for their rehabilitation. It is established that annually in the region, within the framework of the state program of the Krasnodar Territory for the development of agriculture, about 5 thousand hectares of irrigated areas are put into operation, which in the future will require the attraction of additional water resources in the steppe zone of the region. The main problems related to the use of the waters of the steppe rivers Yeya, Albashi, Beysug, Kirpili, Chelbas for irrigation of agricultural crops are disclosed. High or increased mineralization of their waters was noted - from 600 to 12700 mg/l. Calculations of free water resources for additional use in the basins of the steppe rivers of the Krasnodar Territory, which account for 50 % and 75 % of the availability of 119.00 million m<sup>3</sup> and 80.28 million m<sup>3</sup>, respectively, with a demand of about 230 million m<sup>3</sup>, are given. It is pointed out that in the strategic planning of agricultural production on reclaimed lands, the interaction of ministries and departments of the region is necessary to carry out a complex of works within the framework of state and regional programs aimed at increasing the water content of steppe rivers, improving the quality of water used, preventing degradation processes in their basin.

**Key words:** hydro-reclamation; irrigated agriculture; irrigated areas; state program; steppe rivers; ecological condition; rehabilitation of rivers, water mineralization.

#### Введение

Агропромышленный комплекс Кубани является одной из главных составляющих экономики региона и обеспечивает более 7 % объема валовой сельскохозяйственной продукции России, обладая 4,6 % посевных площадей в стране. Благоприятные природные условия и развитая материально-техническая база, обеспечивают лидерство Краснодарского края в производстве продукции

сельского хозяйства в России [2].

Значимым направлением в сельском хозяйстве региона является эффективное функционирование водохозяйственно-мелиоративного комплекса в нижнем течении Кубани и междуречье Кубани и Протоки, в основном обеспечивающего производство продукции рисоводства. Комплекс представлен Краснодарским, Варнавинским и Крюковским водохранилищами, Федоровским и Тиховским ги-

друзлами, двенадцатью рисовыми оросительными системами с гидротехническими сооружениями, обеспечивающими забор воды из водоисточников и ее отведение в водоприемники. Ежегодно полив риса осуществляется на площади порядка 120-125 тыс. га. Это позволяет стабильно получать около 1,0 млн тонн высококачественного зерна, что составляет около 80% общего объема его производства в стране [3, 4]. Объем водных ресурсов для нужд рисоводства составляет ежегодно порядка 2500 млн м<sup>3</sup>. С целью рационального водопользования ежегодно используются для орошения земельных участков рисовых оросительных систем повторные воды в объеме около 450-500 млн м<sup>3</sup>, что составляет 18-20 % от общего объема используемой для полива риса воды [5, 6].

Кроме используемых для выращивания риса мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений федеральной собственности в Нижней Кубани, в регионе активно развивается овощеводство на локальных орошаемых участках в зоне Средней Кубани, которая охватывает Левобережье р. Кубань от границы со Ставропольским краем до водораздела р. Псекупса, впадающего в Краснодарское водохранилище, и размещается на территории муниципальных образований Усть-Лабинский, Тбилисский, Кавказский, Успенский, Курганинский, Лабинский и Новокубанский районы. Часть мелких орошаемых участков объединена межхозяйственными оросительными и обводнительными каналами: Новокубанским, Константиновским, Лабинским, Родниковским и Михайловским общей протяженностью 138,2 км, которые являются водными объектами и внесены в Государственный водный реестр, имеют головные водозаборы, подпорно-регулирующие сооружения, сопрягающие сооружения и водовыделы на орошаемые участки [1].

В степной зоне края функционирует Краснодарская оросительная система, введенная в эксплуатацию в 1984 году, и охватывающая северо-восточные районы края: Кавказский, Новопокровский и Тихорецкий, которая ориентирована на полив культур зерно-кормовых севооборотов, овощных культур, выращиваемых в настоящее время на площади порядка 10-12 тыс. га. Источником орошения является р. Кубань. Головной водозабор и головная насосная станция ГНС-1, осуществляющая первый подъем воды на прибрежную террасу высотой около 100 м над уровнем воды в реке, расположены в створе станции Темижбекской. Система позволяет производить подпитку и промывку степных рек для улучшения их санитарно-экологического состояния.

На местном стоке орошаются локальные участки в четырех районах степной зоны края Павловском, Крыловском, Белоглинском и Выселковском.

Пригородная оросительная система обслуживает орошаемые земли, расположенные в северо-восточ-

ной части муниципального образования г. Краснодар и южной части Динского района, где ежегодно на площади 8-9 тыс. га выращиваются овощные культуры на орошении, в том числе зеленый горошек и сладкая кукуруза для консервной промышленности. Также через сеть каналов Пригородной оросительной системы осуществляется отведение избыточных грунтовых и поверхностных вод в р. Понуру с целью осушения подтопляемых территорий г. Краснодара.

В настоящее время на территории региона активно развивается строительство орошаемых участков для полива сельхозкультур с использованием мер государственной поддержки в рамках программных мероприятий по развитию мелиорации в Краснодарском крае, в том числе для производства экспортно-ориентированной продукции растениеводства.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия в регионе направлено на использование водных объектов степной зоны края и рек, расположенных на Азово-Кубанской равнине в междуречье Кубани и Дона. При этом до настоящего времени открытым остается вопрос наличия свободных водных ресурсов на указанной территории и возможности орошения сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях.

#### **Цель исследований**

Провести анализ водохозяйственной обстановки, обусловленной комплексом природных и антропогенных факторов, выявить проблемы, связанные с использованием степных рек Краснодарского края в качестве водоисточников для нужд сельскохозяйственного водоснабжения и обоснование необходимости проведения их реабилитации.

Для достижения поставленной цели были решены задачи по проведению мониторинга достижения целевых показателей в рамках гидромелиоративных мероприятий государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия», проработке основных проблем, связанных с дальнейшим использованием вод степных рек для полива сельскохозяйственных культур и развития мелиорации в регионе; выявлению свободных водных ресурсов в их бассейнах и на водохозяйственных участках для использования в орошаемом земледелии степной зоны края.

#### **Материалы и методы**

В работе использованы и проанализированы следующие материалы: государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944); государственная программа Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края

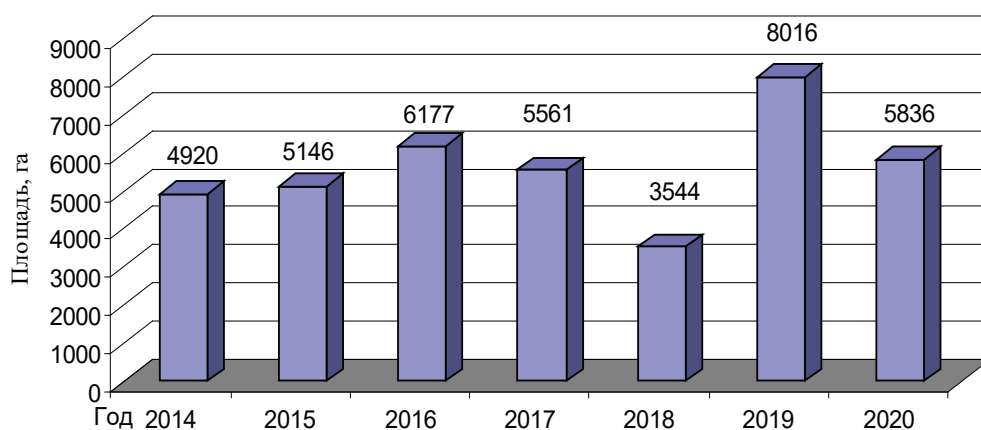
от 20 ноября 2015 года № 1057; федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» (Постановление Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2012 года № 350; Постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2021 №731 «О государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».

Камеральные работы проведены с технической отчетностью и оперативной информацией ГБУ Краснодарского края «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр», ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр», Кубанского бассейнового водного управления, Министерства сельского хозяйства

и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, ФГБУ «Кубаньмелиоводхоз».

#### Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования выявлено, что в рамках программных мероприятий по развитию мелиорации в Краснодарском крае, в регионе в оборот ежегодно вводится порядка 5,0 тыс. га новых орошаемых участков с использованием мер государственной поддержки за счет средств федерального и краевого бюджета, в том числе в рамках регионального проекта Краснодарского края «Экспорт продукции агропромышленного комплекса» [5]. Анализ инвестиций в мелиорацию на территории региона с использованием субсидий на гидромелиоративные мероприятия, указывает на высокую эффективность мер государственной поддержки отрасли и достижение целевых индикаторов программы (рис. 1).



**Рисунок 1. Площадь введения в эксплуатацию локальных орошаемых участков в Краснодарском крае с использованием мер государственной поддержки**

Выявлено, что за период реализации программных мероприятий в период с 2014 по 2020 гг., в регионе введено в эксплуатацию 39,2 тыс. га мелиорируемых земель с максимальным значением в 2019 году - 8016 га, минимальным 3544 га - в 2018 году; построено 53 насосных станций; проложено 361,3 км трубопроводов; приобретено 365 высокотехнологичные дождевальные машины. Это позволило увеличить объем валовой продукции овощеводства на 223,0 тыс. тонн за период реализации программных мероприятий с 610,0 тыс. тонн в 2010 году (базовый) до 833,0 тыс. тонн в 2020 году [11].

Дальнейшее развитие мелиорации на Кубани в период с 2022 года по 2031 год будет реализовано в рамках мероприятий госпрограммы эффективно вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса, в которой немаловажное значение занимают проблемы обеспечения водного режима гидромелиоративных систем, сохранение и повышение плодородия мелиорированных земель с целью предотвращения их выбытия из сельхозпроизводства [13].

В этой связи одной из актуальных задач, направ-

ленных на реализацию мероприятий госпрограммы, является проведение работ по улучшению водности и экологического состояния степных рек, таких как Ея, Албаши, Бейсуг, Кирпили, Челбас и другие, что позволит дополнительно вводить в сельскохозяйственный оборот мелиорируемые участки, увеличивать объем валовых сборов сельскохозяйственных культур.

Основная площадь бассейнов степных рек Краснодарского края расположена на территории Азово-Кубанской равнины, включающей Приазовскую низменность. Равнина занимает пространство между Азовским морем на западе, долинами рек Дон и Маныч на севере, Ставропольской возвышенностью на востоке и долиной р. Кубань на юге.

Гидрографическая сеть в степной зоне Краснодарского края представлена реками бассейна Азовского моря междуречья Кубани и Дона, основные из которых реки Ея, Челбас, Бейсуг, Кирпили, Понура, Албаши. Основным источником питания этих рек служат атмосферные осадки, подземные и грунтовые воды. Половодье на реках степной зоны наблюдается весной, когда наступает таяние

снегов, а летом многие из них пересыхают.

Все основные реки, кроме реки Албаши, протекают в направлении с юго-востока на северо-запад и впадают в Азовское море, проходя через зону плавней и лиманов. Истоки рек находятся на водоразделе с бассейном реки Кубань. Река

Ея с притоком Куго-Ея берут начало из родников, выклинивающихся из-под склонов балок, расположенных с западной стороны Ставропольской возвышенности. В таблице 1 приведены основные гидрологические характеристики степных рек Краснодарского края [15, 16, 17].

**Таблица 1. Характеристики основных рек степной зоны Краснодарского края**

Река	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Длина реки, км	Протяжённость гидрографической сети на территории края, км
Ея	8650	345	1267
Албаши	962	71	103
Ясени	596	74	95
Челбас	4210	278	920
Бейсуг	5840	249	879
Кирпили	2270	202	827
Понура	1075	97	260

Длина этих рек в среднем составляет порядка 200 км с площадью водосбора каждой до 2 тыс. км<sup>2</sup>, а длина всей гидрографической сети - 4791 км с площадью водосбора 24 000 км<sup>2</sup>, что составляет 29 % территории края. Глубина степных рек в среднем течении составляет от 1,0 до 1,5 м – 1-1,5 м, в верховьях - 0,2-0,5 м. Источники питания степных рек - атмосферные осадки, подземные и грунтовые воды. В бассейнах рек расположены крупные озера и лиманы площадью от 15 до 280 км<sup>2</sup> - Ханское, Скороходовское, Бейсугский, Сладкий, Горький, Куцеватый, Лебязий и другие [10].

В настоящее время существуют ряд проблем, связанных с использованием вод степных рек для полива сельскохозяйственных культур, которые требуют незамедлительного решения в связи с интенсивным развитием в регионе орошаемого земледелия и поставленными задачами перед субъектами Российской Федерации по увеличению объемов валовой продукции растениеводства, в том числе экспортноориентированной.

Так, в последние десятилетия на степных реках в междуречье Кубани и Дона сложилась напряженная водохозяйственная обстановка, обусловленная комплексом природных и антропогенных факторов, среди которых необходимо отметить полную зарегулированность стока многочисленными дамба-

ми различного назначения, заилиние и зарастание водной растительностью, изменение внутригодового распределения стока рек, в том числе вследствие климатических факторов, а также интенсивной хозяйственной деятельности в пределах русел, водоохранных зон и на водосборе в целом.

Большой проблемой для водотоков является наличие в пределах русла сооружений различной направленности, таких как плотины и дамбы, в том числе примитивного устройства, которые не имеют инженерных регулирующих и сбросных механизмов. Существующие водопропускные сооружения не позволяют обеспечить беспрепятственный пропуск паводочных расходов обеспеченностью менее 5%. Обводные каналы, позволявшие при катастрофических уровнях воды отвести паводочные воды в нижний бьеф полностью засыпаны, что снижает проточность в реках и способствует их деградации.

Всего в бассейнах степных рек расположено 125 водоемов и более 1700 прудов, в том числе русловых, образованных перегораживающими сооружениями, с общей площадью 460 км<sup>2</sup>, и полным объемом около 600 млн.м<sup>3</sup>, что превращает русла рек в разделенные сухие или мелководные участки, с поверхности которых происходит непродуктивное испарение воды, повышается ее минерализация, увеличивается площадь зарастания осокой, рогозом (табл. 2) [15].

**Таблица 2. Общая характеристика прудов и водоемов, расположенных на реках бассейна Азовского моря междуречья Кубани и Дона**

Река	Пруды и водоемы		
	количество	площадь зеркала, км <sup>2</sup>	полный объем, млн. м <sup>3</sup>
Ея	732	106,98	108,24
Ясени	32	13,91	10,21
Албаши	43	22,33	22,0
Челбас	248	71,09	86,01
Бейсуг	298	108,94	129,28
Кирпили	249	72,6	73,73
Понура	60	21,55	29,84

Сооружения, возведенные в период до 90-х годов прошлого столетия, предназначались для нужд сельхозпредприятий, прокладки дорог, защиты от

наводнений и решения иных проблем местного значения. Впоследствии, в результате изменения социально-экономической ситуации в стране и распада

многих сельхозпредприятий, которые являлись основными балансодержателями гидротехнических сооружений, данные объекты оказались бесхозными, не имеющими правоустанавливающих документов для государственной регистрации права на недвижимое имущество и установления их собственников.

В процессе эксплуатации прудов на степных реках основной причиной, обусловившей наличие значительных площадей мелководных зон, является заиление, обусловленное изменением гидроморфологических характеристик русел, водной и ветровой эрозией почв, отложениями остатков водной растительности. Строительство гидротехнических сооружений, прудов, мостов и дорог значительно снизило транспортирующую способность речного потока в результате уменьшения уклона водной поверхности и снижения скорости воды. Образующиеся взвешенные вещества и поступающие наносы со склонов долин в русла рек оседают непосредственно в прудах и водоемах.

На развитие водной эрозии и объем поступления взвешенных наносов в водные объекты с поверхностным стоком оказывает и разработка в поймах рек ка-

рьеров по добыче строительных материалов (глина, песок), что ведет к нарушению их ландшафтов [19].

Зарастание площади прудов и водохранилищ, берегов рек степной зоны края водной растительностью является главным фактором заиления их русел, которое в зависимости от степени зарастания водоема может колебаться от 2 мм до 10 мм в год, то есть до 1 м за 100 лет.

Кроме того, при зарастании водоемов значительно увеличивается испарение воды, что в свою очередь приводит к дефициту водных ресурсов [20, 21]. Суммарное испарение с зарастающего водоёма (транспирация) определяется путём умножения сезонной величины испарения с открытой водной поверхности на поправочный коэффициент, соответствующий доле площади (%), занятой полупогруженными водными растениями. Значение коэффициента для учёта влияния дополнительного испарения с заросшей части водоёма (транспирации) для степных районов принято равным  $k=1,5$ .

В таблице 3 приводятся данные о величине испарения (транспирации) с зарастающего водоёма.

