

РИСОВОДСТВО

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

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

Издаётся с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

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

Главный редактор

С. В. ГАРКУША (ФНЦ риса),

д-р с.-х. наук, профессор

Заместитель главного редактора

В. С. КОВАЛЕВ (ФНЦ риса),

д-р с.-х. наук, профессор

Научный редактор

Н. Г. ТУМАНЬЯН (ФНЦ риса)

д-р биол. наук, профессор

Редакционная коллегия

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

Т. Ф. БОЧКО (КубГУ), канд. биол. наук

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

HAO 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 biology

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

Мельничук К.С., Гученко С.С., Ромашова М.В., Илюшко М.В.

Оценка продуктивности удвоенных гаплоидов риса, отобранных в ходе маркер-ориентированной селекции на устойчивость к пирикулярриозу 6

Е.Г. Савенко, Ж.М. Мухина, Т. Л. Коротенко, В.А. Глазырина, Л.А. Шундрин

Оптимизация технологии экспериментальной гаплоидии риса применительно к генотипам с окрашенным перикарпом 12

Н.Г. Туманьян, Ж.М. Мухина, Э.Ю. Папулова

Источники ценных признаков качества зерна в селекции цветных сортов риса. Амилографические характеристики крахмала 21

С.С. Чижикова, Т.Б. Кумейко, О.А. Маскаленко, Н.Г. Туманьян

Оценка сортов риса по технологическим признакам качества в связи с расположением зерновок в метелке 27

С. В. Кизинек, В. В. Тараненко, В. С. Белоусов, Р. С.Шарифуллин

Испытание сорговых культур в условиях рисового севооборота 34

И.Е. Белоусов

Влияние азотного питания и некорневых подкормок на потребление азота сортами риса, различающимися по отзывчивости на уровень минерального питания 38

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

Влияние макроудобрений на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность ячменя озимого при выращивании в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края 46

Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Дегтярева В.П., Хачмамук П.Н., Есипенко С.В., Перепелин М.А.

Потребление биогенных элементов растениями и вынос их урожаем риса при внесении навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации 55

СОДЕРЖАНИЕ

Лукачева Н.Г., Костюк А.В.

Изучение эффективности гербицида Ристайл, МД на посевах риса в приморском крае 62

М.А. Скаженник, В.Н. Чижилов, А.В. Шевченко, Ю.Д. Воробьев, Т.С. Пшеницына

Мониторинг рисовой оросительной системы с использованием геоинформационных систем 67

М.И. Чеботарев, И.В. Масиенко, С.Ю. Шевченко, А.В. Василенко

Влияние вынужденных колебаний рабочих органов почвообрабатывающей машины на безотвальную обработку почвы в рисовых чеках 77

Г.В. Пищулин

Разработка технологических элементов семеноводства лущильной фасоли сорта снежана селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» 83

В.Н. Чижилов, И.В. Козлова

Эффективность некорневой подкормки комплексными удобрениями на посадках томата 90

С.В. Королева, О.Г. Пистун, Н.В. Полякова

Лежкость гибридов белокочанной капусты в контролируемых условиях при повышенной температуре 95

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

K.S. Melnichuk, S.S. Guchenko, M.V. Romashova, M.V. Ilyushko Evaluation of rice doubled haploids productivity in the course of marker-assisted selection for blast resistance	6
E. G. Savenko, Z. M. Mukhina, T. L. Korotenko, V. A. Glazyrina, L. A. Shundrina Optimization of experimental rice haploidy technology in relation to genotypes of rice with colored pericar	13
N. G. Tumanyan, Z. M. Mukhina, E. Y. Papulova Sources of valuable signs of grain quality in the selection of colored rice varieties. amylographic characteristics of starch	21
S. S. Chizhikova, T. B. Kumeiko, O. A. Moskalenko, N. G. Tumanyan Evaluation of rice varieties by technological quality characteristics in connection with the location of grains in the panicle	27
S. V. Kizinek, V. V. Taranenko, V. S. Belousov, R. S. Sharifullin	34
I.Y. Belousov Impact of nitrogen nutrition and foliar application on nitrogen consumption by rice varieties different in responsiveness on mineral nutrition level	38
A. K. Sheudzen, S. S. Kovalev, T. N. Bondareva, M. A. Osipov The effect of macrofertilizers on the nutrient regime of leached chernozem and the yield of winter barley when grown in the central agroclimatic zone of the Krasnodar territory	46
A. K. Sheudzen, O.A.Gutorova, T.N.Bondareva, K. D. Hurum, V. P. Degtyareva, P. N. Khachmamuk, S. V. Esipenko, M. A. Perepelin Consumption of nutritional elements by plants and removal of their rice by their yield when applying slurry modified with nitrification inhibitor	55

TABLE OF CONTENTS

N.G. Lukacheva, A.V. Kostyuk Study of the effectiveness of the herbicide Ristail, MD on rice crops in the primorsky	62
M. A. Skazhennik, V. N. Chizhikov, T. S. Pshenitsyna, A. V. Shevchenko, Y. D. Vorobyov Monitoring rice irrigation system based on precision farming	67
M.I. Chebotarev, I.V. Masienko, S.Y. Shevchenko, A.V. Vasilenko Influence of forced fluctuations of the tillage machine on non-tillage tillage in rice checks	77
G. V. Pishchulin Development of technological elements of seed production of shelled beans of the snezhana variete of selection of the Federal state budgetary scientific institution «FSC OF RICE»	83
V. N. Chizhikov, I. V. Kozlova Efficiency of root feeding with complex fertilizers on planting tomato	90
S. V. Koroleva, O. G. Pistun, N. V. Polyakova Storability of white cabbage hybrids under controlled conditions at increased temperature	95

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-6-11
УДК: 633.18:631.524.86:632.4:577.2

Мельничук К.С.,
Гученко С.С.,
Ромашова М.В., канд. с.-х. наук,
Илюшко М.В., канд. биол. наук
г. Уссурийск, Россия

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ УДВОЕННЫХ ГАПЛОИДОВ РИСА, ОТОБРАННЫХ В ХОДЕ МАРКЕР-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПИРИКУЛЯРИОЗУ

В связи с агроклиматическими условиями на Дальнем Востоке нашей страны возможно возделывание сортов риса только собственной селекции. Выведение устойчивых сортов риса и их внедрение в производство является эффективным способом борьбы с пирикулярриозом. Целью исследования явилось оценить продуктивность линий удвоенных гаплоидов риса *O. sativa*, полученных из гибридов, обладающих пирамидой генов устойчивости к пирикулярриозу. С помощью молекулярных маркеров проведен анализ 399 удвоенных гаплоидов (DH_n), полученных в андрогенезе *in vitro* гибридов риса *F1 Oryza sativa L.*, по генам устойчивости к пирикулярриозу. Отобраны неосыпающиеся, безостые линии DH_n с хорошо выполненной зерновкой, обладающие двумя-тремя аллелями устойчивости в количестве 43 шт. Для оценки продуктивности удвоенные гаплоиды выращивали в условиях вегетационной площадки в пластиковых емкостях размером 1,54 м² наполненных почвой. Анализ биометрических данных первого года исследований показал, что для дальнейшей работы представляют интерес 13 линий удвоенных гаплоидов. Продуктивность метелок и растений находилась на уровне контроля, лишь одна линия DH_n превышала контроль по массе зерна растения. По числу колосков и числу зерен главной метелки они были на уровне или ниже контрольных значений. Как следствие, на восьми линиях, полученных с гибридов, сформировались выполненные зерновки с очень высокой массой 1000 зерен. Маркер-ориентированная селекция позволила сократить в 10 раз долю удвоенных гаплоидов, передаваемых на испытания в естественные условия для оценки их продуктивности.

Ключевые слова: *Oryza sativa*, удвоенные гаплоиды, маркер-ориентированная селекция, гены устойчивости к пирикулярриозу

EVALUATION OF RICE DOUBLED HAPLOIDS PRODUCTIVITY IN THE COURSE OF MARKER-ASSTED SELECTION FOR BLAST RESISTANCE

Due to the agroclimatic conditions of cultivation in the Far East of our country, it is possible to cultivate rice varieties only of its own selection. The development of resistant rice varieties and their introduction into production is an effective way to combat pyriculariasis. The aim of the study was to evaluate the productivity of lines of doubled *O. sativa* rice haploids obtained from hybrids with a pyramid of pyriculariasis resistance genes. Using molecular markers, 399 doubled haploids (DH_n) obtained *in vitro* androgenesis of *F1 Oryza sativa L.* rice hybrids were analyzed for blast resistance genes. Nonshattering, awnless lines DH_n with a well-filled caryopsis were selected in the amount of 43 pcs, possessing two or three alleles of resistance to *Pyricularia oryzae*. To assess productivity, doubled haploids were grown in a growing area in plastic containers filled with soil 1.54 m² in size. Analysis of biometric data of first year showed that 13 doubled haploids lines are of interest for further work. The productivity of the panicle and plant is at the control level, only one DH_n line exceeds the control in terms of the plant grain weight. According to the number of spikelets and the number of grains of the main panicle, they are at the control level or lower than the control values; as a result, a completed eight caryopsis with a very high mass of 1000 grains was formed. Marker-based selection can reduce by 10 times the proportion of doubled haploids transferred for testing in natural conditions to assess their productivity.

Key words: *Oryza sativa*, doubled haploids, marker-assisted selection, resistance genes to *Pyricularia oryzae*

Введение

Рис посевной *Oryza sativa* L. – основная продовольственная культура половины населения земного шара. По площади посева и урожайности он занимает второе место в мировом земледелии, его высевают на всех континентах [12, 20]. Рис – исключительная культура, на Дальнем Востоке нашей страны возможно возделывание только сортов собственной селекции в связи с агро-климатическими условиями [2]. Сорта юга России сильно отличаются продолжительностью вегетационного периода, а ближайшие зарубежные регионы (КНР и КНДР) используют рассадную технологию и соответствующие им сорта [16]. Поэтому для поддержания рисоводства Приморского края необходимо продолжить селекцию собственных сортов [2].

Различные патогены приносят большие убытки при выращивании культуры. Самой вредоносной болезнью риса является – пирикулярриоз, вызываемый грибом *Pyricularia oryzae* Cav., который представляет собой серьезную угрозу для мировой продовольственной безопасности. Это заболевание присутствует во всех странах, где выращивают рис, и вызывает поражение листьев, междоузлий и метелок [17, 22]. Ежегодно в мире применяется для борьбы с пирикулярриозом 20-30 тыс. тонн фунгицидов, в том числе 220-380 тонн – в России. Проводятся химические обработки, что оказывает неблагоприятное влияние на среду обитания [11]. В Дальневосточной зоне рисосеяния периодические эпифитотии пирикулярриоза приводили к значительным потерям урожая. Очаговые поражения посевов наблюдаются практически каждый год, это свидетельствует о постоянном сохранении, а также накоплении инфекции в природе, чему способствует высокая влажность воздуха и значительный перепад ночных и дневных температур [9, 10]. Исследования показали, что в дальневосточном регионе нет иммунных сортов, которые абсолютно устойчивы ко всем расам возбудителя пирикулярриоза [3, 10]. Старые сорта при длительном возделывании теряют устойчивость к возбудителю, независимо от изменения состава популяции патогена [5].

Выращивание сортов, устойчивых к различным болезням, представляет собой перспективный способ защиты риса без применения химикатов. Выведение таких сортов и их внедрение в сельское хозяйство, в настоящее время является самым эффективным способом для борьбы с пирикулярриозом [22]. Однако многолетние исследования доказали то, что создание устойчивых сортов к патогенам – это одно из самых сложных направлений в селекции. Причиной этому служит приспособляемость, большие способности к размножению и огромный спектр вариативности гриба *P. oryzae* [4].

Линии, которые совмещают в себе два и более гена устойчивости повышают уровень устойчи-

вости к пирикулярриозу. Поэтому в сельскохозяйственном производстве возделывают болезнестойчивые сорта, которые совмещают в одном генотипе несколько генов, каждый из которых повышает устойчивость к данной болезни [11, 19].