**Таблица 3. Среднее месячное испарение с зарастающего водоёма (транспирация) (мм)**

Период	Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1960-1980 гг.	Каневская	-	-	-	144,8	214,5	240,0	292,5	267,0	192,0	97,5	51,3	0	1499,6
2000-2019 гг.	Каневская	-	-	-	153,2	227,0	254,0	309,4	282,6	203,1	132,3	69,6	-	1631,1

Ретроспективный анализ данных показывает, что в период 1960-1980 гг. испарение за год с водоемов составляло порядка 1499,6 мм, в то время как по мере их зарастания этот показатель увеличился в настоящее время до 1631,1 мм.

Средний процент площади прудов в русловой части степных рек, занятых водной растительностью или процент зарастаемости, согласно данных ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр», составляет для бассейнов р. Ея 54%, р. Албаши 38%, р. Челбас 38%, р. Бейсуг 40%, р. Кирпили 32% и р. Понура 43%.

Значимой проблемой степных рек края также является высокая степень минерализации воды, основными причинами которой являются: испарение с водной поверхности, малая проточность водоёмов в летний период; поступление минерализованных подземных вод. От южных к северным бассейнам рек междуречья Кубани и Дона от р. Понура к р. Ея в водах наблюдается тенденция увеличения общей минерализации, превышение предельно допустимых концентраций сульфатов, хлоридов, магния и марганца.

Немногочисленные исследования химического состава воды родников, находящихся на особо охраняемых природных территориях междуречья Кубани и Дона показывают, что в бассейнах рек Понура, Кирпили, Бейсуг воды родников пресные, с ми-

нерализацией до 1,5 г/дм<sup>3</sup>. В бассейнах рек Челбас и Ея минерализация воды в родниках увеличивается до 3,2 г/дм<sup>3</sup>. На некоторых участках рек содержание растворенных солей наблюдается от 600 до 12700 мг/л в межень, что делает их непригодными для использования в отраслях экономики, в том числе для полива сельскохозяйственных культур [9, 16]. Их опреснение требует проведения комплекса мероприятий по расчистке русел от заиления и сорной растительности для открытия родников, улучшения экологического состояния акваторий и прибрежных защитных полос водоохраных зон [18].

Таким образом, можно утверждать, что антропогенная деятельность в бассейнах рек привела к изменению естественного геоморфологического процесса, естественного речного рельефа практически на всех степных реках Краснодарского края, ухудшила качество воды в водных объектах.

Анализ данных по использованию степных рек региона, в том числе по степени хозяйственной освоенности территорий их бассейнов для орошаемого земледелия, промышленного производства, коммунального хозяйства, прудовой аквакультуры и рекреации, показывает, что с учётом высокой минерализации воды в реках Ея, Албаши и Кирпили и её непригодностью для целей орошения, фактическая величина свободных водных ресурсов в годы 50% и 75% обеспеченности составляет соответственно 119,00 млн.м<sup>3</sup> и 80,28 млн.м<sup>3</sup> при рас-

четной потребности порядка 230 млн.м<sup>3</sup> (табл. 4).

Такая ситуация приводит к дефициту водных ресурсов для обеспечения потребностей отдельных водопользователей и отраслей экономики, в том

числе и сельского хозяйства, ориентированного на выращивание продукции растениеводства и увеличение объемов валового сбора сельскохозяйственных культур.

**Таблица 4. Расчётные свободные водные ресурсы для дополнительного использования в бассейнах степных рек Краснодарского края**

Речной бассейн	Свободные водные ресурсы для дополнительного использования, млн.м <sup>3</sup>	
	50%	75%
Ея	19,33	0,00
Албаши	9,65	2,00
Челбас	41,00	27,58
Бейсуг	59,39	36,69
Кирпили	25,95	2,52
Понура	18,60	16,01
Всего по бассейнам (без учёта качества воды)	173,93	84,80
Всего по бассейнам (с учётом качества воды)	119,00	80,28

При разработке программных мероприятий государственной программы по развитию сельского хозяйства и планировании целевых индикаторов в части, касающейся увеличения посевных площадей под орошение, не учитывается наличие свободных водных ресурсов для нужд мелиорации.

В дальнейшем, по мере реализации программы, хозяйствующие субъекты столкнутся с вопросами вододефицита, особенно в маловодные годы, необходимостью опреснения высокоминерализованных вод посредством очистки водоисточников, необходимостью создания прудов-накопителей и т.д. [7, 8]. Это потребует значительных затрат и дестабилизирует экономику предприятий, но при этом не решит глобально вопросы улучшения экологической ситуации водных объектов и водотоков в степной зоне края. Проблема требует комплексного подхода, касающегося не только ликвидации бесхозных гидротехнических сооружений в русле рек, но и правильного подхода к расчистке, которую необходимо осуществлять не локально на конкретных участках водных объектов, а от истока к устью каскадным способом.

В этой связи для развития мелиорации в регионе требуется не только реализация мероприятий государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия», но и Госпрограммы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства», в которой необходимо предусмотреть реабилитацию степных рек, используемых в качестве водоисточников для полива сельхозкультур, и

улучшение их экологического состояния.

В настоящее время в рамках подпрограммы «Развитие водохозяйственного комплекса» Госпрограммы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» (Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 15 ноября 2015 года № 1057), проводятся исключительно мероприятия, направлены на защиту территорий от негативного воздействия вод и предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [12].

#### **Выводы**

Таким образом, учитывая значимость орошаемого земледелия в регионе, а также приоритетность развития мелиорации в степной зоне края, при стратегическом планировании сельхозпроизводства на мелиорированных землях необходимо взаимодействие таких министерств и ведомств, как Росводресурсы и подведомственные территориальные органы, Министерство природных ресурсов Краснодарского края и Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края при поддержке Законодательного собрания региона, для проведения комплекса работ в рамках национальных, государственных и региональных программ, включая научно-исследовательские и проектно-изыскательские, направленных на повышение водности, степных рек, улучшение показателей качества используемой воды, предотвращение деграционных процессов в их бассейне.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ГВП Автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр» [Электронный ресурс]: URL: <https://gvr.rwec.ru/> (дата обращения 01.04.2020 г.)
2. Коробка, А.Н. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А.Н. Коробка, С.Ю. Орленко, Е.В. Алексеенко, Н.Н. Малышева и др. - Краснодар, 2015. - 352 с.
3. Малышева, Н.Н. К вопросу развития мелиорации на Кубани и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур / Н.Н. Малышева, С.В. Кизинек, А.А. Баранов, О.Н. Каданцев // Пути повышения эффективности

орошаемого земледелия. - 2021. - № (82). - С. 10-16.

4. Малышева, Н.Н. Приоритетные направления развития мелиорации на Кубани / Н.Н. Малышева, С.Н. Якуба, С.А. Владимиров // Рисоводство. – Краснодар, 2019. - № 1 (42). - С. 58-66.

5. Малышева, Н.Н. Развитие мелиорации на Кубани и рациональное водопользование при орошении риса / Н.Н. Малышева, С.Н. Якуба // Рисоводство. - Краснодар, 2017. - № 4 (37). - С. 47-56.

6. Малышева, Н.Н. Технологические аспекты увеличения объемов производства риса на Кубани / Н.Н. Малышева, С.А. Владимиров // Сборник статей Международного научно-практического форума «Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий». – Волгоград, 2019. - Т. 1. - С. 224-230.

7. Малышева, Н.Н. Экологическая реабилитация режима орошения риса в условиях маловодья // Сборник научных статей VII международной научной конференции «Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности». - Волгоград, 2021. - С. 72-75.

8. Марухно, А.В., Водохозяйственные проблемы Краснодарского края / А.В. Марухно, В.В. Жирма, Т.А. Ачмиз // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. IV междунар. науч.-практ. конф.–Новосибирск: СибАК, 2013. - № 4. - С. 47-52.

9. Нагалецкий, Э.Ю. Региональная мелиоративная география. Краснодарский край: монография / Э. Ю. Нагалецкий, Ю. Я. Нагалецкий, И. Н. Папенко. - Краснодар: КубГАУ, 2013. - 280 с.

10. Нагалецкий, Ю.Я. Водно-ресурсный потенциал Северо-Западного Кавказа / Ю.Я. Нагалецкий, Э.Ю. Нагалецкий, И.А. Астанин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. - Т. 13. - № 1-6. - С. 1467-1471.

11. Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края «Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» от 5 октября 2015 г. № 944 // URL: <http://docs.cntd.ru/document/430643160> (дата обращения: 22.10.2021).

12. Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края «Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» от 20 ноября 2015 г. № 1057 // URL: <http://docs.cntd.ru/document/430683249> (дата обращения: 22.10.2021).

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2021 №731 «О государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» // URL: [https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-melioratsii/industry-information/info\\_gosudarstvennaya-programma-effektivnogo-vovlечeniya-v-oborot-zemel-selskokhozyaystvennogo-naznachen/](https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-melioratsii/industry-information/info_gosudarstvennaya-programma-effektivnogo-vovlечeniya-v-oborot-zemel-selskokhozyaystvennogo-naznachen/) (дата обращения: 28.10.2021).

14. Суслов, О. Н. Климатические и гидрогеологические факторы формирования ионного стока рек междуречья Кубани и Дона / О.Н. Суслов, Л.П. Ярмач, А.В. Давыдов // Водное хозяйство России. – 2014. - №1. - С. 33-48.

15. Суслов, О.Н. Степные реки Краснодарского края: монография / О.Н. Суслов. - Краснодар: Куб ГАУ, 2015. - 256 с.

16. Суслов, О. Н. Формирование стока рек бассейна Азовского моря междуречья Кубани и Дона / О.Н. Суслов // Вода и водные ресурсы: Системообразующие функции в природе и экономике: сб. науч. тр. / отв. ред. В. Г. Пряжинская. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. - С.140-146.

17. Fedorov, Yu. A. Multidisciplinary ecosystem studies in the Russian part of the Sea of Azov (July 18-25, 2006) / Yu. A. Fedorov, A.N. Kuznetsov, L.M. Predeina, T.B. Semochkina, N.I. Torgunova, V.V. Sapozhnikov, A.I. Agatova, N.V. Arzhanova, A.A. Belov, N.M. Lapina, E.B. Loginov // *Oceanology*, 2007. - Vol. 47. - № 2. - P. 294-297.

18. Ludovisi, A. Effectiveness of entropy-based functions in the analysis of ecosystem state and development // *Ecological Indicators*, 2014. - Vol. 36. - P. 617-623.

19. Emma, S. Hjalmar Laudon Browning of freshwaters: Consequences to ecosystem services, underlying drivers, and potential mitigation measures / S. Emma, Kritzberg, Eliza Maher Hasselquist, Martin Škerlep, Stefan Löfgren, Olle Olsson, Johanna Stadmark, Salar Valinia, Lars-Anders Hansson // *Ambio*. - 2020. - № 49(2). - P. 375–390. doi: 10.1007/s13280-019-01227-5

20. Wang, Yu Significance and Effect of Ecological Rehabilitation Project in Inland River Basins in Northwest China / Yu Wang, Qi Feng, Lijuan Chen, Tengfei Yu // *Environ Manage*, 2013. - № 52(1). - P. 209–220. doi: 10.1007/s00267-013-0077-x

21. Zhang, Ling Hydrological Impacts of Land Use Change and Climate Variability in the Headwater Region of the Heihe River Basin, Northwest China / Ling Zhang, Zhuotong Nan, Yi Xu, Shuo Li // *PLoS One*. – 2016. - 11(6). doi: 10.1371/journal.pone.0158394

## REFERENCES

1. SMT Automated information system «State water registry» [Electronic resource]: URL: <https://gvr.rwec.ru/> (accessed 01.04.2020 g)

2. Carton, A. N. Farming system of Krasnodar Krai on the basis of agrolandscape / A. N. Box, S. Y. Orlenko, E. V. Alekseenko, N. N. Malysheva and others - Krasnodar, 2015. - 352 p.

3. Malysheva, N.N. On the development, of land reclamation in the Kuban and water availability of crops / N.N. Malysheva, S.V. Kizinek, A.A. Baranov, O.N. Kadantsev // *Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture*. - 2021. - № (82). - P. 10-16.

4. Malysheva, N.N. Priority directions of melioration development in the Kuban / N.N. Malysheva, S.N. Yakuba, S.A. Vladimirov // *Rice growing*. - Krasnodar, 2019. - № 1 (42). - P. 58-66.

5. Malysheva, N.N. Development of land reclamation in the Kuban and rational water use in rice irrigation / N.N. Malysheva, S.N. Yakuba // *Rice growing*. - Krasnodar, 2017. - № 4 (37). - P. 47-56.

6. Malysheva, N. N. Technological aspects of increasing rice production in Kuban / N. N. Malysheva, S. A. Vladimirov // *Collection of articles of International scientific-practical forum “Development of agriculture based on the principles of environmental management and the use of convergent technologies”*. - Volgograd, 2019. - Vol. 1. - P. 224-230.

7. Malysheva, N.N. Ecological rehabilitation of rice irrigation regime in conditions of low water // *Collection of scientific*



articles of the VII International scientific Conference “Innovative technologies, economics and management in industry”. - Volgograd, 2021. - P. 72-75.

8. Marukhno, A.V., Water management problems of the Krasnodar Territory / A.V. Marukhno, V.V. Zhirma, T.A. Achmiz // Science yesterday, today, tomorrow: collection of articles on mater. IV International Scientific and Practical Conference - Novosibirsk: SibAK, 2013. - № 4. - P. 47-52.

9. Nagalevsky, E.Y. Regional reclamation geography. Krasnodar Krai: monograph / E. Yu. Nagalevsky, Yu. Ya. Nagalevsky, I. N. Papenko. - Krasnodar: KubGAU, 2013. - 280 p.

10. Nagalevsky, Yu.Ya. Water-resource potential of the North-Western Caucasus / Yu.Ya. Nagalevsky, E.Yu. Nagalevsky, I.A. Astanin // Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2011. - Vol. 13. - № 1-6. - P. 1467-1471.

11. Resolution of the Head of the Administration (Governor) of the Krasnodar Territory “On approval of the state program of the Krasnodar Territory “Development of agriculture and regulation of raw materials and food markets” dated October 5. - 2015. - № 944. // URL: <http://docs.cntd.ru/document/430643160> (accessed: 10/22/2021).

12. Resolution of the Head of the Administration (Governor) of the Krasnodar Territory “On approval of the state program of the Krasnodar Territory “Environmental protection, reproduction and use of natural resources, forestry development” dated November 20. - 2015. - № 1057 // URL: <http://docs.cntd.ru/document/430683249> (accessed: 10/22/2021).

13. Resolution of the Government of the Russian Federation № 731 of 14.05.2021 “On the state program for the effective involvement in the turnover of agricultural land and the development of the reclamation complex of the Russian Federation” // URL: [https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-melioratsii/industry-information/info\\_gosudarstvennaya-programma-effektivnogo-vovlecheniya-v-oborot-zemel-selskokhozyaystvennogo-naznachen/](https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-melioratsii/industry-information/info_gosudarstvennaya-programma-effektivnogo-vovlecheniya-v-oborot-zemel-selskokhozyaystvennogo-naznachen/) ( date of application: 28.10.2021).

14. Suslov, O. N. Climatic and hydrogeological factors of the formation of ion runoff of the rivers between the Kuban and Don rivers / O.N. Suslov, L.P. Yarmak, A.V. Davydov // Water management of Russia. - 2014. - № 1. - P. 33-48.

15. Suslov, O.N. Steppe rivers of Krasnodar Krai: monograph / O.N. Suslov. - Krasnodar: Kub GAU, 2015. - 256 p.

16. Suslov, O. N. Formation of the river flow of the Azov Sea basin between the Kuban and Don rivers / O.N. Suslov // Water and water resources: System-forming functions in nature and economics: collection of scientific tr. / ed. V. G. Pryazhinskaya. - Novocheerkassk: YURGSU (NPI), 2012. - P. 140-146.

17. Fedorov, Yu. A. Multidisciplinary ecosystem studies in the Russian part of the Sea of Azov (July 18-25, 2006) / Yu. A. Fedorov, A.N. Kuznetsov, L.M. Predeina, T.B. Semochkina, N.I. Torgunova, V.V. Sapozhnikov, A.I. Agatova, N.V. Arzhanova, A.A. Belov, N.M. Lapina, E.B. Loginov // Oceanology, 2007. - Vol. 47. - № 2. - P. 294-297.

18. Ludovisi, A. Effectiveness of entropy-based functions in the analysis of ecosystem state and development // Ecological Indicators, 2014. - Vol. 36. - P. 617-623.

19. Emma, S. Hjalmar Laudon Browning of freshwaters: Consequences to ecosystem services, underlying drivers, and potential mitigation measures / S. Emma, Kritzberg, Eliza Maher Hasselquist, Martin Škerlep, Stefan Löfgren, Olle Olsson, Johanna Stadmark, Salar Valinia, Lars-Anders Hansson // Ambio. - 2020.- № 49(2). - P. 375–390. doi: 10.1007/s13280-019-01227-5

20. Wang, Yu Significance and Effect of Ecological Rehabilitation Project in Inland River Basins in Northwest China / Yu Wang, Qi Feng, Lijuan Chen, Tengfei Yu // Environ Manage, 2013. - № 52(1). - P. 209–220. doi: 10.1007/s00267-013-0077-x

21. Zhang, Ling Hydrological Impacts of Land Use Change and Climate Variability in the Headwater Region of the Heihe River Basin, Northwest China / Ling Zhang, Zhuotong Nan, Yi Xu, Shuo Li // PLoS One. – 2016. - 11(6). doi: 10.1371/journal.pone.0158394

**Надежда Николаевна Мальшева**

Доцент кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения

E-mail: [malisheva@kmvh.ru](mailto:malisheva@kmvh.ru)

8 (861) 231-46-75

**Nadezhda Nikolaevna Malysheva**

Associate professor of hydraulics and agricultural water supply

E-mail: [malisheva@kmvh.ru](mailto:malisheva@kmvh.ru)

8 (861) 231-46-75

**Сергей Николаевич Якуба**

Доцент кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения

E-mail: [yakuba@kmvh.ru](mailto:yakuba@kmvh.ru)

8 (861) 231-49-89

**Sergey Nikolayevich Yakuba**

Associate professor of hydraulics and agricultural water supply

E-mail: [yakuba@kmvh.ru](mailto:yakuba@kmvh.ru)

8 (861) 231-49-89

**Анна Евгеньевна Хаджиди**

Профессор кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения

E-mail: [dtm-khanna@yandex.ru](mailto:dtm-khanna@yandex.ru)

8 (903)452-56-09

**Anna Evgenievna Khadzhdhi**

Professor of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply

E-mail: [dtm-khanna@yandex.ru](mailto:dtm-khanna@yandex.ru)

8 (903)452-56-09

Все: ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина»  
350044, г. Краснодар, ул. им. М. И. Калинина, 13

All: Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia  
13, st. them. M. I. Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-74-80  
УДК: 635.652:631.531.01(470.62)

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

### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОСЕВА ЗЕРНОВОЙ ФАСОЛИ СОРТА ЮЖАНКА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЕЕ СТРУКТУРУ

Одним из направлений в развитии растениеводства является увеличение производства растительного белка за счет возделывания зернобобовых культур. В структуре посевных площадей Российской Федерации зерновая фасоль занимает незначительное место. Это связано с нехваткой семенного материала новых высокоурожайных сортов, отвечающих современным технологиям возделывания. В связи с этим целью исследований стало определение влияния различных схем и густоты стояния растений на урожайность и ее составляющие, для оптимизации нормы высева. Опыты закладывали в 2019–2021 гг. на посевах нового сорта зерновой фасоли Южанка селекции ФГБНУ «ФНЦ риса». При проведении изучения высоты прикрепления нижнего боба у фасоли, было установлено, что увеличение густоты стояния растений при посеве с междурядьями, как 45 см, так и 70 см, приводит к повышению высоты прикрепления нижнего боба. Абиотические факторы среды оказывают существенное влияние на семенную продуктивность фасоли. В ходе исследований установлено, что при увеличении густоты стояния, количество ветвей, бобов, семян на одном растении снижается независимо от способа посева. Загущение в ряду оказывает негативное влияние на рост и развитие растений и не может компенсироваться расстояниями между рядами. Снижение продуктивности одного растения, благодаря увеличению густоты стояния, частично компенсируется возрастающим количеством растений на гектаре. Оптимальным способом возделывания фасоли сорта Южанка является посев с междурядьями 45 см и густотой стояния 222 тыс. растений на гектар.

**Ключевые слова:** зерновая фасоль, густота стояния, технологичность, продуктивность урожайность.

### THE INFLUENCE OF VARIOUS SCHEMES OF SOWING GRAIN BEANS OF THE YUZHANKA VARIETY ON THE YIELD AND ITS STRUCTURE

One of the directions in the development of crop production is to increase the production of vegetable protein due to the cultivation of leguminous crops. In the structure of the sown areas of the Russian Federation, grain beans occupy an insignificant place. This is due to the lack of seed material of new high-yielding varieties that meet modern cultivation technologies. In this regard, the purpose of the research was to determine the influence of various schemes and the density of standing plants on the manufacturability, yield and its components, in order to optimize the seeding rate. The experiments were laid in 2019-2021. on the crops of a new variety of grain beans Yuzhanka selection of FGBNU "FNC rice". After studying the height of attachment of the lower bean in beans, it was found that an increase in the density of standing plants when sowing with row spacing, both 45 cm and 70 cm, leads to an increase in the height of attachment of the lower bean. Abiotic environmental factors have a significant impact on the seed productivity of beans. In the course of research, it was found that with an increase in the density of standing, the number of branches, beans, seeds on one plant decreases regardless of the method of sowing. Thickening in a row has a negative impact on the growth and development of plants and cannot be compensated by the distances between the rows. The decrease in the productivity of one plant, due to an increase in the density of standing, is compensated by an increasing number of plants per hectare. The optimal method of cultivating beans of the Yuzhanka variety is sowing with row spacing of 45 cm and a standing density of 222 thousand plants per hectare.

**Key words:** grain beans, standing density, manufacturability, productivity yield.

#### Введение

Одним из направлений в развитии растениеводства является увеличение производства растительного белка за счет возделывания зернобобовых культур [11].

Современное сельскохозяйственное производство располагает немалым разнообразием видов зернобобовых культур, среди которых по пита-

тельности и многообразию использования выделяется фасоль [18]. Фасоль – вкусный и полезный растительный продукт, богатый белком, который прекрасно усваивается организмом человека. Очень важно использовать его в своем питании. В зрелых семенах фасоли содержится 20–29 % белка, 1,8–3,6 % жира, 50–60 % крахмала, 5–8 % клетчатки [10]. Пищевая ценность и калорийность

фасоли во многом зависят от сорта этой бобовой культуры. Обычная фасоль состоит на 25 % из белка, что позволяет регулярно употреблять ее в пищу вегетарианцам, заменяя мясные продукты [16]. Растительный белок фасоли может легко заменить мясо, которое усваивается значительно медленнее и содержит, не только полезные вещества, но и вредные. Кроме белка, фасоль богата и другими микроэлементами и витаминами. Полезные свойства фасоли обусловлены гармоничным сочетанием микроэлементов, аминокислот и витаминов [19]. В совокупности с невысокой калорийностью этот продукт по праву можно назвать одним из самых полезных не только среди бобовых культур, но и среди овощей в целом. Благодаря богатому химическому составу её используют в кулинарии, народной медицине, косметологии, диетотерапии [9].

В мировом сельском хозяйстве посевные площади фасоли занимают второе место среди зернобобовых культур после сои. В России площади её незначительны и занимают 0,006 процента (4,499 тыс. га) от общего объема обрабатываемой пашни [16].

#### **Цель исследований**

Определить влияние различных схем посева зерновой фасоли на урожайность и ее составляющие для оптимизации нормы высева.

#### **Материалы и методы**

Опыты закладывались в 2019–2021 гг. в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края в полевых условиях на территории опытного участка ФГБНУ «ФНЦ риса» в соответствии с «Методикой полевого опыта в овощеводстве» [6].

Материалом исследований послужил сорт фасоли зерновой среднего срока созревания Южанка селекции отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса».

Агротехнические работы на опытных полях выполняли в соответствии с рекомендациями по выращиванию фасоли, разработанными в ФГБНУ «ФНЦ риса» [12]. Посев производили непосредственно семенами в хорошо подготовленную почву (третья декада апреля – начало мая). Семена высеивали вручную согласно схеме опыта широкорядным способом с междурядьями 45 и 70 см через 3–15 см. Густота стояния растений 148 тыс. шт./га, 222 тыс. шт./га и 444 тыс. шт./га. Площадь учетной делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Размещение делянок систематическое со смещением по ярусам. Результаты исследований обработаны методами биометрической статистики, анализ метеорологических показателей, их сопоставление со средними многолетними значениями – по данным метеостанции Краснодар-Круглик, г. Краснодар [1, 15].

Для учета урожая семян фасоль убирали вручную. Вырывали по 20 растений целиком. После подсыхания стебельной массы проводили обмолот

зерна с одновременным описанием растений. При этом фиксировали следующие признаки: высота куста и прикрепления нижнего боба относительно поверхности почвы; форма, размер сухих бобов, количество их на одном растении, количество семян в бобе и масса 1000 зерен.

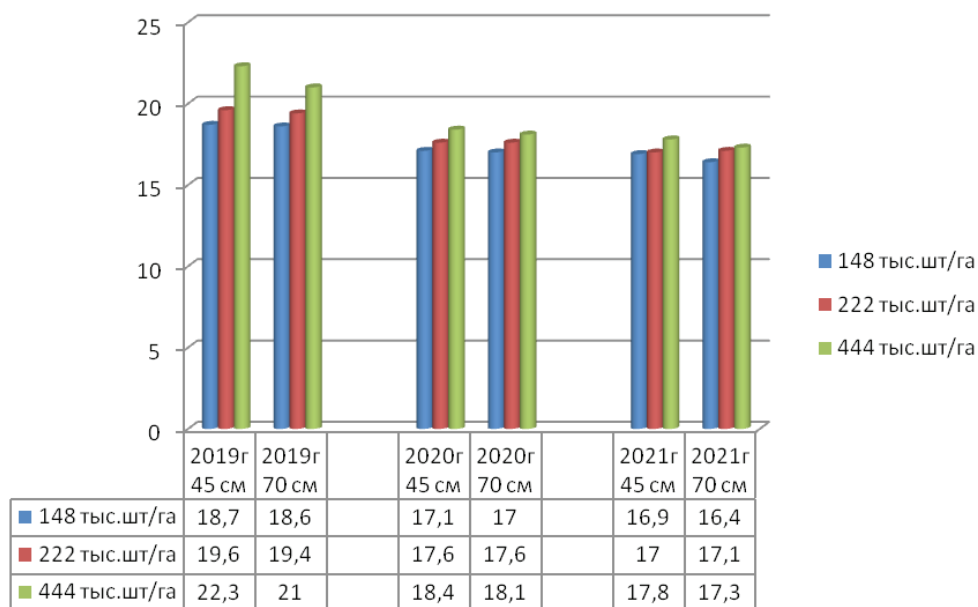
#### **Результаты и обсуждение**

Решающим фактором для получения высокого урожая семян фасоли является оптимальная густота стояния растений. При разреженной посадке на каждый куст приходится большая площадь питания, лучшее освещение и обеспечение влагой. Как следствие, происходит увеличение габитуса куста. Увеличение вегетативной массы растения происходит за счет нарастания большего количества ветвей и увеличения площади листового аппарата [5]. Растение синтезирует больше ассимилянтов, что сказывается не только на количестве бобов на каждом кусту, но так же на массе семян собранных с каждого растения. Урожайность сельскохозяйственной культуры является произведением продуктивности растений на количество этих растений, оставшихся к уборке. Комплекс элементов, определяющих продуктивность растений, называют структурой урожая. Основными признаками структуры урожая фасоли являются количество бобов с одного растения, количество зерен в бобе, количество семян с растения, их крупность (масса 1000 семян) и масса семян с растения [14].

Изучая исключительно только продуктивность одного растения, нельзя точно рассчитать урожайность зерна фасоли, так как биологический урожай всегда выше фактического. Фактическая урожайность зерновой фасоли в немалой степени зависит и от технологичности сорта. Высота прикрепления нижних бобов, как наиболее продуктивных, является важным признаком хозяйственной ценности и технологичности сорта, так как низкое прикрепление ведет к немалым потерям зерна при комбайновой уборке урожая. Изучая высоту прикрепления нижних бобов на посевах сои, В.Е. Деговцов и С.М. Сирота отмечали, что этот показатель на 33 % обусловлен ключевым фактором – генетической природой сорта [3].

Увеличение густоты стояния растений при посевах с междурядьями, как 45 см, так и 70 см, приводило к повышению высоты прикрепления нижнего боба (рис.1).

Увеличение густоты стояния приводит к большему затенению листьев нижнего яруса. В исследованиях В. Тильбы и Н. Тишкова доказано, что при затенении листьев в загущенном стеблестое отмечается снижение интенсивности фотосинтеза до компенсационной точки и ниже [13]. Это приводит к тому, что ассимилятов хватает исключительно на питание листа. Бобы в пазухах затененных листьев не образуются, а если образуются, то плохо развиваются и опадают. Повышение высоты при-



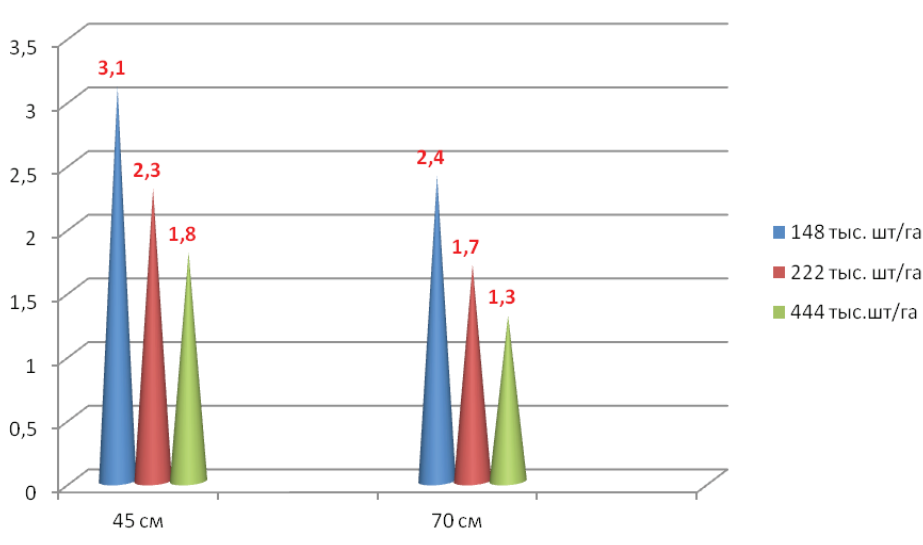
**Рисунок 1. Влияние норм высева и схем посева зерновой фасоли на высоту прикрепления нижнего боба, 2019-2021 гг.**

крепления нижнего боба при увеличении густоты в наших опытах сопряжено с данным явлением. Увеличению высоты прикрепления нижнего боба содействует также удлинение междоузлий при повышенной густоте стояния.

Еще одним показателем технологичности является форма куста. Разработками ряда авторов доказано, что, для уменьшения потерь при уборке фасоли зернового направления, куст должен быть сжатым, не обладать предрасположенностью к сильному ветвлению, кроме того, ветви первого порядка должны быть хорошо развиты и расположены от главного стебля под острым углом (20-30°) [7, 17, 21]. Чем компактнее форма куста и меньше угол отхождения боковых побегов, тем меньше потери при уборке. В большинстве случаев кустистость растений обуслов-

ливается сортовыми особенностями, однако условия выращивания так же оказывают влияние на данный показатель. В наших опытах при увеличении нормы высева фасоли отслеживалось сокращение количества ветвей на одном растении при обеих схемах посева (рис. 2). При возделывании фасоли с междурядьем 45 см было зафиксировано большее число ветвей по сравнению с аналогичными вариантами с шириной междурядий 70 см. Это связано с тем, что при одинаковой густоте стояния, возделывание фасоли с большей шириной междурядий в ряду, влечет за собой существенное уменьшение расстояния между кустами. Загущение в ряду оказывает влияние на рост и развитие растений и не может компенсироваться расстояниями между рядами.

Одними из основных элементов продуктивно-



**Рисунок 2. Влияние ширины междурядий и норм высева фасоли на количество ветвей, среднее за 2019-2021 гг.**

сти, определяющими урожайность фасоли, являются количество бобов и семян на растении. Исследования бразильских ученых показали, что при увеличении густоты стояния и уменьшении междурядий у фасоли снижается количество бобов, семян и масса 1000 семян [20]. До определенного момента данное снижение продуктивности компенсируется увеличением густоты стояния растений.

Количество семян, образовавшихся на каждом растении, зависит от числа бобов, сформировавшихся и сохранившихся ко времени полной спелости. По данным Я.И. Мусаева, эти показатели в значительной степени зависят от погодных условий, складывающихся в период цветения – формирования бобов [8]. Следует отметить, что фасоль теплолюбива, но не жаростойка. Наиболее благоприятной температурой воздуха для роста и развития растений фасоли является 20–25 °С. При повышении температуры воздуха до 30°C и выше, происходит массовое осыпание цветков и даже завязи [4]. При неблагоприятных условиях опадение образовавшихся бобов может достигать 57 %.