Приморскими селекционерами выведен ряд сортов, в которых идентифицированы гены устойчивости к пирикулярриозу, в одном из них – сорте Садко – детектировано два гена устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-ta и Pi-(z)t [7].

Цель исследований

Оценить продуктивность линий удвоенных гаплоидов риса *O. sativa*, полученных из гибридов, обладающих пирамидой генов устойчивости к пирикулярриозу.

Материалы и методы

Для получения удвоенных гаплоидов в культуру *in vitro* введены пыльники 16 гибридов F₁ (14 гибридных комбинаций) риса *Oryza sativa* L.: Алмаз×Магнат (А×М), Долинный×Магнат (Д×М), Дубрава×Виола (Дб×В), Рассвет×Окси 2х (Р×О), Дубрава×Атлант (Дб×А), Ханкайский 52 ×242-01 (Х×242), Рассвет×(Окси 2х×Дарий 23) (Р×О×23) – 2 растения, Ханкайский 429×Долинный (Х×Д), Алмаз×[(Марателли 5А×Боярин)×Марателли 5А] (4Р) – 2 растения, 242-02×Рассвет (242×Р), Долинный×Атлант (Д×Ат), Луговой×Марателли 5А (Л×5А), (Окси×Дарий 23)×КТ-3 (О×23×КТ). Методика культивирования пыльников, каллусов и регенерантов приводилась ранее [8, 21]. Потомство одного растения регенеранта – это начало новой линии удвоенных гаплоидов (DH_n).

Наличие аллелей устойчивости к пирикулярриозу подтверждали в исходных гибридах и удвоенных гаплоидах, используя молекулярные маркеры. ДНК выделяли из свежих листьев солевым методом [17]. Концентрацию ДНК определяли в объеме 1 мкл на спектрофотометре «BioSpec-nano». Выявление наличия у растений аллелей устойчивости к пирикулярриозу проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Последовательности праймеров, концентрации амплификационной смеси приведены в работах разных авторов [6, 7]. Условия ПЦР для генов Pi-1 и Pi-2: начальная денатурация – 5 мин при 94 °С; 35 циклов: денатурация – 30 с при 94 °С, отжиг – 30 с при температуре 56 °С, элонгация – 35 с при 72 °С; заключительная элонгация – 3 мин при 72 °С. Условия ПЦР для генов Pi-z, Pi-b и Pi-ta: начальная денатурация – 1 мин при 96 °С; 35 циклов: денатурация – 15 с при 94 °С, отжиг – 30 с при температуре 60 °С, элонгация – 2 мин при 72 °С; заключительная элонгация – 5 мин при 72 °С. Продукты амплификации разделяли методом электрофореза в 1,4 %-ном агарозном геле на основе (×0,5) ТВЕ буфера и визуализировали в ультрафиолетовом свете с использованием системы геледокументации «BioRad», предварительно окрашивая 1 %-ным раствором бромистого этидия.

Удвоенные гаплоиды DH₁ выращивали в условиях вегетационной площадки в 2020 году в пластиковых емкостях, наполненных почвой размером 1,54 м². В каждой линии DH₁ было от трех до четырнадцати растений. В качестве контроля использовали районированный сорт Долинный. Опыты заложены по методике селекционных работ ФНЦ риса [14]. Учеты, наблюдения и оценка селекционного материала проведены согласно методике Госсортоиспытания [13]. Определяли биометри-

ческие показатели по основным элементам продуктивности. Массу 1000 зерен пересчитывали, исходя из числа зерен и массы главной метелки. Математическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы Statistica.

Результаты и обсуждение

В культуру *in vitro* введено 3088 пыльников. Из 16 гибридов только восемь образовали каллус с последующей регенерацией (табл. 1). Всего получено

Таблица 1. Молекулярно-генетическая оценка генов устойчивости к пирикулярриозу удвоенных гаплоидов риса *Oryza sativa* L., полученных в культуре пыльников *in vitro*

Исходный гибрид	Тестируемые гены	Общее число растений, шт.	Число растений с аллелями устойчивости генов устойчивости к пирикулярриозу, шт.		
			с двумя и более аллелями	с одним аллелем	без аллелей
Л × 5А	<i>Pi-z, Pi-ta</i>	60	9	32	19
Р × О × 23	<i>Pi-b</i>	24	0	5	19
4Р	<i>Pi-z, Pi-2</i>	163	1	118	44
242 × Р	<i>Pi-1, Pi-2</i>	64	4	26	34
Д × М	<i>Pi-1, Pi-ta</i>	20	18	2	0
Ал × М	<i>Pi-1, Pi-2</i>	23	5	10	8
Дб × В	<i>Pi-1, Pi-2, Pi-ta</i>	12	10	1	1
Х × 242	<i>Pi-2</i>	33	0	33	0

399 удвоенных гаплоидов, которые были проанализированы по генам устойчивости к пирикулярриозу риса. Из них 125 растений оказались без аллелей устойчивости к пирикулярриозу, и только 47 растений обладали пирамидой из двух-трех генов устойчивости. Для оценки продуктивности в условиях вегетационной площадки отобрали неосыпающиеся, безостые удвоенные гаплоиды с хорошо выполненной зерновкой, обладающие двумя-тремя аллелями устойчивости в количестве 43 линии. Для DH₁ гибрида Р×О×23 сделано исключение: в них выявлен только аллель устойчивости гена *Pi-ta*, и дополнительно с помощью молекулярных маркеров в исходном гибриде подтверждено наличие генов других хозяйственно ценных признаков (неопубликованные данные).

В условиях вегетационной площадки четыре линии погибли в период прорастания. Таким образом,

провели оценку продуктивности 39 линий удвоенных гаплоидов, полученных из семи гибридов, всего 430 растений. Как и в любой селекционной работе, конечный выход DH₁ с комбинацией селекционно-ценных признаков остается низким [1, 23]. Применение молекулярных маркеров позволило сократить на порядок объем высеваемых в почву линий.