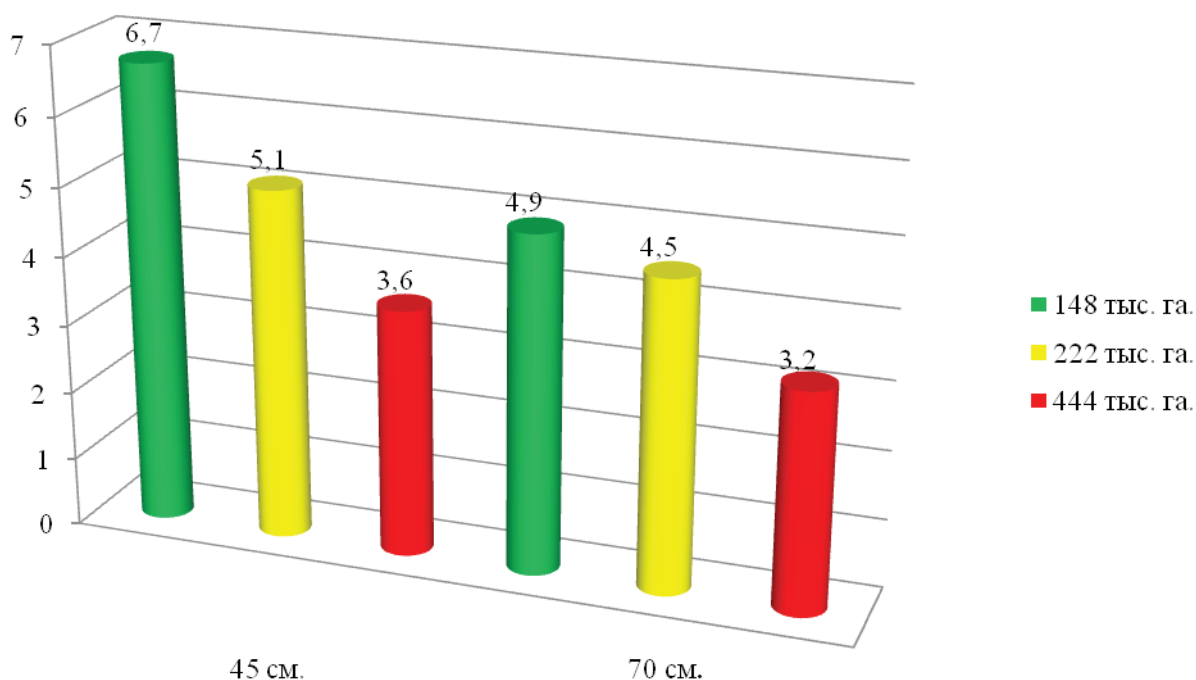
В 2019 году в период цветения и образования бобов наблюдалась теплая погода с достаточным количеством влаги. Условия для образования бобов были благоприятные, однако в дальнейшем выпадение осадков и понижение температуры привели к тому, что часть бобов развились неполноценно и опали.

Погодные условия в период цветения - налива бобов фасоли в 2020 году характеризовались высокими летними температурами, превышающими среднемноголетние на 1,8 - 3,3°C. Количество дней с экстремальными температурами для фасоли (более 30°C) составило в июне 6 (период цветения), в июле - 19 дней (налив бобов). Отмечался дефицит осадков.

В 2021 году третьей декаде июня наблюдалась прохладная погода с обильными осадками, что негативно сказалось на бобообразовании. Резкое повышение температуры и воздушная засуха к моменту образования бобов, а так же нехватка осадков во второй декаде июля привели к тому, что часть бобов опала.

В наших опытах норма высева и ширина междурядий также влияли на количество полноценных бобов, оставшихся к уборке (рис. 3). Максимальное число бобов на одном растении (6, 7 шт.) в среднем за 3 года было сформировано при посеве фасоли с междурядьем 45 см и нормой высева 148 тыс. семян на гектар. При уменьшении расстояния между растениями в ряду, независимо от ширины междурядий, отслеживалось уменьшение численности бобов на растении. При сравнении схем посева зафиксировано увеличение количества бобов на растении в посевах с междурядьем 45 см на 11,1-26,9 %, по сравнению с подобными вариантами с шириной междурядий 70 см.

Исследования показали, что количество семян в



**Рисунок 3. Влияние ширины междурядий и норм высева фасоли на количество бобов на растении, среднее за 2019-2021 гг.**

бобе – более устойчивый показатель. При загущении посевов озерненность бобов уменьшалась незначительно (табл. 1). Различия в массе 1000 семян были в пределах ошибки опыта и не зависели от нормы высева и ширины междурядий посева. Однако количество семян и их масса с одного растения при повышении густоты стояния посева значительно снижается при обоих способах посева. Так, наибольшее количество семян на одном растении (21,3 шт.) было образовано при посеве с нормой высева 148 тыс. семян на гектар и шириной междурядий 45 см. При увеличении нормы высева до 222 и 444 тыс. семян на

гектар наблюдается сокращение количества семян с одного растения на 25,8 и 56,8 % соответственно. При изучении изменения численности семян с растения при возделывании фасоли с междурядьями 70 см установлено, что увеличение нормы высева со 148 до 222 тыс. семян на гектар не приводит к изменению этого показателя (количество семян уменьшается в пределах ошибки опыта). При дальнейшем повышении нормы высева до 444 тыс. на гектар происходит резкое (на 45,6 %) сокращение выхода семян с растения. Подобным образом меняется и масса семян с одного растения.

**Таблица 1. Влияние ширины междурядий и норм фасоли на структуру урожая**

Фактор		Количество семян в бобе, шт.	Количество семян с 1 растения, шт	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г
А Расстояние между рядами, см	В Густота стояния растений, тыс.шт/га				
45	148	3,2	21,3	10,8	509,2
	222	3,1	15,8	8,0	511,2
	444	2,8	9,2	4,5	496,4
70	148	3,0	14,7	7,6	518,0
	222	3,0	13,5	6,9	510,8
	444	2,5	8,0	4,0	502,2
		$HCP_{05} = 1,2$ $HCP_{05} A = 0,7$ $HCP_{05} B = 0,8$	$HCP_{05} = 6,1$ $HCP_{05} A = 3,5$ $HCP_{05} B = 3,8$	$HCP_{05} = 1,8$ $HCP_{05} A = 0,9$ $HCP_{05} B = 1,1$	$HCP_{05} = 22,2$ $HCP_{05} A = 12,8$ $HCP_{05} B = 19,3$

Изучая исключительно продуктивность одного растения, невозможно точно заявить об урожайности с единицы площади, так как биологический урожай постоянно выше фактического [2]. Урожайность семян зерновой фасоли является результирующим показателем оценки семенной продуктивности сорта. Было установлено, что максимальная урожайность в среднем за 3 года была получена при возделывании фасоли с шириной междурядья 45 см и густотой стояния растений 444 тыс. штук на гектар – 1,81 т/га (табл. 2). Однако увеличение урожайности при данной

норме высева было в пределах ошибки опыта по сравнению с густотой 222 тыс. штук растений на гектар. Таким образом, увеличение количества высеваемых семян при данной схеме не компенсирует повышение урожайности. Такая же картина наблюдается и при посеве фасоли с междурядьем 70 см. Снижение урожайности в 2021 году объясняется влиянием абиотических факторов среды на семенную продуктивность фасоли (меньшим количеством сохранившихся хорошо развитых бобов и зерен в них на растениях к моменту уборки, чем в предыдущие годы).

**Таблица 2. Влияние схем посева и погодных условий вегетации фасоли на урожайность, т/га**

Фактор		2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее значение
А Расстояние между рядами, см	В Густота стояния растений, тыс. шт/га				
45	148	1,61	1,46	1,04	1,37
	222	1,95	1,83	1,47	1,75
	444	2,00	1,88	1,55	1,81
70	148	1,35	1,19	0,76	1,10
	222	1,71	1,51	1,34	1,52
	444	1,90	1,76	1,41	1,59
		$HCP_{05} = 0,09$ $HCP_{05} A = 0,05$ $HCP_{05} B = 0,06$	$HCP_{05} = 0,19$ $HCP_{05} A = 0,11$ $HCP_{05} B = 0,13$	$HCP_{05} = 0,15$ $HCP_{05} A = 0,08$ $HCP_{05} B = 0,11$	$HCP_{05} = 0,14$ $HCP_{05} A = 0,08$ $HCP_{05} B = 0,10$

**Выводы**

При увеличении густоты стояния количество ветвей, бобов, семян на одном растении снижалось независимо от ширины междурядий. Загущение в ряду оказывало негативное влияние на рост и развитие растений и не могло компенсироваться расстояниями между рядами. Увеличение нормы высева со 148 до 222 тыс. семян на гектар не привело к изменению продуктивности (количество семян уменьшается в пределах ошибки опыта). При дальнейшем повышении нормы до 444 тыс. на гектар произошло резкое (на 45,6 %) сокращение выхода семян с растения. Снижение продуктивности одно-

го растения, благодаря увеличению густоты стояния фасоли, частично компенсируется возрастающим количеством растений на гектаре. Нами установлено, что максимальная урожайность была получена при возделывании фасоли с шириной междурядья 45 см и густотой стояния растений 444 и 222 тыс. штук на гектар (1,81 т/га и 1,75 т/га соответственно). Таким образом, можно сказать, что увеличение количества высеваемых семян при данной схеме не компенсирует повышение урожайности. Оптимальным способом возделывания фасоли сорта Южанка является посев с междурядьями 45 см и густотой стояния 222 тыс. растений на гектар.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бюллетень метеостанции. Ежемесячные бюллетени с метеоданными агрометеорологической станции Краснодар - Круглик. Краснодар.- 2019 – 2021 гг.
2. Гулаев, В.М. Влияние элементов агротехники на показатели структуры урожайности сои /В.М. Гулаев// Сборник статей международной научно-практической конф.: вклад молодых ученых в аграрную науку, Краснодар.- 2015.- С. 11-15.
3. Деговцов, В.Е. Оценка сортов фасоли овощной по параметрам адаптивности при разных сроках посева в Белгородской области / В.Е. Деговцов, С.М. Сирота и др.// Овощи России.- 2013. - № 1 (18). - С. 46 - 50.
4. Козлова, И.В. Разработка технологических элементов выращивания зерновой фасоли для сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» / И.В. Козлова // Сборник статей по материалам III региональной научно-практической конф. молодых ученых: овощеводство – от теории к практике. Краснодар.-2020.-С.68-71.
5. Козлова, И.В. Влияние уровня минерального питания и применения полива на продуктивность и урожайность зерновой фасоли / И.В. Козлова // Рисоводство. - 2020. - №1 (46). - С. 54-58.
6. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов // М.- 2011. – 648 с.
7. Макрушин, Н.М. Семеноводство (методология, теория, практика) / Н.М. Макрушин, Е.М. Макрушина и др. // Симферополь: ИП «Ариал».- 2012. – 564 с.
8. Мусаев, Ф.Б. Адаптивное семеноводство - современный подход / Ф.Б. Мусаев // Овощи России,- 2011. - № 1. - С. 44 - 45.
9. Пивоваров, В. Ф. Овощи России / В. Ф. Пивоваров – М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. – 380 с.
10. Растениеводство /под ред. Г.С.Посыпанова// М.: Колос, 2006. – 612 с.
11. Русских И. А. Мобилизация, изучение и перспективы использования генетических ресурсов рода *Phaseolus* / И.А. Русских // Минск: Красико-Принт. – 2014.- 264 с.
12. Самодуров, В.Н. Технология выращивания фасоли в условиях Краснодарского края: рекомендации / В.Н. Самодуров, А.И. Грушанин, А.С. Дмитриева и др. // Краснодар.- 2009. – 15 с.
13. Тильба, В. А. Биология сои: возможности оптимизации отдельных продукционных процессов / В.А. Тильба, Н.М. Тишков // Масличные культуры. Научно-исследовательский бюллетень ВНИИ масличных культур. - 2016. – №. 3 (167). – С.78-87
14. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых бобовых культур. / А.Х. Шеуджен // КубГАУ.- Краснодар.- 2012. – 56 с.
15. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева // Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ».-2015.-664с.
16. Зернобобовые культуры России. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, Москва 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.fao.org](http://www.fao.org) (дата обращения 13.09.2021)
17. Blair, M.W. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross / M.W. Blair, G. Iriarte, S. Beebe // Theor. Appl. Genet. - 2006. - 112. - P. 1149–1163.
18. Mathobo, R. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) / R. Mathobo, D. Marais, J. M. Steyn // Agricultural Water Management. – 2017. – V. 180. – P. 118-125.
19. Marcellos, H Effects of plant density and sowing date on grain yield of faba beans (*Vicia faba* L.) in northern New South Wales / H. Marcellos, G. A. Constable // Australian Journal of Experimental Agriculture. – 1986. – V. 26. – № 4. – P. 493-496.
20. Jauer, A. et al. Effects of plant population and disease control in the crop yield of the common bean, cultivar 'tps благородный' // Наука в Сельской местности. – 2006. – V. 36. – №. 5. – P. 1374-1379.
21. Musoni, A. et al. Innovations to overcome staking challenges to growing climbing beans by smallholders in Rwanda // Challenges and opportunities for agricultural intensification of the humid highland systems of Sub-Saharan Africa. – Springer, Cham, 2014. – P. 129-136.

**REFERENCES**

1. Bulletin of the weather station. Monthly bulletins with meteorological data of the Krasnodar—Kruglik agrometeorological station. Krasnodar. - 2019 - 2021.

2. Gulaev, V. M. The influence of elements of agricultural technology on the indicators of the structure of soybean yield / V. M. Gulaev // Collection of articles of the international scientific and practical conference: the contribution of young scientists to agricultural science. Krasnodar. - 2015. - P. 11-15.
3. Degovtsov, V. E. Evaluation of vegetable bean varieties according to the parameters of adaptability at different sowing periods in the Belgorod region / V. E. Degovtsov, S. M. Sirota, etc. // Vegetables of Russia.- 2013. - № 1 (18). - P. 46-50.
4. Kozlova, I. V. Development of technological elements of growing grain beans for varieties of breeding of the Federal State Budgetary Educational Institution "FNC of rice" / I. V. Kozlova // Collection of articles based on the materials of the III regional scientific and practical conference of young scientists: vegetable growing – from theory to practice. Krasnodar. - 2020. - P. 68-71.
5. Kozlova, I. V. The influence of the level of mineral nutrition and the use of irrigation on the productivity and yield of grain beans / I. V. Kozlova // Rice growing. - 2020.- №1(46).- P. 54-58.
6. Litvinov, S. S. Methodology of field experience in vegetable growing / S. S. Litvinov // M.-2011.– 648 p.
7. Makrushin, N. M. Seed production (methodology, theory, practice) / N. M. Makrushin, E. M. Makrushina, etc. // Simferopol: IP "Arial". - 2012. – 564 p.
8. Musaev, F. B. Adaptive seed production - a modern approach / F. B. Musaev // Vegetables of Russia, - 2011. - № 1. - P. 44-45.
9. Pivovarov, V. F. Vegetables of Russia / V. F. Pivovarov-M.: GNU VNISSOK, 2006. – 380 p.
10. Crop production /ed. by G. S. Posypanov. // Moscow: Kolos, 2006. – 612 p.
- Russian Russian I. A. Mobilization, study and prospects for the use of genetic resources of the genus PhaseolusL / I. A. Russkikh //Minsk: Krasiko-Print. - 2014. - 264 p.
12. Samodurov, V. N. Technology of bean cultivation in the conditions of the Krasnodar Territory: recommendations / V. N. Samodurov, A. I. Grushanin, A. S. Dmitrieva, etc // Krasnodar. - 2009. - 15 p.
13. Tilba, V. A. Biology of soy: possibilities of optimization of individual production processes / V. A. Tilba, N. M. Tishkov //Oilseeds. Scientific and research Bulletin of the Research Institute of Oilseeds. - 2016. – №. 3 (167). – P. 78-87
14. Sheudzhen, A. H. Nutrition and fertilization of grain legumes. / A. H. Sheudzhen // KubGAU.- Krasnodar.- 2012. - 56 p.
15. Sheudzhen, A. H. Methodology of agrochemical research and statistical evaluation of their results / A. H. Sheudzhen, T. N. Bondareva // Maykop: JSC "Polygraph-YUG". - 2015. – 664 p.
16. Leguminous crops of Russia. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Moscow 2017 [Electronic resource]. - Access mode: [www.fao.org](http://www.fao.org) (accessed 13.09.2021)
17. Blair, M.W. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross / M.W. Blair, G. Iriarte, S. Beebe // Theor. Appl. Genet. 2006. - 112. - P. 1149-1163.
18. Mathobo, R. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) / R. Mathobo, D. Marais, J. M. Steyn // Agricultural Water Management. – 2017. – V. 180. – P. 118-125.
19. Marcellos, H Effects of plant density and sowing date on grain yield of faba beans (*Vicia faba* L.) in northern New South Wales / H. Marcellos, G. A. Constable // Australian Journal of Experimental Agriculture. – 1986. – V. 26. – № 4. – P. 493-496.
20. Jauer, A. et al. Effects of plant population and disease control in the crop yield of the common bean, cultivar 'tps благородный' // Наука в Сельской местности. – 2006. – V. 36. – №. 5. – P. 1374-1379.
21. Musoni, A. et al. Innovations to overcome staking challenges to growing climbing beans by smallholders in Rwanda //Challenges and opportunities for agricultural intensification of the humid highland systems of Sub-Saharan Africa. – Springer, Cham, 2014. – P. 129-136.

**Ирина Викторовна Козлова**

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

**Irina V. Kozlova**

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

**Григорий Вячеславович Пищулин**

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

**Gregory V. Pishchulin**

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

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

FSBSI "FSC of rice",  
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia



**МОРФОГЕНЕЗ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ  
ГЕНОТИПОВ РИСА С ОКРАШЕННЫМ ПЕРИКАРПОМ**

На сегодняшний день культура пыльников/микроспор является наиболее технологичным методом андрогенеза при создании удвоенных гаплоидов (DH). Для получения дигаплоидных линий риса в культуру пыльников введены 12 генотипов из генофонда УНУ Коллекции «ФНЦ риса» - это доноры признаков повышенной антиоксидантной активности зерна и реципиенты (элитные сорта российской селекции), которые использовали для гибридизации, а также пыльники 7-ми гибридов  $F_1$ , полученных в ходе гибридизации образцов с окрашенным перикарпом и белозерных сортов риса. По всем образцам изучен морфогенез на питательных средах для индукции и регенерации. Выделено 5 генотипов, отзывчивых к технологии культуры пыльников (ВНИИР-10163 - 6,22 / 2,89 %; Альянс - 2,92% / 5,45 %; Red-Blastonik - 4,65 / 1,18%; Велес - 3,50 / 1,03%; К.2327 DH - 0,88 / 1,70%; Heibar DH - 1,01 / 0,47%, соответственно каллусогенез / регенерация). Эти генотипы формировали морфогенные каллусы с высокой регенерационной способностью. У образцов с низкой отзывчивостью по признаку «каллусогенез» благодаря приему субкультивирования повысилась интенсивность индукционных процессов с формированием морфогенного каллуса в 0 - пассаже на повышенных концентрациях фитогормона 2,4-Д. При переносе таких каллусных тканей на среды с пониженной концентрацией фитогормона 2,4-Д в 1-м пассаже проявилась способность формировать эмбриональные комплексы. Отмечена генотипическая вариабельность по признакам «каллусогенез/регенерация» среди генетических доноров антиоксидантной активности и сортов риса российской селекции (реципиентов). Образцы риса, введенные в скрещивание, обладали высокой комбинационной способностью по признаку «каллусогенез», что подтверждено отзывчивостью на индукцию новообразований гибридов первого поколения ( $F_1$ ) в культуре пыльников *in vitro*.

**Ключевые слова:** рис, культура пыльников *in vitro*, удвоенные гаплоиды (дигаплоиды), антиоксидантная активность.

**MORPHOGENESIS IN ANther CULTURE  
OF RICE GENOTYPES WITH COLORED PERICARP**

To date, anther/microspores culture is the most technologically advanced androgenetic method for development of doubled haploids. To obtain rice double haploid (DH) lines 12 genotypes from the collection of Federal Scientific Rice Centre were introduced into anther culture - these are donors of traits of increased grain antioxidant activity and recipients (elite varieties of Russian breeding) used for hybridization, as well as anthers of 7  $F_1$  hybrids obtained during hybridization of colored samples and white-grain rice varieties. For all samples, morphogenesis was studied on nutrient media for induction and regeneration. 5 genotypes responsive to anther culture technology were identified (VNIIR-10163 - 6.22 / 2.59%; Alliance - 2.92% / 2.75%; Red-Blastonik - 4.65 / 1.18%; Veles - 3.50 / 0.33%; K.2327 DH - 0.88 / 1.70%; Heibar DH - 1.01 / 0.47%, callusogenesis / regeneration respectively). These genotypes formed morphogenic calli with a high regenerative capacity. In samples with low responsiveness to the "callusogenesis" trait, due to subcultivation, the intensity of induction processes increased with the formation of morphogenic callus in the 0 - passage at increased concentrations of the 2,4-D phytohormone. When transferring these callus tissues to media with a low concentration of the 2,4-D phytohormone, the ability to form embryonic complexes was manifested in the 1st passage. Genotypic variability in terms of "callusogenesis/regeneration" traits was noted among genetic donors of antioxidant activity and rice varieties of Russian breeding (recipients). The rice samples introduced into the crossing had a high combining ability by the "callusogenesis" trait, which was confirmed by the responsiveness to the induction of neoplasms of the first generation ( $F_1$ ) hybrids in the anther culture *in vitro*.

**Key words:** rice, anther culture *in vitro*, doubled haploids (dihaploids), antioxidant activity.

**Введение**

Авторы Finley (2005), Shahidi и Ambigaipalan (2015) в своих исследованиях показали, что существуют

веские доказательства того, что увеличение потребления различных фенольных соединений, присутствующих в продуктах питания, может снизить риск

развития заболеваний благодаря их антиоксидантной активности. Fardet et al. (2008) отмечают, что антиоксидантный потенциал зерновок риса и составляющих их фракций в значительной мере коррелирует с содержанием в них полифенолов. Hoffman et al. (2019) выявили тенденцию роста потребления пигментированного риса из-за связанных с ним преимуществ для здоровья. Deng et al. (2013) сообщают, что такой рис используется в традиционной китайской медицине для лечения анемии, диабета, детумесценции, улучшения кровообращения, укрепления функции почек и улучшения зрения. Есть сообщения Хадсона и др. (2000) о линейной корреляции между потреблением пигментированного риса и низкой частотой ишемических заболеваний сердца и некоторых видов рака в азиатских популяциях. На сегодняшний день большой интерес направлен на анализ антиоксидантного потенциала пигментированных местных сортов риса даже на таких континентах, как Европа и Южная Америка, где рис не считается основным продуктом питания. Таким образом, создание для селекции ресурсов риса, обладающих антиоксидантными свойствами зерна расширяет ассортимент продуктов функционального назначения для здорового питания. Ускорить этот процесс стало возможным с применением методов экспериментальной гаплоидии. В последние годы отмечена важная роль гаплоидных технологий в селекции многих культур, в том числе и риса. Их использование способствовало значительным достижениям в области сельского хозяйства. Применение гаметных технологий позволяет быстро найти нужную комбинацию признаков в гибридных растениях  $F_1$  поколения, что сокращает время создания сортов. ДН получены у более 200 изучаемых видов [6, 10, 11]. Интеграция приемов гаплоидии вместе с другими биотехнологическими инструментами, такими как маркерная селекция (MAS), индуцированный мутагенез и генноинженерные технологии позволяют значительно ускорить селекцию сельскохозяйственных культур [1, 3, 4, 8, 12]. При этом гаметные технологии у ряда других культур сопровождается такими проблемами, как низкий процент выхода дигаплоидных растений, большой процент безхлорофильных проростков (альбиносов), низкая воспроизводимость полученных результатов в различные сезоны и для различных генотипов. Ученые продолжают разрабатывать эффективные протоколы и непрерывно оптимизируют питательные среды, условия культивирования, предработки и другие факторы, увеличивающие выход дигаплоидных линий сельскохозяйственных культур.

#### **Цель исследований**

Оптимизировать методическую схему получения удвоенных гаплоидов риса (*Oryza sativa* L.) и ускорить создание предселекционных ресурсов риса, обладающих антиоксидантными свойствами зерна на основе методов экспериментальной гаплоидии.

Основная задача - совершенствование метода культуры пыльников *in vitro* применительно к изучаемым генотипам риса, а именно к донорам (генетическим источникам антиоксидантной активности) и реципиентам (элитные сорта российской селекции) и стабилизация созданного селекционного материала.

#### **Материалы и методы**

В исследованиях применяли метод культуры изолированных пыльников (Бутенко Р.Г., 1990). В культуре *in vitro* использовали пыльники растений риса генетических источников антиоксидантной активности (доноры), элитных сортов российской селекции (реципиенты) и растения  $F_1$  – поколения риса, полученные в ходе их скрещивания (гибридизации). Растения - доноры для отбора биоматериала (незрелые метелки) выращивали в условиях открытой вегетационной площадки и камерах искусственного климата (КИК). Отбор метелок основывался на цитологическом наблюдении, размере и цвете цветка и пыльника. Метелки риса поверхностно стерилизовали с использованием 4% гипохлорита натрия (NaClO) в течение 15 минут и трижды промывали стерильной водой. Для инокуляции пыльников использовали базовую агаризованную питательную среду Блейдса (Blaydes, 1966), которая продемонстрировала повышенную андрогенную индукцию каллуса у риса [5]. Пыльники изолировали в стерильных условиях ламинарного бокса и равномерно размещали на поверхности агаризованной питательной среды. Культивировали пыльники в термостате при температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , относительной влажности 50,0% в темноте в течение 3 – 4 недель после инокуляции. Проводили наблюдение за ответной реакцией пыльников на процессы индукции каллуса с регистрацией данных по каждой отдельной комбинации до образования каллусной массы. Каллусы культивировали на среде Murashige and Scoogy (MS, 1962) [7] при фотопериоде 12 часов – день (5 тыс. люкс), 12 часов – ночь, до появления зеленых проростков, которые для укоренения переносили на безгормональную среду MS. Для определения стадии развития микроспор использовали систему визуализации EVOS XL Core Configured в проходящем свете (светлое поле или фазовый контраст), диапазон объективов 1,25 – 100x, затем отбор эксплантов (метелок) основывался на морфологических признаках развития растений – доноров.

#### **Результаты и обсуждение**

В рамках проекта КНФ № МФИ 20.1- 34/21 «Создание предселекционных ресурсов риса с повышенной антиоксидантной активностью зерна для селекции сортов нового поколения, предназначенных для функционального питания, на основе комплексного селекционного подхода, сочетающего классические селекционные методы, геномные, клеточные и цифровые технологии» проводились исследования по получению дигаплоидных линий методом культуры пыльников от 12 генотипов – доноров признаков

повышенной антиоксидантной активности зерна и реципиентов и 7-ми гибридов F<sub>1</sub>, полученных в ходе гибридизации образцов с окрашенным перикарпом и белозерных образцов риса. У всех изученных генотипов риса отмечена высокая корреляция между линейными размерами метелок и стадиями развития мужского гаметофита. Оптимальными для индукции андрогенеза в культуре *in vitro* риса являлись метелки за 2-3 дня до выметывания.

Учитывая, что способность к образованию морфогенных (эмбриогенных) каллусов генетически детерминирована, в наших исследованиях морфогенетическими процессами *in vitro* управляли путем регулирования концентраций экзогенных фитогормонов и условий культивирования тканей, а также изменением предобработки эксплантов (метелок).

Для стимуляции каллусогенеза у сортов, неотзывчивых на культуру пыльников (Мавр, Светлана, KHAW-SRI-NIN и Гагат) и увеличения частоты выхода каллусов у сортов с низкой отзывчивостью (Кураж, Велес, Red-Blastonik и Рубин), а также с целью спонтанного удвоения хромосом клеток, увеличили период «холодового стресса» для метелок риса с 10 - 14 до 20 - 25 дней. Для этих генотипов также использовали прием субкультивирования каллусных тканей. При этом в качестве индукционной среды использовали среду Блейдса, обогащенную 4,0 мг/л 2,4-Д (0-пассаж). Затем каллусы пересаживали на субкультивационную среду Блейдса с пониженной концентрацией 2,4-Д до 2,0 мг/л (1 - пассаж), продолжительность пассажа составила 20 – 30 суток. Благодаря такому приему у вышеперечисленных образцов удалось добиться

индукционного ответа и/или увеличить выход андрогенных новообразований, в том числе и с потенцией к морфогенезу (НСР<sub>05</sub> = 0,63 и 0,25, соответственно каллусогенез/регенерация (табл. 1).

По всем генотипам изучен морфо/эмбриогенез. Как отмечено в более ранних исследованиях, частота каллусообразования и регенерации зеленых растений значительно изменяются в зависимости от генотипа, т.к. разная способность к каллусогенезу и регенерации у риса определяется содержанием и балансом эндогенных гормонов. В связи с этим, отмечена разница в индукции каллусогенеза, что проявлялось в количестве пыльников, сформировавших новообразования, в морфологической и структурной разнокачественности каллусов, присутствии в них разных типов тканей. Выделено 5 наиболее отзывчивых генотипов к технологии культуры пыльников (ВНИИР 10163 – 6,22% / 2,89%; Альянс - 2,92% / 5,45%; Red-Blastonik - 4,65% / 1,18%; Велес – 3,50% / 1,03%; K.2327 DH - 1,08% / 1,70%; Heibar DH – 1,01 / 0,97, соответственно каллусогенез/регенерация). Самыми стабильными в ходе культивирования были образцы ВНИИР 10163 и Альянс, о чем свидетельствуют более высокие показатели как каллусогенеза, так и регенерации (НСР<sub>05</sub> – 1,66 и 2,46 соответственно), что характеризует генотипы как отзывчивые на культуру гаметных клеток. Эти образцы формировали каллусы с высокой регенерационной способностью (эмбриогенные). Низкой отзывчивостью по признаку «каллусогенез» обладали Рубин, Кураж, Светлана, KHAW-SRI-NIN и Гагат. Неотзывчивым оказался сорт Мавр, у которого не зафиксирована индукция каллусов (табл. 1).

**Таблица 1. Каллусогенез и регенерация доноров (генетические источники антиоксидантной активности) и реципиентов (сорта российской селекции) риса, %**

№ по каталогу	Название образца	Без субкультивирования, 2020 г.	Субкультивирование, 2021 г.	Без субкультивирования, 2020 г.	Субкультивирование, 2021 г.
		каллусогенез, %	каллусо-генез, %	регенерация, %	регенерация, %
04069	ВНИИР 10163	1,21	6,22	2,60	2,89
04464	Рубин	0,15	0,95	0,71	0,99
04670	Кураж	0,08	0,71	1,52	1,84
04795	Red-Blastonik	0,13	4,65	0,51	1,18
04787	Мавр	N <sub>c</sub>	N <sub>cl</sub>	Nr	Nr
04890	Велес	0,04	3,50	Nr	1,03
05014	K.2327 DH	0,19	1,08	Nr	1,70
05064	Альянс	1,22	2,92	4,67	5,45
05075	Heibar DH	0,08	1,01	Nr	0,97
05133	Светлана	N <sub>c</sub>	0,13	Nr	Nr
19-16/19	KHAW-SRI-NIN	N <sub>c</sub>	0,32	Nr	Nr
04805	Гагат	N <sub>c</sub>	0,69	Nr	0,06
НСР <sub>05</sub>		0,49	1,66	1,84	2,46
НСР <sub>05</sub>		0,63		0,25	

Примечание: N<sub>c</sub> - нет индукции каллуса; Nr - нет регенерации

У сорта Светлана и образца KHAW-SRI-NIN удалось стимулировать индукцию каллусогенеза, но новообразовавшиеся ткани не обладали морфо-

генетическим потенциалом, т.е. клетки каллуса не обладали способностью к вторичной дифференцировке с возникновением организованных структур

(органов, тканей, эмбриональных комплексов и систем из неорганизованной массы клеток каллуса). У образца Heibar DH и сорта Гагат только благодаря приему субкультивирования повысилась интенсивность индукционных процессов с формированием морфогенного каллуса в 0 – пассаже на повышенных концентрациях фитогормона 2,4-Д. При переносе таких каллусных тканей на среды с пониженной концентрацией фитогормона 2,4-Д в 1–м пассаже проявилась способность формировать эмбриональные комплексы. У этих генотипов также отмечена регенерационная активность.

Наблюдения за развитием клеток в каллусных тканях показали, что степень развития эмбриогенного каллуса является одним из критических факторов, влияющих на регенерационную способность [2, 9]. Установлено, что развивающиеся зародыши/геммы не нуждались в определенных гормонах ауксинового ряда, так как начинали вырабатывать их сами. Поэтому при длительной экспозиции на индукционных питательных средах без пересадки на среды для регенерации, клетки эмбрионов/гемм приостанавливали пролиферацию и подвергались дедифференцировке, т.е. прекращалась дифференциация эмбрионального комплекса, клетки которого превращались из клеток с меристемными признаками в паренхимные клетки каллуса. В исследованиях отмечено, что особенно успешно культивирование новообразованных каллусов на каллусогенных средах в течение 20 – 30 суток и дальнейшее их выращивание в течение 30 – 45 суток с момента их культивирования на регенерационных средах, что обеспечивает максимальный выход регенерантов. При более длительном культивировании каллусов их потенциал снижался у всех изученных генотипов за счет процессов некротизации.

Учитывая, что по комплексу признаков «каллусообразования / регенерация» более высокие показатели наблюдались у сортов ВНИИР 10163, Альянс, Red-Blastonik, K.2327 DH, Heibar DH и Велес, с их участием проведены скрещивания. В результате скрещивания удалось получить 7 гибридных комбинаций  $F_1$ , пыльники которых вводили в культуру *in vitro* с целью изучения их отзывчивости.