Анализ биометрических данных показал, что большая часть DH₁ позднеспелые, как следствие, наблюдается значительная пустозерность и щуплость зерновки. Особенно это характерно для регенерантов, полученных от гибридов с участием сортов краснодарской и зерноградской селекции (Долинный×Магнат, Алмаз×Магнат, Дубрава×Виола). Для дальнейшей работы представляют интерес 13 линий удвоенных гаплоидов (табл. 2). Продуктивность метелок и растений отмечена на уровне

Таблица 2. Характеристика удвоенных гаплоидов риса *Oryza sativa* L., выделенных по показателям продуктивности

№ п/п	Исходный гибрид	Главная метелка				Масса зерна с растения, г	Масса 1000 зерен, г
		число колосков, шт.	число зерен, шт.	фертильность, %	масса зерна, г		
1	Долинный (контроль)	74,5	62,6	83,9	1,9	3,4	30,6
2	Дб × В	87,2*	61,6	70,5*	1,8	2,7	29,1
3	242 × Р	83,7	72,3	85,7	2,4	4,1	34,0
4	242 × Р	63,7	54,4	83,7	1,8	4,3	34,5
5	Р × О × 23	58,2*	49,7*	85,0	1,7	4,4	33,6
6	Р × О × 23	52,6*	43,7*	82,1	1,7	3,0	38,7*

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Исходный гибрид	Главная метелка				Масса зерна с растения, г	Масса 1000 зерен, г
		число колосков, шт.	число зерен, шт.	фертильность, %	масса зерна, г		
7	P × O × 23	60,0*	46,5*	74,1	2,4	5,0*	53,1*
8	P × O × 23	49,5*	42,8*	86,0	1,7	3,2	40,1*
9	Л × 5А	47,2*	37,3*	78,9	1,6	4,0	41,7*
10	Л × 5А	47,3*	39,2*	82,4	1,6	3,7	40,3*
11	Л × 5А	48,9*	43,1*	87,9	1,6	3,4	37,8*
12	Л × 5А	53,2*	49,4	91,1*	1,8	4,1	36,9*
13	Л × 5А	54,5*	50,4	91,6*	1,6	2,8	32,5*
14	4Р	47,5*	42,7*	88,9*	1,4*	3,8	30,3

Примечание: * – различия между образцом и контролем при $p < 0,05$

контроля, лишь одна линия DH₁ гибрида P×O×23 превышала контроль по массе зерна растения. По числу колосков и числу зерен главной метелки все регенерантные линии были на уровне контроля или ниже контрольных значений. Как следствие, на восьми линиях, полученных с гибридов P×O×23 и Л×5А образовалась выполненная зерновка с очень высокой массой 1000 зерен.

В результате работы выделено 13 линий удвоенных гаплоидов с аллелями устойчивости к пирикулярриозу, которые по результатам оценки первого года в условиях вегетационной площадки оказались на уровне контрольных значений показателей продуктивности растения. В дальневосточной популяции патогена *P. oryzae* выявлено большое

число генов вирулентности [15]. Планируется тестирование линий DH₁ по общепринятой методике на инфекционном фоне штаммов пирикуляррии, циркулирующих на полях Приморского края.

Выводы

1. Доля удвоенных гаплоидов, передаваемых на испытания в естественные условия на продуктивность, в ходе маркер-ориентированной селекции составила около 10 % растений.

2. Выделено 13 линий удвоенных гаплоидов с аллелями устойчивости к пирикулярриозу, которые по результатам оценки первого года в условиях вегетационной площадки оказались на уровне контрольных значений показателей продуктивности растения.

ЛИТЕРАТУРА

- Гончарова, Ю.К. Использование метода культуры пыльников в селекции риса. – Краснодар: ВНИИ риса, 2012. – 91 с.
- Гученко, С.С. Сравнительная характеристика и отбор дигаплоидных линий риса по хозяйственно ценным признакам / С.С. Гученко // Дальневост. аграр. Вестн, 2016. – № 1. – С. 10-15.
- Гученко, С.С. Селекция дальневосточных сортообразцов риса на устойчивость к пирикулярриозу / С.С. Гученко, Т.В. Суницкая, В. Н. Лелявская // Рисоводство, 2019. – № 1 (42). – С. 47-49.
- Дубина, Е.В. Создание сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу, на основе применения ДНК-технологий / Е.В. Дубина, В.Н. Шиловский, П.И. Костылев, М.Г. Рубан, А.М. Оглы // Биотехнология и селекция растений, 2019. – № 2. – С. 16-23.
- Зеленский, Г.Л. К проблеме технологии создания сортов риса, устойчивых к болезням / Г.Л. Зеленский // Рисоводство, 2015. – № 3-4(28-29). – С. 13-16.
- Илюшко, М.В. Идентификация генов устойчивости к пирикулярриозу в сортах риса дальневосточной селекции с использованием ДНК-маркеров / М.В. Илюшко, П.В. Фисенко, Т.В. Суницкая, С.С. Гученко, Ц. Чжан, Л.-В. Дэн, П.И. Костылев // Зерновое хозяйство России, 2017. – № 4(52). – С. 41-45.
- Илюшко, М.В. Молекулярное маркирование генов устойчивости к пирикулярриозу в сортах риса дальневосточной селекции / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, С.С. Гученко // Аграрная Россия, 2020. – № 10. – С. 30-33.
- Илюшко, М.В. Создание исходного материала для селекции риса методом культуры пыльников *in vitro* на российском дальнем востоке // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности Дальневосточного региона : сб. науч. статей по материалам междунар. науч.- практич. конф., 19-20 июля 2016 г. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – С. 75-79.
- Клименкова, Т.Г. Оценка сортообразцов и сортов риса на устойчивость к пирикулярриозу / Т.Г. Клименкова, Т.А. Михалик, В.Н. Лелявская // Дальневосточный аграрный вестник, 2018. – № 4(48). – С. 67-74.
- Ковалевская, В.А. Устойчивость риса к пирикулярриозу в Приморском крае / В.А. Ковалевская, А. А. Лелявская, А. А. Ковалева // Защита и карантин растений, 2013. – № 5. – С. 24-26.
- Костылев, П.И. Селекция сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу, с помощью маркеров / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, Е.В. Дубина // Рисоводство, 2019. – № 2 (43). – С. 6-11.
- Ляховкин, А.Г. Рис. Мировое производство и генофонд / А.Г. Ляховкин / СПб., 2005. – 288 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Госагропром СССР, Гос. комиссия по сортоиспытанию с.-х. культур. – М., 1989. – 194 с.
- Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контроль за качеством семян риса / сост. А.П. Сметанин, В.А. Апрод, А.П. Дзюба / Краснодар, 1972. – 155 с.