Результаты анализа индукционной способности гибридов  $F_1$  показали, что все они отзывчивы на культуру пыльников, вероятно, это связано с высокой комбинационной способностью образцов скрещивания по признаку «каллусообразование».

**Таблица 2. Каллусогенез гибридных комбинаций  $F_1$ , %**

Гибридная комбинация	Каллусогенез, %
ВНИИР 10163/ Альянс	4,70
Red-Blastonik/Альянс	3,06
K.2327 DH/Альянс	4,61
Heibar DH/Альянс	4,15
Heibar DH/Велес	4,06
ВНИИР 10163/Велес	4,70
Red-Blastonik/Велес	3,91
НСР <sub>05</sub> 2,14	

Показатели у изученных генотипов были на одном уровне в пределах 3,06–4,70% (НСР<sub>05</sub> = 2,14) (табл. 2). В комбинациях скрещивания с участием сорта Альянс и дигаплоидными линиями K.2327 DH и Heibar DH в настоящее время отмечены процессы морфогенеза с регенерацией растений.

#### Выводы

Использование приема субкультивирования стимулировало индукционные процессы с формированием морфогенного каллуса у образцов с низкой отзывчивостью по признаку «каллусогенез». Отмечена генотипическая вариабельность по признакам «каллусогенез/регенерация» среди генетических доноров антиоксидантной активности и сортов риса российской селекции (реципиентов). Образцы риса, введенные в скрещивание, обладали высокой комбинационной способностью по признаку «каллусогенез», что подтверждено отзывчивостью на индукцию новообразований гибридов первого поколения ( $F_1$ ) в культуре пыльников *in vitro*.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Кубанского научного фонда МФИ 20.1- 34/21 «Создание предселекционных ресурсов риса с повышенной антиоксидантной активностью зерна для селекции сортов нового поколения, предназначенных для функционального питания, на основе комплексного селекционного подхода, сочетающего классические селекционные методы, геномные, клеточные и цифровые технологии».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анапияев, Б.Б. Экспериментальный морфогенез и биотехнология получения гаплоидов в культуре микроспор пшеницы: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. - Алматы, 2001.
2. Савенко, Е.Г. Цито-гистологический анализ морфогенеза в культуре изолированных пыльников риса / Е.Г. Савенко, В.Г. Власов // Рисоводство. - 2011. - № 18. - С. 19-22.
3. Тюкавин, Г.Б. Биотехнологические основы селекционной технологии моркови (*Daucus carota* L.): автореф. дисс. д-ра биол. наук. - М., 2007. - 27 с.
4. Abd Rahman, Zuraida. Efficient callus induction and plant regeneration of Malaysian indica rice MR219 using anther culture // Zuraida Abd Rahman, Zulkifli Ahmad Seman, Ayu Nazreena Othman, Mohamad Bahagia Ab Ghaffar, Shahril Ab Razak, Muhammad Fairuz Mohd Yusof, Khairun Hisam Nasir, Khairulmazmi Ahmad, Yeow Lit Chow, Sreeramanan Subramaniam // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. - 2021. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101865>.
5. Blaydes, D.F. Interaction of kinetin and various inhibitors in the growth of soybean tissue / D.F. Blaydes // *Physiol Plant*. - 1966. - V.19. - P. 748 – 753.
6. Germana, M.A. Anther culture for haploid and doubled haploid production / M.A. Germana // *Plant Cell Tiss Org Cult*. - 2011. - V. 104. - P. 283-300.

7. Murashige, I. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / I. Murashige, F. Skoog // *Plant Physiol.* - 1962. - V.15. - P.473-479.
8. Savenko, E. Creating doubled rice haploids with pyriculariosis resistant genes / E. Savenko, Z. Mukhina, V. Glazyrina, T. Korotenko, S. Garkusha / *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* - 2019. - V. 403 (1), статья № 012019, DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012019.
9. 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 and L.A. Shundrina // *E3S Web of Conferences*, 2021. - V.285. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502033>.
10. Wedzony, M. Progress in doubled haploid technology in higher plants / M. Wedzony, B.P. Foster, I. Zur, E. Golemiel, M. Szechynska-Hebda, Dubas, G. Gotebiowska // В кн.: *Advanced in haploid production in higher plants* / под ред. A.Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain. - SpringerScience + BusinessMedia B.V., 2009. – P. 1-35.
11. Weyen, J. Barley and wheat doubled haploids in breeding / J. Weyen // В кн.: *Advanced in haploid production in higher plants* / под ред. Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain. - SpringerScience + BusinessMedia B.V., 2009. – P. 179-189.
12. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) — doubled haploid production via induced embryogenesis / M.Y. Zheng // *Plant Cell Tiss Org.* - 2003. - V. 73. - P. 213-230.

## REFERENCES

1. Anapiyaev, B.B. Experimental morphogenesis and biotechnology of obtaining haploids in the wheat microspores culture: Ph.d. thesis. - Almaty, 2001.
2. Savenko, E.G. Cyto-histological analysis of morphogenesis in the isolated rice anthers culture / E.G. Savenko, V.G. Vlasov // *Rice growing*, 2011. - № 18. - P. 19-22.
3. Tukavin, G.B. Biotechnology Basics of Carrot Breeding Technology (*Daucus carota* L.): Ph.D. thesis abstract. - M., 2007. - 27 p.
4. Abd Rahman, Zuraida. Efficient callus induction and plant regeneration of Malaysian indica rice MR219 using anther culture // Zuraida Abd Rahman, Zulkifli Ahmad Seman, Ayu Nazreena Othman, Mohamad Bahagia Ab Ghaffar, Shahril Ab Razak, Muhammad Fairuz Mohd Yusof, Khairun Hisam Nasir, Khairulmazmi Ahmad, Yeow Lit Chow, Sreeramanan Subramaniam // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* - 2021. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101865>.
5. Blaydes, D.F. Interaction of kinetin and various inhibitors in the growth of soybean tissue / D.F. Blaydes // *Physiol Plant.* - 1966. - V.19. – P. 748 – 753.
6. Germana, M.A. Anther culture for haploid and doubled haploid production / M.A. Germana // *Plant Cell Tiss Org Cult.*, 2011. - V. 104. - P. 283-300.
7. Murashige, I. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / I. Murashige, F. Skoog // *Plant Physiol.* - 1962. - V.15. - P.473-479.
8. Savenko, E. Creating doubled rice haploids with pyriculariosis resistant genes / E. Savenko, Z. Mukhina, V. Glazyrina, T. Korotenko, S. Garkusha / *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* - 2019. - V. 403 (1), статья № 012019, DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012019.
9. 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 and L.A. Shundrina // *E3S Web of Conferences.* - 2021. - V.285. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502033>.
10. Wedzony, M. Progress in doubled haploid technology in higher plants / M. Wedzony, B.P. Foster, I. Zur, E. Golemiel, M. Szechynska-Hebda, Dubas, G. Gotebiowska // В кн.: *Advanced in haploid production in higher plants* / под ред. A.Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain. - SpringerScience + BusinessMedia B.V. - 2009. – P. 1-35.
11. Weyen, J. Barley and wheat doubled haploids in breeding / J. Weyen // В кн.: *Advanced in haploid production in higher plants* / под ред. Touraev, B.P. Foster, E.M. Jain. - SpringerScience + BusinessMedia B.V., 2009. – P. 179-189.
12. Zheng, M.Y. Microspore culture in wheat (*Triticum aestivum*) — doubled haploid production via induced embryogenesis / M.Y. Zheng // *Plant Cell Tiss Org.* - 2003. - V. 73. - P. 213-230.

### **Елена Георгиевна Савенко**

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

### **Elena G. Savenko**

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

### **Жанна Михайловна Мухина**

Главный научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии  
agroplazma@gmail.com

### **Zhanna M. Mukhina**

Chief Scientist of the laboratory of biotechnology and molecular biology.  
agroplazma@gmail.com

### **Валентина Александровна Глазырина**

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

### **Valentina A. Glazyrina**

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

### **Людмила Анатольевна Шундрин**

Научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии

### **Ludmila A. Shundrina**

Scientist of laboratory of the laboratory of biotechnology and molecular

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-86-92  
УДК: 631.461.1/5

Шеуджен А.Х., д-р биол. наук,  
Перепелин М.А.  
г. Краснодар, Россия

### АЗОТ И КРУГОВОРОТ ЕГО В ПРИРОДЕ

Азот и его соединения в жизни планеты и биосферы, в формировании почвенного покрова, в продуктивности земледелия играют столь же важную роль, как и углерод. Биофильность азота сравнима именно с биофильностью углерода. В связанном состоянии азот необходим для всех форм жизни и составляет в среднем около 16 % по массе в белках. Поскольку белки – главная составная часть живых организмов, значение этого элемента трудно переоценить. Азот атмосферы непосредственно недоступен для животных и большей части растений. Поэтому в круговороте этого элемента первостепенное значение имеет его биологическая фиксация. Ежегодно биотическое сообщество биосферы связывает около 10 млрд т азота, определенную часть этого количества фиксируют микроорганизмы. Примерно  $3,9 \cdot 10^{15}$  т азота находится в атмосфере,  $4 \cdot 10^{14}$  в осадочных породах и  $1,4 \cdot 10^{17}$  в земной коре. Последние 100–150 лет человек агрессивно вмешивается в устоявшийся в природе круговорот азота, выращивая на обширных площадях бобовые культуры и связывая его искусственно в промышленных масштабах. За год они фиксируют азот примерно на 10–15 % больше, чем производили наземные экосистемы до зарождения земледелия. Среднегодовое поступление нитратного азота абиотического происхождения при осадении из атмосферы в почву составляет 8–10 кг/га, свободноживущие бактерии фиксируют 20–25 кг/га, в то время как симбиотические клубеньковые бактерии бобовых растений продуцируют в среднем 200 кг/га.

**Ключевые слова:** азот, селитра, азотфиксация, почва, атмосфера.

### NITROGEN AND ITS CYCLE IN NATURE

Nitrogen and its compounds play as important a role in the life of the planet and the biosphere, in the formation of soil cover, in agricultural productivity as carbon. The biophilicity of nitrogen is comparable precisely to the biophilicity of carbon. In the bound state, nitrogen is necessary for all forms of life and averages about 16 % by weight in proteins. Since proteins are the main component of living organisms, it is difficult to overestimate the importance of this element. Atmospheric nitrogen is directly inaccessible to animals and most plants. Therefore, in the cycle of this element, its biological fixation is of paramount importance. Every year, the biotic community of the biosphere connects about 10 billion people. t of nitrogen, a certain part of this amount is fixed by microorganisms. Moreover, microorganisms assimilate molecular nitrogen. Approximately  $3.9 \cdot 10^{15}$  tons of nitrogen is in the atmosphere,  $4 \cdot 10^{14}$  - sedimentary rocks and  $1.4 \cdot 10^{17}$  - the Earth's crust. Over the past 100–150 years, man has been interfering with the established nitrogen cycle in nature, growing legumes on vast areas and binding it artificially on an industrial scale. In a year, these two additional sources provide about 10–15% more fixed nitrogen than terrestrial ecosystems produced before the birth of agriculture. The average annual intake of nitrate nitrogen of abiotic origin during precipitation from the atmosphere into the soil is 8–10 kg/ha, free-living bacteria fix 20–25 kg/ha, while symbiotic nodule bacteria of legumes produce an average of 200 kg/ha.

**Keywords:** nitrogen, saltpeter, nitrogen fixation, soil, atmosphere

Азот возглавляет V главную подгруппу Периодической системы и является, по Менделееву, «типическим» элементом в этой подгруппе. Соединения его имеют впечатляющую историю. Хлорид аммония был впервые упомянут в «Истории» Геродота (V в. до н. э.), а соли аммония, как и нитраты, азотная кислота и «царская водка», были хорошо известны ранним алхимикам.

Азот был открыт почти одновременно несколькими исследователями. В 1772 году Г. Кавендиш в письме сообщил Дж. Пристли, что ему удалось получить новую разновидность воздуха, названного удушливым или мефитическим. Г. Кавендиш пропускал обычный воздух над раскаленным углем, повторяя этот процесс многократно. В итоге получался связанный

воздух, который поглощался щелочью. Остаток же обычного воздуха и представлял собой мефитический. Г. Кавендиш не стал его исследовать детально, а сообщил Дж. Пристли лишь факт своего наблюдения. Последний, не придав значения сообщенному ему факту продолжил заниматься своими экспериментами. Дж. Пристли сжигал в определенном объеме воздуха разные горючие тела и прокаливал металлы; при этом образовавшийся связанный воздух удалялся с помощью известковой воды. Самое главное, что заметил он, состояло в том, что при горении угля в воздухе под стеклянным колоколом только пятая часть его превращается в «связанный воздух» (диоксид углерода), который растворяется в известковой воде, а оставшаяся часть не поддерживает ни горе-

ния, ни жизни. Подобные наблюдения в то же время были сделаны К. Шееле, которые были изложены в труде «Трактат о воздухе и огне». Он назвал новый газ испорченным воздухом (Verdorbene Luft). В этом же 1772 г. Д. Резерфорд опубликовал магистерскую диссертацию: «О так называемом фиксируемом и мифическом воздухе», в которой дал описание свойств будущего азота. Этот газ, по Д. Резерфорду, не поглощался известковой водой и щелочью и был непригоден для дыхания живых организмов. Исследователь назвал его испорченным воздухом.

А. Лавуазье в 1787 г. доказал, что описанный Д. Резерфордом удушливый газ является самостоятельным элементом – азотом, т. е. удушливый газ или удушливое вещество. Однако слово азот придумано не А. Лавуазье. Оно известно с древности и употреблялось философами и алхимиками средневековья для обозначения «первичной материи (основы) металлов», так называемого ртурия философов, или двойного ртурия алхимиков. Слово «азот» вошло в литературу, вероятно, в первые столетия средневековья, как и многие другие зашифрованные и имевшие мистический смысл названия. Оно встречается в сочинениях многих алхимиков, начиная с Бэкона (1214-1292 гг.), Парацельса (1493-1541 гг.) и Либавия (1550-1616 гг.). Либавий указывал даже, что слово азот (azoth) происходит от старинного испано-арабского слова азок (azoque или azoc), обозначавшего ртуть. Но более вероятно, что эти слова появились в результате искажений переписчиками коренного слова азот (azot или azoth). Древние философы и алхимики считали «первичную материю металлов» альфой и омегой всего существующего. В свою очередь это выражение заимствовано из Апокалипсиса – последней книги Библии: «я – альфа и омега, начало и конец, первый и последний». В древности и в средние века христианские философы считали приличным употреблять при написании своих трактатов только три языка, признававшихся «священными», латинский, греческий и древнееврейский (надпись на кресте при распятии Христа по евангельскому рассказу была сделана на этих трех языках). Для образования слова азот были взяты начальные и конечные буквы алфавитов этих трех языков (а, альфа, алеф и зэт, омега, тов – AAAZOT). После того как было установлено, что азотная кислота производится от азота, Жан Антуан Клод Шаптал (Chaptal) в 1790 г. предложил для него название нитроген (от *nitrum* и γενναω – образователь селитры), которое и сохранилось в виде его латинского обозначения [12].

Азот – элемент «нечетный», его порядковый номер в Периодической системе Д.И. Менделеева равен 7. Атомная масса по углеродной шкале составляет 14,0067. Природная плеяда стабильных изотопов азота состоит из двух компонентов: изотопа  $^{14}\text{N}$  – более чем 99%, изотопа  $^{15}\text{N}$  – всего 0,38%. С точки зрения ядерных свойств азот весьма своеобразен. Поскольку это нечетный элемент, он в соответствии с обычной закономерностью должен был бы иметь склонность к образованию атомных ядер, относящихся по массе к типу  $4n+3$  или  $4n+1$ . Однако в случае азота на эту закономерность накладывается другое правило – у легких элементов протоны и нейтроны, образующие атомные ядра, стремятся соединиться в равном числе. Изотоп  $^{14}\text{N}$  как раз и отвечает этому соотношению – он образует ядро типа  $4n+2$ . Это правило здесь «перевешивает». Другой же стабильный изотоп азота имеет обычный для нечетных элементов тип ядра по массе  $4n+3$ , но он мало распространен. Кроме стабильных, азот образует и радиоактивные изотопы. В частности изотоп  $^{13}\text{N}$  претерпевает позитронный распад ( $T_{1/2} = 9,93$  мин). Еще менее устойчив изотоп  $^{16}\text{N}$  (тип ядра  $4n$ ), который при радиоактивном распаде выбрасывает  $\beta$ -частицы ( $T_{1/2}=8$  с). При взаимодействии ядер азота с нейтронами, возникающими в атмосфере в результате действия космических лучей, образуется радиоактивный изотоп  $^{14}\text{C}$ : реакция  $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ . Измерение радиоактивности этого изотопа углерода используется в археологии для определения возраста углеродосодержащих веществ.