15. Санкин, А.Ю. Актуальные в селекционном процессе гены устойчивости к пирикулярриозу риса в условиях Приморского края / А.Ю. Санкин, В.Н. Лелявская, И Таль Сун // *Успехи современной науки*. 2017. – Т. 2. – № 10. – С. 26-28.
16. Сахно, А.Л. Изучение китайской технологии выращивания риса в Хорольском районе Приморского края / А.Л. Сахно, М.В. Илюшко // *Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока*. Материалы межвузовской научно-практической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов, 27-28 окт. 2010 г. – Уссурийск, 2011. – Вып. 11. – С. 44-52.
17. Aljanabi, S.M. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S.M. Aljanabi, I. Martinez // *Nucleic Acids Research*, 1997. – V. 25. – № 22. – P. 44692-4693.
18. Dean, R. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology / R. Dean R., J.A.L. Van Kan, Z.A. Pretorius, K.E. Hammond-Kosack, A.D. Pietro, P.D. Spanu, J.J. Rudd, M. Dickman, R. Kahmann, J. Ellis, G.D. Foster // *Mol. Plant Pathol.*, 2012. – V. 13. – № 4. – P. 414-430.
19. Dubina, E.V. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies / E.V. Dubina, P.I. Kostylev, S.V. Garkusha, M.G. Ruban // *Euphytica*, 2020. – V. 216. – P. 162.
20. Fei, C. Effect of rice breeding process on improvement of yield and quality in China / C. Fei, Q. Xu, Z. Xu, W. Chen // *Rice Science*, 2020. – V. 27(5). – P. 363-367.
21. Ilyushko, M.V. Effect of growing conditions of rice donor plants on anther culture in vitro / M.V. Ilyushko // *Journal of Agricultural Science and Technology A.*, 2015. – V. 5. – P. 686-694.
22. Liang, Y. Molecular screening of blast resistance genes in rice germplasms resistant to *Magnaporthe oryzae* / Y. Liang, B. Yan, Y. Peng, Z. Ji, Y. Zeng, H. Wu, C. Yang // *Rice Science*, 2017. – V. 24(1). – P. 41-47.
23. Yi, G. Improved marker-assisted selection efficiency of multi-resistance in doubled haploid rice plants / G. Yi, H. Lee, K. Kim // *Euphytica*, 2015. – V. 203. – P. 421-428.

REFERENCES

1. Goncharova, J.K. Use of anther culture method in rice breeding. – Krasnodar: ARRI, 2012. – 91 p.
2. Guchenko, S.S. Comparative characteristics and selection of rice doubled haploids lines for economically valuable traits / S.S. Guchenko // *Far Eastern Agrarian Herald*, 2016. – № 1 – P. 10-15.
3. Guchenko, S.S. Breeding of Far-East rice varieties for resistance to blast / S.S. Guchenko, T.V. Sunitskaya, V.N. Lelyavskaya // *Risovodstvo [Rice Growing]*, 2019. – №1(42). – P. 47-49 [In Russian].
4. Dubina, E.V. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies / E.V. Dubina, V.N. Shilovsky, P.I. Kostylev, M.G. Ruban, A.M. Ogly // *Biotehnologija i selektsia rastenii [Plant Biotechnology and Breeding]*, 2019. – № 2. – P. 16-23 [In Russian].
5. Zelensky, G.L. The problem of technologies of developing rice varieties resistant to diseases / G.L. Zelensky // *Risovodstvo [Rice Growing]*, 2015. – № 3-4(28-29). – P. 13-16 [In Russian].
6. Ilyushko, M.V. Identification of rice blast resistance genes in the rice varieties developed with DNA-markers assistance / M.V. Ilyushko, P.V. Fisenko, T.V. Sunitskaya, S.S. Guchenko, T. Chzhan, L.-W. Dan, P.I. Kostylev // *Zernovoye Khozaystvo Rossii*, – 2017. – №4(52). – P. 41-45 [In Russian].
7. Ilyushko, M.V. Molecular marking of resistance genes against *Pyricularia oryzae* in *Oryza sativa* L. varieties of Far Eastern selection / M.V. Ilyushko, M.V. Romashova, S.S. Guchenko // *Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]*, 2020. – № 10. – P. 30-33 [In Russian].
8. Ilyushko, M.V. Development of initial material for rice breeding with another culture in vitro method in the Russian Far East / M.V. Ilyushko // *Materials of scientific and practical conference «Role of agrarian science in ensuring food security in the Far Eastern region» – Vladivostok*, 2016 – p. 75-79
9. Klimenkova, T.G. Assessment of rice variety samples and rice varieties in relation to rice blast resistance / T.G. Klimenkova, T.A. Michailik, V.N. Lelyavskaya // *Dalnevostochnii agrarnii vestnik*, 2018. – №4(48). – P. 67-74 [In Russian].
10. Kovalevskaya, V.A. Rice tolerance to blast in the Primorsky Krai / V.A. Kovalevskaya, V.N. Lelyavskaya, A.A. Kovaleva // *Zashita i karantiny rastenii [Protection and quarantine of plants]*, 2013. – № 5. – P. 24-26 [In Russian].
11. Kostylev, P.I. Development of blast resistant rice varieties with use of markers / P.I. Kostylev, E.V. Krasnova, E.V. Dubina // *Risovodstvo [Rice Growing]*, 2019. – №2(43). – P. 6-11 [In Russian].
12. Lyakhovkin, A.G. Rice: Global Production and Gene Pool / A.G. Lyakhovkin / St. Petersburg, 2005 – 288 p.
13. Methodology for state variety testing of agricultural crops / Gosagroprom of the USSR, State Commission for variety testing of agricultural crops - M., 1989. – 194 p.
14. Techniques for experimental work on breeding, seed production, seed studies and quality control of rice seeds / comp. A.P. Smetanin, A.P. Aprod, V.A. Dzyuba // Krasnodar, 1972. – 155 p.
15. Sankin, A.Y. Relevant in the selection of varieties resistance genes *pyricularia* rice in Primorsky Krai / A.Y. Sankin, V.N. Lelyavskaya, I Tal Soon // *Uspekhi sovremennoi naiki*, 2017. – V. 2. – № 10. – P. 26-28 [In Russian].
16. Sakhno, A.L. Study of Chinese technology for rice growing in the Khorolsky district of the Primorsky Territory / A.L. Sakhno, M.V. Ilyushko // *Young scientists - to the agro-industrial complex of the Far East*. Materials of the interuniversity scientific-practical conference of graduate students, young scientists and specialists, October 27-28, 2010 - Ussuriisk, 2011 – Iss.11. – P. 44-52.
17. Aljanabi S.M. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S.M. Aljanabi, I. Martinez // *Nucleic Acids Research*, 1997. – V. 25. – № 22. – P. 44692-4693.
18. Dean, R. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology / R. Dean R., J.A.L. Van Kan, Z.A. Pretorius,

K.E. Hammond-Kosack, A.D. Pietro, P.D. Spanu, J.J. Rudd, M. Dickman, R. Kahmann, J. Ellis, G.D. Foster // Mol. Plant Pathol., 2012. – V. 13. – № 4. – P. 414-430.

19. Dubina, E.V. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies / E.V. Dubina, P.I. Kostylev, S.V. Garkusha, M.G. Ruban // Euphytica, 2020. – V. 216. – P. 162.

20. Fei, C. Effect of rice breeding process on improvement of yield and quality in China / C. Fei, Q. Xu, Z. Xu, W. Chen // Rice Science, 2020. – V. 27(5). – P. 363-367.

21. Ilyushko, M.V. Effect of growing conditions of rice donor plants on anther culture in vitro / M.V. Ilyushko // Journal of Agricultural Science and Technology A., 2015. – V. 5. – P. 686-694.

22. Liang, Y. Molecular screening of blast resistance genes in rice germplasms resistant to Magnaporthe oryzae / Y. Liang, B. Yan, Y. Peng, Z. Ji, Y. Zeng, H. Wu, C. Yang // Rice Science, 2017. – V. 24(1). – P. 41-47.

23. Yi, G. Improved marker-assisted selection efficiency of multi-resistance in doubled haploid rice plants / G. Yi, H. Lee, K. Kim // Euphytica, 2015. – V. 203. – P. 421-428.

Мельничук Кристина Сергеевна

Аспирант лаборатории селекции риса

E-mail: kristina.melnichuk.90@bk.ru

+7 908 96 99 743

Melnichuk Kristina Sergeyevna

Scientist of the Rice Breeding Laboratory, graduate student

E-mail: kristina.melnichuk.90@bk.ru

+7 908 96 99 743

Гученко Светлана Сергеевна

И.о. зав. лабораторией селекции риса, младший научный сотрудник

E-mail: lana_svet8@mail.ru

т. +7 924 12 11 809

Guchenko Svetlana Sergeevna

Scientist of the Rice Breeding Laboratory

E-mail: lana_svet8@mail.ru

+7 924 12 11 809

Ромашова Марина Викторовна

Старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии

E-mail: romashova_1969@mail.ru

т. +7 924 13 44 608

Romashova Marina Viktorovna

Senior research scientist of the Agricultural Biotechnology Laboratory

E-mail: romashova_1969@mail.ru

+7 924 13 44 608

Илюшко Марина Владиславовна

Ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии

E-mail: ilyushkoiris@mail.ru

т. +7 950 28 40 983

Ilyushko Marina Vladislavovna

Senior research scientist of the Agricultural Biotechnology Laboratory

E-mail: ilyushkoiris@mail.ru

+7 950 28 40 983

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

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-12-20
УДК: 57.085.23

Е.Г. Савенко, канд. биол. наук,
Ж.М. Мухина, д-р биол. наук,
Т. Л. Коротенко, канд. с.-х. наук,
В.А. Глазырина,
Л.А. Шундрин
г. Краснодар, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГАПЛОИДИИ РИСА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГЕНОТИПАМ С ОКРАШЕННЫМ ПЕРИКАРПОМ

Целью исследований являлась оптимизация технологии экспериментальной гаплоидии риса применительно к генотипам риса с окрашенными зерновками (признак сопряженный с антиоксидантной активностью) и генетическая стабилизация созданного селекционного материала методом культуры пыльников *in vitro*. Использование экспериментальной гаплоидии в создании предселекционных ресурсов риса, как прототипов сортов риса, обладающих повышенной антиоксидантной активностью, позволит быстро стабилизировать созданный селекционный материал и расширить ассортимент продуктов функционального назначения для здорового питания нации. Инициацию каллуса пыльниковых культур оценивали с использованием 4 вариантов питательных сред. У изученных генотипов получены каллусные ткани, которые ранжированы на 5 основных морфотипа. Установлена связь морфологии каллусных тканей, их размера и возраста с морфогенетической активностью. Выделены наиболее отзывчивые и перспективные в плане культуры пыльников генотипы (ВНИИР 10163, Кураж, Альянс), у которых получены регенеранты R0.

Ключевые слова: рис, культура пыльников *in vitro*, удвоенные гаплоиды (дигаплоиды), антиоксидантная активность

OPTIMIZATION OF EXPERIMENTAL RICE HAPLOIDY TECHNOLOGY IN RELATION TO GENOTYPES OF RICE WITH COLORED PERICAR

The aim of the research was to optimize the technology of experimental rice haploidy in relation to genotypes of rice with colored caryopses (a trait associated with antioxidant activity) and genetic stabilization of the developed breeding material by anther culture *in vitro*. The use of experimental haploidy in the development of pre-breeding rice resources, as prototypes of rice varieties with increased antioxidant activity, will quickly stabilize the developed breeding material and expand the range of functional products for the healthy nutrition of the nation. Callus initiation of anther cultures was assessed using 4 variants of nutrient media. In the studied genotypes, callus tissues were obtained, which were ranked into 5 main morphotypes. A relationship was established between the morphology of callus tissues, their size and age and their morphogenetic activity. The most responsive and promising genotypes in terms of anther culture (VNIIR 10163, Kurazh, Alliance) have been identified, for which R0 regenerants have been developed.