На электронной оболочке азота имеется 7 электронов ( $1s^2 2s^2 2p^3$ ), располагающихся на подуровнях 1s, 2s и 2p. В соответствии с правилом Гунда в каждой энергетической ячейке атома азота подуровня 2p находится по одному электрону. Отсюда следует, что атом азота способен образовывать ковалентную связь: азот может предоставить три электрона на 2p-орбиталях, необходимых для возникновения трех двухэлектронных ковалентных связей. Хорошо известная инертность атмосферного азота, таким образом, не связана со строением наружной электронной оболочки его атома. Она объясняется тем, что в отсутствии других реакционноспособных реагентов атомы азота, попарно соединяясь, образуют очень прочные молекулы  $\text{N}_2$ . Разорвать связь азот-азот в этой молекуле очень трудно но, и именно этим обусловлена инертность обычного атмосферного азота. Степень окисления азота в его соединениях изменяется в широких пределах: от -3 до +5:

Степень окисления	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Пример соединения	$\text{NH}_3$ , $\text{Mg}_3\text{N}_2$	$\text{NH}_2\text{NH}_2$	$\text{NH}_2\text{OH}$	$\text{N}_2$	$\text{N}_2\text{O}$	NO	$\text{N}_2\text{O}_3$ , $\text{HNO}_2$	$\text{NO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}_4$	$\text{N}_2\text{O}_5$ , $\text{HNO}_3$

В большинстве соединений между атомами азота и других элементов осуществляется ковалентная, а не ионная связь. Атомный радиус (ГМ) нейтрального атома азота равен 71, ковалентный (простая связь) – 70, вандерваальсов – 154; электроотрицательность: 3,04 (по Полингу), 3,07 (по Олреду), 7,30 эВ (абсолютная); эффективный заряд ядра: 3,90 (по Слейтеру), 3,83 (по Клементи), 3,46 (по Фрезе-Фишеру) [17].

Азот – широко распространенный из встречающихся в свободном виде элемент: составляет 78,1% по объему в атмосфере (т.е. 78,3 ат.% или 75,5 мас.%) и ежегодно производится из этого источника промышленностью в мультимегатонном масштабе. Это самый атмосферный элемент, его кларк в атмосфере составляет 40000, значительно ниже биофильность – 160, кларк концентрации в каустобиолитах – 500-1000. Талассофильность азота равен  $5 \cdot 10^{-2}$ , ниже чем у углерода, мышьяка, селена, магния и калия. Кларк азота в земной коре составляет 0,04 мас. %. Общее содержание его в почвах колеблется от 0,03 до 0,6%. В составе гумуса азота 5%, в растениях – 1,5, в живых организмах – 5%, в речных водах – 1 мг/л [16].

Основные азотсодержащие минералы:  $KNO_3$  (селитра) и  $NaNO_3$  (чилийская селитра). Оба они широко распространены, обычно в малых количествах, в виде солевых отложений в засушливых областях и в виде выветриваний на почвах и в пещерах.  $NaNO_3$  изоморфен с кальцитом, а  $KNO_3$  с арагонитом, поскольку ионы  $NO_3^-$  и  $CO_3^{2-}$  близки по размерам, а  $K^+$  значительно крупнее, чем  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$ . Основные месторождения  $KNO_3$  находятся в Индии и меньшие количества в Боливии, Италии, Испании и бывшем Советском Союзе. Обширные залежи  $NaNO_3$  находятся в пустынях на севере Чили, где селитра встречается с другими минералами, такими как  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$  и  $KNO_3$ , на восточных склонах береговых горных цепей на высоте 1200-1500 м. В связи с развитием производства синтетического аммиака и азотной кислоты эти крупные месторождения больше не служат основным источником нитратов, хотя до 1920-х гг. они играли важную роль в сельском хозяйстве, как и залежи птичьего помета (гуано) на некоторых островах [3].

В связанном состоянии азот необходим для всех форм жизни и составляет в среднем около 16% по массе в белках. Поскольку белки – главная составная часть живых организмов, значение этого элемента трудно переоценить [5]. По выражению Д.Н. Прянишникова, «без азота нет белков, без белков нет протоплазмы, без протоплазмы нет жизни» [11]. При отмирании организмов их сложные азотистые соединения в процессе круговорота азота превращаются в более простые соединения: аммиак, соли аммония, нитриты и нитраты, которые могут накапливаться на месте своего возникновения. Таково происхождение из морских водо-

рослей природных залежей  $NaNO_3$  [14].

Азот атмосферы непосредственно недоступен для животных и большей части растений. Поэтому в круговороте этого элемента первостепенное значение имеет его биологическая фиксация [5].

Промышленное связывание азота для получения минеральных удобрений и других химических продуктов в настоящее время ведется в широком масштабе во многих странах, и число молей производимого безводного аммиака превосходит число молей любого другого получаемого соединения. Большая часть этого азота используется в виде удобрений, но вымывание избытка связанного азота может привести к цветению воды, а повышенная концентрация этого элемента в питьевой воде может представлять угрозу для здоровья человека и животных. Тем не менее нет сомнения в том, что эффективное сельское хозяйство, необходимое для поддержания современного населения мира, не может существовать без разумного применения минеральных азотных удобрений. Высказывались также опасения, что повышающийся уровень  $N_2O$ , сопровождающий денитрификацию, может постепенно истощить озоновый слой стратосферы. Однако эта проблема требует уточнения [2].

Еще в 1905 г. Д.И. Менделеев в учебнике «*Основы химии*» писал: «Хотя деятельнейшую, т. е. наиболее легко и часто химически действующую часть окружающего нас воздуха, составляет кислород, но наибольшую массу его, судя как по объему, так и по весу, образует азот; а именно газообразный азот составляет более 3/4, хотя и менее 4/5 объема воздуха [8]. А так как азот лишь немногим легче кислорода, то весовое содержание азота в воздухе составляет около 3/4 всей его массы. Входя в таком значительном количестве в состав воздуха, азот, по-видимому, не играет особо видной роли в атмосфере, химическое действие которой определяется преимущественно содержанием в ней кислорода. Но правильное представление об азоте получается только тогда, когда узнаем, что в чистом кислороде животные не могут долго жить, даже умирают, и что азот воздуха, хотя лишь медленно и мало-помалу, образует разнообразные соединения, часть которых играет важнейшую роль в природе, особенно в жизни организмов. Растения, а особенно животные, нуждаясь в свободном, газообразном кислороде, немислимы без питания азотистыми соединениями, потому что в их теле азотистые соединения составляют самую деятельную, в химическом смысле, составную часть. Однако ни растения (говоря вообще), ни животные прямо не поглощают газообразного азота воздуха, а берут его из готовых азотистых соединений, притом растения питаются азотистыми веществами почвы и воды, а животные азотистыми веществами, содержащимися в растениях или в других животных. Атмосферное электричество способно



содействовать переходу газообразного азота в азотистые соединения, а происшедшие вещества с дождями вносятся в почву для питания растений. Обильная жатва, хороший укос и сильный прирост деревьев, при прочих равных условиях, наблюдаются только тогда, когда в почве уже есть готовые азотистые соединения, состоящие из тех, которые находятся в воздухе и в воде, или из остатков разрушения других растений или животных (например, в навозе). Азотистые вещества, заключающиеся в животных, ведут свое начало от тех веществ, которые образовались в растениях. Таким образом, началом для всех азотистых веществ, находящихся в животных и растениях, служит азот воздуха, но не прямо, а перешедши предварительно в соединение с другими элементами воздуха.

Азотные же соединения, входящие в состав растений и животных, имеют в них первостепенное значение: ни одной растительной или животной клетки, т.е. элементарной формы организма, не существует без содержания в ней азотистого вещества; жизнь организма, прежде всего, проявляется в этих азотистых веществах. В зародыше, в семенах и в тех частях, которыми клетки размножаются, избылируют азотистые вещества: совокупность явлений, которые свойственны организмам, очень явно и тесно связана с химическими свойствами легко изменяющихся сложных (белковых) азотистых веществ, которые входят в их состав». Вот так красочно и ёмко охарактеризовал азот великий химик Д.И. Менделеев.

Примерно  $3,9 \cdot 10^{15}$  т азота находится в атмосфере,  $4 \cdot 10^{14}$  в осадочных породах и  $1,4 \cdot 10^{17}$  в земной коре (рис. 1) [3, 4]. Запасы его в биосфере и количества, перетекающие за год из одного резервуара в другой, можно указать лишь весьма приблизительно. Из всех приведенных на этой схеме цифр только две точны: запас азота в атмосфере и количество азота, ежегодно фиксируемое химической промышленностью. Совпадение остальных цифр – не результат их точности, а в основном лишь результат усилий автора сохранить баланс между всеми резервуарами. Истинные величины атмосферной фиксации, а также биологической фиксации в океане могут отличаться от указанных здесь на целый порядок.

Из-за интенсивного использования минеральных азотных удобрений в сельском хозяйстве количество азота, доступного для растений, может значительно превышать количество свободного азота, возвращаемого в атмосферу почвенными бактериями-денитрификаторами. Часть этого избыточного фиксированного азота в конце концов смывается в Мировой океан, но в цифру, указанную на схеме для речного стока, это количество не включено. Количество азота, ежегодно высвобождаемое денитрификаторами в океане, также оценено очень приближенно (оценка сделана исходя из предпо-

ложения, что круговорот азота до вмешательства человека был сбалансированным). Оценки часто различаются в 3-4 раза [4].

Согласно геохимической теории F.J. Stevenson, азот атмосферы первоначально находился в виде соединений аммония и нитридов соединений азота с другими элементами в недрах Земли [18]. По мере разогревания планеты азот выделялся в атмосферу большей частью в форме аммиака. Когда концентрация кислорода в атмосфере возросла за счет фотосинтеза, аммиак стал окисляться до элементарного азота. Хотя почти 78,09 % атмосферных газов по объему приходится на азот, его общее содержание в атмосфере составляет всего 2 % от всего планетарного азота. Почти весь остальной азот находится в горных породах, хотя относительное содержание в них элемента крайне невелико. По сравнению с материнскими породами почвы сильно обогащены азотом, но, тем не менее, содержание его в почвах составляет лишь незначительную часть общего количества элемента на Земле. Основная масса азота почвы входит в состав органических соединений и, по-видимому, накапливалась в них из элементарного азота атмосферы в результате процессов его фиксации.

Главным поставщиком азота в биосферу являются недра Земли, основным накопителем – атмосфера, точнее – тропосфера. В свою очередь состав атмосферного газа непрерывно обновляется благодаря циклическим процессам массообмена, связывающим атмосферу с Мировой сушей, педосферой, океаном и его осадками. Круговорот азота охватывает все области биосферы. Хотя запасы его в атмосфере практически неисчерпаемы, высшие растения могут усваивать этот элемент лишь в связанной форме, т.е. после того, как он соединится с водородом ( $\text{NH}_4^+$ ) или кислородом ( $\text{NO}_3^-$ ).

По данным Дж. Кука и А.В. Петербургского распределение азота в природе характеризуется следующими цифрами (в тоннах): в атмосфере  $3,78 \cdot 10^{15}$ , в осадочных породах  $4,06 \cdot 10^{18}$ , в первичных изверженных породах  $16,25 \cdot 10^{10}$ , в океане  $2,02 \cdot 10^{13}$ , в почвах  $15,24 \cdot 10^{10}$ , в растительности  $1,1 \cdot 10^9$ , в животном мире  $6,09 \cdot 10^7$ , в залежах каменного угля  $12,2 \cdot 10^{10}$ , в природных залежах селитры  $1 \cdot 10^8$  т; кроме того, азот имеется еще в залежах торфа, но они учтены как почвенные (рис. 1) [7, 9].

Ежегодно биотическое сообщество биосферы связывает около 10 млрд т азота, определенную часть этого количества фиксируют микроорганизмы. Причем микроорганизмы усваивают молекулярный азот [1, 13]. Фиксировать молекулярный азот атмосферы или воды океана способны: 1) свободно живущие бактерии *Azotobacter chr.* и *Clostridium past.*; 2) симбиотические клубеньковые бактерии бобовых растений (*Rhizobium*); 3) цианобактерии (*Anabaena*, *Nostok* и другие микроор-

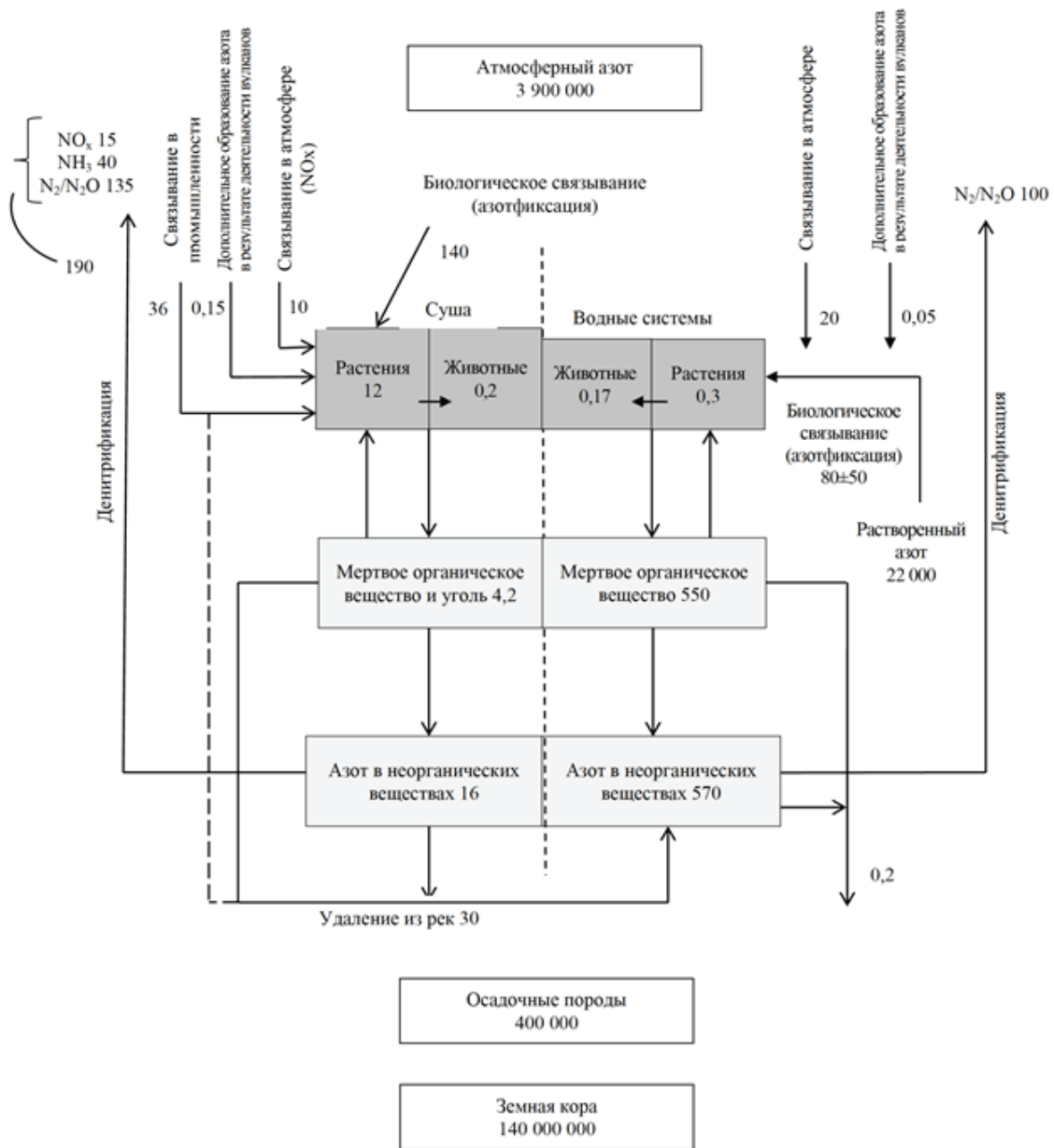


Рисунок 1. Содержание азота в различных резервуарах Земли и его круговорот в биосфере

ганизмы из порядка *Nostokales*). Цианобактерии могут фиксировать молекулярный азот как самостоятельно, так и в симбиозе с грибами (лишайники). Так, у водного папоротника (*Azolla*) имеются микроскопические поры, которые наполнены симбиотическими цианобактериями (сине-зелеными водорослями *Anabaena*). Усваивать молекулярный азот могут и почвенные бактерии *Pseudomonas*, пурпурные *Phodospirillum* и другие представители фотосинтезирующих микроорганизмов. Обладают способностью к фиксации молекулярного азота и актиномицеты, находящиеся в клубеньках на корнях ольхи. Клубеньки, вызываемые актиномицетами на корнях, обнаружены у 160 видов двудольных

растений [15].