Key words: rice, anther culture *in vitro*, doubled haploids (dihaploids), antioxidant activity

Введение

Рис является одной из наиболее важных основных продовольственных культур. Белый рис вносит основной вклад в потребление населением, но по сравнению с пигментированными сортами риса его питательные качества невелики (Mbanjo et al., 2020). В настоящее время наблюдается рост потребления коричневого риса из-за связанных с ним преимуществ для здоровья (Hoffman et al., 2019). Антоциан является основным функциональным компонентом пигментированного риса, а антиоксидантные свойства антоциана обусловлены наличием и уровнем фенольных групп (Murdifin et al., 2015). Пигментированные сорта риса включают черный, коричневый, темно-коричневый, тем-

но-фиолетовый и красный рис [10, 11, 13, 14]. Растущий мировой спрос на пигментированный рис стимулирует увеличение затрат и усилий по улучшению качества существующих сортов этой культуры, созданию сортов с заданными свойствами, а именно, пригодных для функционального питания с целью оздоровления нации. Биотехнология растений представляет собой важный подход в программах селекции многих важных культур. Он служит эффективным инструментом в производстве гаплоидных и удвоенных гаплоидных (DH) сортов, причем и то, и другое может быть достигнуто путем гаметического эмбриогенеза. Гаплоидные растения с гаметическим числом хромосом могут быть получены путем образования гаплоидных каллусов

из пыльников или изолированных микроспор. Культура пыльников служит альтернативным подходом для создания фиксированных линий размножения риса. Это мощный инструмент для производства полностью гомозиготных линий (Mayakaduwa and Silva, 2018). В отличие от традиционных методов, которые требуют многолетних циклов инбридинга, метод культивирования пыльников позволяет немедленно фиксировать гомозиготность и тем самым значительно сокращает время, необходимое для формирования чистых селекционных линий (Germana, 2011). Гаплоидная технология в настоящее время адаптирована в различных программах селекции растений и является наиболее частым подходом для быстрого развития культур и передачи полезных генов, хромосомных сегментов и даже полных хромосом. Использование экспериментальной гаплоидии в создании предселекционных ресурсов риса, как прототипов сортов риса, обладающих повышенной антиоксидантной активностью, позволит быстро стабилизировать созданный селекционный материал и расширить ассортимент продуктов функционального назначения для здорового питания нации [1, 6, 8].

Цель исследований

Оптимизация технологии экспериментальной гаплоидии риса применительно изучаемым к генотипам, а именно к донорам - генетическим источникам антиоксидантной активности и реципиентам (элитные сорта российской селекции) и генетическая стабилизация созданного селекционного материала методом культуры пыльников *in vitro*.

Материал и методы

В исследованиях применяли метод культуры изолированных пыльников. В качестве материала для исследований использовали пыльники/микроспоры 11 генотипов. Это доноры признаков повышенной антиоксидантной активности зерна и реципиенты, которые использовали для гибридизации из генофонда УНУ Коллекции «ФНЦ риса». Растения - доноры для отбора биоматериала (незрелые метелки) выращивали в условиях открытой вегетационной площадки и камерах искусственного климата (КИК). Отбор метелок основывался на цитологических наблюдениях стадии развития микроспор с использованием системы визуализации EVOS XL Core Configured в проходящем свете (светлое поле или фазовый контраст), диапазон объективов 1,25 - 100x, а затем на морфологических признаках: размере метелки, расстоянии между флажками и последующим листом, интенсивности окраски 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) [9]. Для стимуляции детерминации

клеток и индукции каллусогенеза в среду Блейдса вводили 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота), α -нафталинуксусную кислоту (α -НУК) и тидиазурон (ДРОПП). Для снижения риска контаминации соблюдались правила стерильности, разработанные для культивирования клеток и тканей. Все манипуляции проводили в асептических условиях ламинарного бокса. Культивировали пыльники в термостате при температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$, относительной влажности 50% в темноте в течение 20-30 дней до образования каллусов, затем каллусы культивировали на среде Murashige and Scooby (MS, 1962) при фото периоде 12 часов - день (5 тыс. люкс), 12 часов - ночь до появления проростков, которые для укоренения переносили на безгормональную среду MS [12].

Для изучения развития микроспор и каллуса на питательных средах использовали серийные гистологические срезы пыльников и каллусов. Исследование и микрофотографирование проводили на микроскопе МБИ-6 и системе визуализации EVOS XL Core Configured. Для подсчета хромосом в корешках регенерантов риса и определения плоидности пробирочных растений применяли метод давленных препаратов. Мацерированный окрашенный ацетокармином корешок исследовали на микроскопе МБИ-6, объективы 40x и 70x с водной иммерсией (Паушева З.П., 1974; Фурст Г.Г., 1979) [4, 7]. Среда автоклавировали при 1,2 атмосфере в течение 20-25 минут.

Гаплоидные растения переводили на дигаплоидный уровень с использованием метода зачаточных метелок, при котором метелки размером 0,5 - 0,7 см вычленили в стерильных условиях бокса и переносили на питательные среды для стимуляции формообразовательных процессов.

Результаты и обсуждения

Для изучения отзывчивости на каллусогенез и регенерацию в культуру *in vitro* введены пыльники 11 генотипов - доноров признаков повышенной антиоксидантной активности зерна и реципиентов, использованных для гибридизации (табл. 1).

Большинство изучаемых образцов имели окрашенные зерновки риса (признак, сопряженный с антиоксидантной активностью), что обусловлено пигментацией склеренхимы и (или) перикарпа. Интенсивность пигментации различалась в широких пределах: от белой, бежевой до темно ой почти черной. Морфологические признаки изучаемых образцов варьировали не только по окраске зерновки, но и по таким признакам, как опушение цветковых чешуй от 1 балла у сорта Альянс, имеющего гладкую поверхность до 5 баллов у сортов Велес и Светлана с шероховатой поверхностью. Различались образцы по окраске цветковых чешуй от светло соломенной до коричнево-фиолетовой и форме колоска от овально-округлой до длинной (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика родительских форм в годы исследований (2020-2021 гг.)