В последние годы в связи с разработкой высокочувствительных методов определения азота выделилось новое направление в проблеме биологического азота – фиксация его специфической группой микроорганизмов-дiazотрофов, обитающих в ассоциации с корневой системой небобовых (в основном злаковых) растений. Накопленный по этому вопросу материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Активными азотфиксаторами, обитающими в ассоциации с корневой системой злаковых растений, являются около 50 видов бактерий, принадлежащих к 12 семействам.

2. Особое внимание при изучении ассоциативной азотфиксации обращено на микроорганизмы, относящиеся к роду азоспирилл.

3. По своим физиологическим свойствам ризосферные азотфиксаторы весьма неоднородны: развитие их и активное усвоение азота идет в достаточно широком интервале реакции среды, температуры, влажности. Большинство микроорганизмов относится к чистым анаэробам или микроаэрофилам, хорошо развивается при низком содержании минерального азота в почвенном растворе.

Организмы, способные к фиксации молекулярного азота, имеют фермент нитрогеназу, которая катализирует расщепление молекулы  $N_2$ . Активный центр этого энзима состоит из двух компонентов: белка, в состав которого входят молибден, железо, и сера – молибдоферредоксина и белка, содержащего железо и серу – азоферредоксина. Для связывания молекулярного азота необходимы АТФ, катион магния и поток электронов, которые могут быть получены в процессе фотосинтеза, дыхания и брожения. Фиксация азота микроорганизмами требует больших затрат энергии, необходимой для разрыва тройной связи в молекуле азота (225 ккал/моль), а также для соединения атомов азота и водорода. Клубеньковые бактерии бобовых растений для фиксации 1 г азота атмосферы расходуют 10 г глюкозы ( $1,67 \cdot 10^5$  Дж), которую поставляет им растение-хозяин. Поэтому эффективность симбиотической азотфиксации выше фиксации свободноживущими микроорганизмами [6].

Каждому виду бобовых растений присущи свои симбиотические клубеньковые бактерии. Микроорганизмы проникают в ткани корневой системы

своих растений-хозяев через корешки и вызывают образование клубеньков при быстром нарастании паренхимной ткани. Они живут в симбиозе с клетками последней. Растение снабжает их углеводами, а они поставляют растению азот в связанной форме, который синтезируют из молекулярного азота атмосферы. Азотфиксирующие бактерии обогащают азотом не только растения (что объясняет высокое содержание протеина в бобовых растениях), но и почву, так как часть нитратной формы азота диффундируют на уровне ризосферы. К тому же, когда растения отмирают, клубеньки разлагаются и оставляют в почве значительное количество азота органических соединений [10].

Кроме указанных процессов азотфиксации в атмосфере возможно образование оксидов азота при электрических грозовых разрядах. Эти оксиды за тем в форме селитры или азотной кислоты при смешивании с атмосферными осадками попадают в почву. Имеет место и фотохимическая фиксация азота [16].

За последние 100-150 лет человек вмешивается в устоявшийся в природе круговорот азота, выращивая на обширных площадях бобовые культуры и связывая его искусственно в промышленных масштабах. За год эти два дополнительных источника дают примерно на 10-15 % больше фиксированного азота, чем производили наземные экосистемы до зарождения земледелия. Среднегодовое поступление нитратного азота абиотического происхождения при осаднении из атмосферы в почву составляет 8-10 кг/га, свободноживущие бактерии фиксируют 20-25 кг/га, в то время как симбиотические клубеньковые бактерии бобовых растений продуцируют в среднем 200 кг/га.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башкин, В.Н. Агрогеохимия азота / В.Н. Башкин. – Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987. – 270 с.
2. Гамзиков, Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: НовосибГАУ, 2013. – 790 с.
3. Гринвуд, Н. Химия элементов. Т.1. / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 607 с.
4. Делвич, К. Круговорот азота / К. Делвич // Биосфера. – М.: Мир, 1972. С. 105-119.
5. Завалин, А.А. Азот в агроecosистеме на черноземных почвах / А.А. Завалин, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева. – М.: РАН, 2018. – 180 с.
6. Кретович, В.С. Обмен азота в растениях / В.С. Кретович. – М.: Наука, 1972. – 527 с.
7. Кук, Дж. Регулирование плодородия почвы / Дж. Кук. – М.: Колос, 1970. – 520 с.
8. Менделеев, Д.И. Основы химии / Д.И. Менделеев. Т.1. – М.-Л.: Госхимтехиздат, 1932 – 488 с. (С. 93-94).
9. Петербургский, А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 168 с.
10. Посыпанов, Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка / Г.С. Посыпанов. – М.: ТСХА, 2015. – 251 с.
11. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. Избранные сочинения Т.2. – М.: Сельхозиздат, 1953. – С. 7-168.
12. Трифонов, Д.Н. Как были открыты химические элементы / Д.Н. Трифонов, В.Д. Трифонов. – М.: Просвещение, 1980. – 224 с.
13. Федоров, М.В. Биологическая фиксация азота атмосферы / М.В. Федоров. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 671 с.
14. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 4. Фундаментальная агрохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ. – 2016. – 529 с.
15. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 6. Экологическая агрохимия / А.Х. Шеуджен, Н.И. Аканова, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2018. – 576 с.
16. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
17. Эмсли, Дж. Элементы / Дж. Эмсли. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
18. Stevenson, F.J. Agronomy. - 1965. - Vol. 10. - P. 1 - 42.

## REFERENCES

1. Bashkin, V.N. Agrogeochemistry of nitrogen / V.N. Bashkin. – Puschino: ONTI NCBI of the USSR Academy of Sciences, 1987. – 270 p.
2. Gamzikov, G.P. Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses / G.P. Gamzikov. – Novosibirsk: NovosSAU, 2013. – 790 p.
3. Greenwood, N. Chemistry of elements. V.1. / N. Greenwood, A. Earnshaw. – М.: BINOM. Laboratory of knowledge, 2011. – 607 p.
4. Delvich, K. Nitrogen cycle / K. Delvich / Biosphere – М.: Mir, 1972. – P. 105-119.
5. Zavalin, A.A. Nitrogen in the agro-system on chernozem soils / A.A. Zavalin, O.A. Sokolov, N.Ya. Shmyreva. – М.: RAS, 2018. – 180 p.
6. Kretovich, V.S. Nitrogen exchange in plants / V.S. Kretovich. – М.: Nauka, 1972. – 527 p.
7. Cook, J. Regulation of soil fertility / J. Cook. – М.: Kolos, 1970. – 520 p.
8. Mendeleev, D.I. Bases of chemistry / D.I. Mendeleev. V.1. – М.-Л.: Goskhimtechizdat, 1932 – 488 p. (P. 93-94).
9. Peterburgsky, A.V. Circulation and balance of nutrients in agriculture/ A.V. Peterburgsky. – М.: Nauka, 1979. – 168 p.
10. Posypanov, G.S. Biological nitrogen. Problems of environment and plant protein / G.S. Posypanov. – М.: Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2015. – 251 p.
11. Pryanishnikov, D.N. Nitrogen in the life of plants and agriculture of USSR // Selected works V.2. – М.: Selkhozizdat, 1953. – P. 7-168.
12. Trifinov, D.N. How the chemical elements were discovered / D.N. Trifinov, V.D. Trifonov. – М.: Prosvetshenie, 1980. – 224 p.
13. Fedorov, M.V. Biological fixation of atmospheric nitrogen / M.V. Fedorov. – М.: Selkhozgiz, 1952. – 671 p.
14. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry. Part 4. Fundamental agrochemistry / A.Kh. Sheudzhen. – Krasnodar: KubSAU, 2016. – 529 p.
15. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry. Part 6. Ecological agrochemistry / A.Kh. Sheudzhen, N.I. Akanova, T.N. Bondareva. – Maykop: «Polygraph-YUG», 2018. – 576 p.
16. Sheudzhen, A.Kh. Biogeochemistry / A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2003. – 1028 p.
17. Emsley, J. Elements / J. Emsley. – М.: Mir, 1993. – 256 p.
18. Stevenson, F.J. Agronomy. - 1965. - Vol. 10. - P. 1 - 42

**Асхад Хазретович Шеуджен**

Заведующий отделом прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса», зав. кафедрой агрохимии Кубанского ГАУ  
E-mail: a\_kh\_sheudjen@mail.ru

**Askhad Khazretovich Sheudzen**

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

**Максим Андреевич Перепелин**

Младший научный сотрудник отдела прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса», аспирант Кубанского ГАУ  
E-mail: maxim.perepelin@mail.ru

**Maksim Andreevich Perepelin,**

Junior scientist of precise technologies department, FSBSI Federal Scientific Rice Centre  
Post-graduate student, KubSAU  
E-mail: maxim.perepelin@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3  
E-mail: arrri\_cub@mail.ru

FSBSI Federal Scientific Rice Centre

Belozerniy,3 Krasnodar, 350921, Russia  
E-mail: arrri\_cub@mail.ru

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

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

**ДУШЕВНАЯ ПОВЕСТЬ О СВОИХ УЧИТЕЛЯХ**

*Он воискрил в душах людей  
Воспоминаяем всесторонним  
Светлую память всех учителей  
Словом душевным, благородным!*

Асхад Хазретович Шеуджен вновь порадовал читателей своих творений новой объемной (341 с.) книгой «Частицы их знаний искрятся в каждом из нас», в которой с помощью своей зачетной книжки и официальных характеристик осветил вклад всех (122) преподавателей 41-й кафедры в обучении студентов агрономического факультета 1972-1977 гг., когда он приобщался к высшим знаниям. Начиная с общественных и общеобразовательных дисциплин, более обстоятельно изложив агрономические и близкие к ним сельскохозяйственные направления и заканчивая кафедрой физического воспитания, он охарактеризовал всех профессоров, доцентов, ассистентов, старших преподавателей, принявших участие в его обучении, воспитании и приобщении к научному поиску.

Весьма пояснительным фактом является освещение им и сторон возникновения (создания), становления и развития всех кафедр с перечислением всех заведующих ими ученых.

Во введении А.Х. Шеуджен так охарактеризовал великую роль своих учителей: «Учитель... Как много значит это слово в нашей жизни!... С высоты прожитых лет низко кланяюсь им и говорю слова искренней благодарности за науку и воспитание».

А.Х. Шеуджен начал перечень своих учителей с великого ученого и многолетнего ректора КубСХИ, внесшего огромный вклад в развитие науки и аграрного образования академика Ивана Тимофеевича Трубилина. Осветив его большие заслуги и добрые личностные человеческие качества отмечает, что «наследие Его никогда не померкнет и высокопоставленные имена, посеянные этим великим селекционером добрых душ дают и будут еще долго давать обильные полновесные всходы на благо родной Кубани, на благо нашей Родины».

Особенно душевно и похвально А.Х. Шеуджен высветил роль и личности великих ученых Кубани – Ивана Сергеевича Косенко, Ефима Саввича

Блажного, Евгения Павловича Алешина, Александра Ивановича Симакина, Евгения Борисовича Величко, Авраама Павловича Джулая, Якова Васильевича Губанова, Афанасия Фомича Бучинского, Павла Ивановича Викторова, Григория Степановича Гикало, Нуха Ахмедовича Тхагушева, Абрама Ивановича Гукасова, Владимира Харитоновича Зубенко, Александра Андреевича Семенова, Виктора Васильевича Ерошкина и других профессоров и докторов наук в своих отраслях знаний.

А.Х. Шеуджен душевно и благодарственно, биографично с фотографиями и выдержками из характеристик освещает вклад всех доцентов, старших преподавателей, ассистентов, которые доносили «искры своих знаний» студентам агрофака КубГАУ, обучавшихся в 1972-1977 гг. вместе с автором этой книги.

Завершает список учителей своих описанием биографии старшего преподавателя кафедры физического воспитания Алексея Григорьевича Жувака, проработавшего полвека преподавателем и тренером в КубГАУ, характеризуя его: «Алексей Григорьевич был талантливым воспитателем, рожденным преподавателем и вообще заслуживает глубокого уважения. Он обладал лучшими человеческими качествами, чего не купишь ни за какие деньги». Аналогичную оценку заслуживают и многие другие учителя Асхада Хазретовича Шеуджена и его одноклассников.

Огромное спасибо автору за такую ценную историческую, полезную, добрую, душевную, воспитательную «искру знаний» о своих учителях, «сеющих доброе вечное» в души своих учеников, ярким подтверждением чему является и кипучая плодотворная, многосторонняя, неутомимая деятельность великого современного ученого академика Асхада Хазретовича Шеуджена, раздувшего «искру знаний» учителей в солнцесиятельное пламя своих научных достижений, излучающих добрый свет.

*Своих учителей мы чтим  
И вспоминаем с благим умиленьем.  
«Учитель! Перед именем твоим  
Невольно становлюсь я на колени».*

В.Ф. Баранов,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
18.05.2021 г.

**ДАР УЧЕНОГО. ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ДЗЮБА**

*Кто оказал благодеяние, должен молчать;  
рассказывать о нем должен тот, кто его получил.  
(Л.А. Сенека)*

Традиции меценатства и дарения книг библиотеке существовали столетиями и продолжают в наши дни. Одним из источников пополнения фондов является дарение документов. Библиотеки обладают огромным ресурсом и возможностями использовать его на благо общества. Поэтому, дарение можно рассматривать, прежде всего, как инвестирование в знания, в развитие человека. Участие в подобных акциях становится признаком приверженности к общественно-значимым ценностям. Традиции дарения продолжают и сейчас. Это безусловно вызывает чувство глубокого уважения, наполняют душу добрым светом и сердечным теплом. Эти люди обладают редким для современного времени качеством, чертой характера – они умеют отдавать, дарить – безвозмездно, бесplatно...

Одним из таких дарителей является один из старейших сотрудников ФГБНУ «ФНЦ риса» заслуженный деятель науки Кубани - Владимир Алексеевич Дзюба.

Сфера научных интересов ученого - исследования по изучению наследования хозяйственно-ценных признаков у риса.

Владимир Алексеевич пришел сюда в 1970 году кандидатом наук, сейчас доктор, профессор. Многие годы он посвятил изучению теоретических и практических вопросов выращивания риса – важнейшей культуры, возделываемой на Кубани. С его участием созданы сорта Старт, Лиман, Апрельский, Славянец, которые занимали значительные посевные площади в Краснодарском крае. Несмотря на почтенный возраст, Владимир Алексеевич активно занимается воспитанием молодежи и способствует становлению многих молодых ученых нашего центра. Под его руководством подготовлено 25 кандидатов наук. Он является автором более 150 научных работ, в том числе монографий «Ге-

нетика риса», «Теоретическое и прикладное растениеводство: на примере пшеницы, ячменя и риса».

Владимир Алексеевич на протяжении всей своей научной деятельности собрал ценнейшую личную библиотеку, которую недавно передал в фонд научно-технической библиотеки ФГБНУ «ФНЦ риса».

Благодаря такому дару, фонд библиотеки пополнился более чем на 300 экземпляров документов. Среди них уникальное собрание отечественных и зарубежных научных изданий на нескольких языках мира в том числе и с дарственными надписями авторов. Также значительную часть подаренной библиотечной коллекции составляют монографии, авторефераты диссертаций, учебные и справочные издания и производственная литература по отраслевому направлению, обзорные работы, справочники, словари. Представлены материалы научно-практических конференций, бюллетени научно-технической информации, сборники статей и профильные журналы.

Все это наследие теперь принадлежит молодым ученым, которые занимаются научно-исследовательской деятельностью, и может стать мощным подспорьем в их достижениях.

Владимир Алексеевич пожелал, чтобы его пример стал доброй традицией для всех ученых. Именно всех дарителей войдут в историю библиотеки. Все подаренные издания будут бережно храниться в фонде, а на титульных листах любой читатель сможет увидеть имя подарившего книгу.

Любовь Владимировна Есаулова  
Ученый секретарь ФГБНУ «ФНЦ риса»

Наталья Юрьевна Рыжкова  
Заведующая научно-технической библиотекой  
ФГБНУ «ФНЦ риса»



## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ АВТОРСКИХ ОРИГИНАЛОВ

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

### Структура статьи

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

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

В случае необходимости перевод редактируется или осуществляется редакцией журнала.

### Форматирование текста

Пожалуйста, избегайте собственного форматирования. Окончательное форматирование осуществляется редакцией.

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

### Оформление ссылок и списка литературы

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

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

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

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

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

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



## FORMATTING REQUIREMENTS

Preparing the manuscript

Editorial address

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

### **Languages**

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

### **File format**

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

### **Manuscript materials should be ordered as follows:**

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

### **Basic formatting**

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

### **Bibliographical references**

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

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

Some examples of references are given below.

- |                      |   |
|----------------------|---|
| Books and monographs | Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia / edited by R. B. Matthews, M. J. Kroppf, D. Bachelet, H. H. van Laar. – Wallingford: CAB INTERNATIONAL. – 289 p.<br>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: <a href="http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2011.67.74">http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2011.67.74</a> (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 29.12.2021  
Формат 60\*84/8  
Бумага офсетная  
Усл. печатн. листов 12,5  
Заказ № 1584. Тираж 500 экз.

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