№ по каталогу ФНЦ риса	Название образца	Разновидность сорта	Происхождение сорта или организация оригинатор	Страна происхождения	Вегетационный период до созревания, дней	Высота растения, см
04069	ВНИИР 10163	dichroa	Балилла gr.gr./ Крос 652 // Ozyzella ///СП 36 -88	Россия	95 - 102	95 - 101
04464	Рубин	subpyrocarpa	ВНИИР 7407// Курчанка/ВНИИР 10016///ВНИИР 7407// ВНИИР 2103/ ВНИИР 10007	Россия	115 - 118	85 - 90
04670	Кураж	gilanica	Лагуна / ВНИИР 7320	Россия	116 - 118	90 - 98
04795	Red-Blastonik	sundensis	отбор спонт. гибрида из сорта Бластоник	Россия	115 - 118	85 - 90
04787	Мавр	kolakovskiy	и.о. гибр.комбинации Изумруд / Зи Дао	Россия	116 - 120	75 - 79
04890	Велес	subvulgaris	ВНИИР 10102/Лиман	Россия	125	73
05014	DH K.2327	DH-линия	к.2327	Россия	100	98
05064	Альянс		Флагман /IR 36	Россия	118	85
05075	DH Heibar	DH-линия	к 2384 //к-2387/Heibar	Россия	105	95
05133	Светлана			Россия	125	96
19-16/19	KHAW-SRI-NIN			Таиланд	118	78
04805	Гагат	bansmatica	и.о. гибр. Изумруд/ Зи Дао	Россия	120 - 125	85 - 90

Таблица 2. Характеристика морфологии зерна окрашенных и белозерных образцов риса, 2021 г.

№ по каталогу ФНЦ риса	Название сорта	Окраска зерновки	Опушение цветковых чешуй, балл *	Окраска цветковых чешуй **	Форма колоска
04069	ВНИИР 10163	красная	3	соломенная	овальная
04464	Рубин	красно-коричневая	3	серо соломенная	овальная
04670	Кураж	белая	3	соломенная	удлиненная
04795	Red Blastonik	красная	3	светло соломенная	овальная
04787	Мавр	темно-фиолетовая	3	серо соломенная	удлиненная
04890	Велес	бежевая	5	соломенная	овально-округлая
05014	DH к-2327	красная	3	соломенная	удлиненная
05064	Альянс	белая	1	соломенная	овальная
05075	DH Heibar	красно-коричневая	3	светло-соломенная	овально-округлая
05133	Светлана	бежевая	5	соломенная	удлиненная
19-16/19	KHAW-SRI-NIN	темно фиолетовая	5	коричнево-фиолетовая	длинная
04805	Гагат	темно фиолетовая почти черная	3	соломенная	длинная

Примечание: *Опушение цветковых чешуй (в фазу полной спелости): поверхность гладкая – 1, слегка шероховатая – 3, шероховатая – 5, слабо опушенная – 7, сильно опушенная – 9

На регенерацию растений и инициацию каллуса влияют многие факторы, такие как генотип, условия выращивания растений-доноров, фаза отбора биоматериала, предварительная обработка выбранных эксплантов, а также состав среды. Для оптимизации технологии культивирования пыльников изучены параметры выращивания донорных растений: в весенне-летний период доноры гаметных клеток выращивали в условиях вегетационной площадки и в поле; осенне-зимний период – в контролируемых условиях камер искусственного климата при 18-20°C, относительной влажности 70 %. Отбор биоматериала (незрелые метелки) проводили в утренние часы. При изучении влияния времени года и условий выращивания растений - доноров установлено, что у растений физиологические характеристики существенно различались. Как следствие, индукция каллусо- и морфогенеза из пыльников растений, выращенных в осенне-зимний период в камерах искусственного климата оказалась значительно ниже, чем у растений того же генотипа, выращенных в условиях летней вегетационной площадки или в полевых условиях.

Цитологические исследования показали, что для инокуляции пыльников следует отбирать метелки, находящиеся во влагалище листа, при этом расстояние между флагом и вторым листом 5-7 см (за 2-3 дня до выметывания); со светло-зелеными цветковыми чешуями, длиной пыльников 2,0 - 2,5 мм. микроспоры находятся на одноядерной или ранней двуядерной стадии развития и способны переходить с гаметофитного пути развития на аномальный, с формированием каллусных агрегатов и последующим развитием из них морфогенных структур (рис. 1).

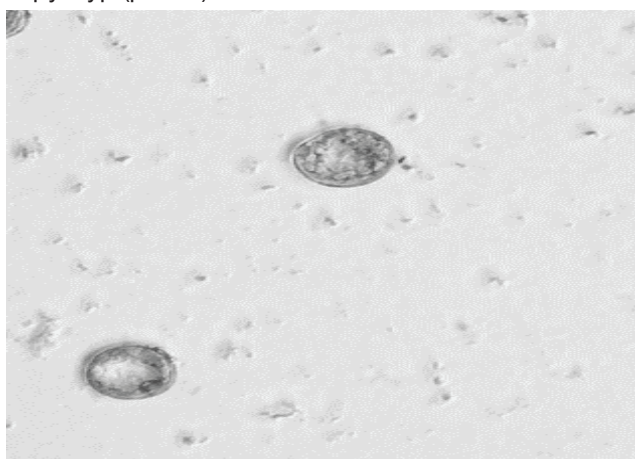


Рисунок 1. Одноядерные микроспоры риса

Положительный эффект получен от предварительного содержания метелок с пыльниками при низкой положительной температуре 8-10 °C в течение десяти – четырнадцати дней. Это способствовало повышению частоты каллусообразова-

ния, пролиферации с образованием морфогенных структур. Благодаря низким положительным температурам задерживалась деструкция (разрушение) стенки пыльника, оказывающая негативное влияние на развитие микроспор в культуре. Этот прием также позволял сохранять срезанные метелки длительное время, что важно при массовом культивировании пыльников. Более длительное содержание пыльников при низких положительных температурах снижало андрогенный потенциал микроспор.

Экзогенно применяемые растительные гормоны, такие как ауксин и цитокинин, оказывают большое влияние на развитие каллуса, как по отдельности, так и в комбинации.

Инициацию каллуса пыльниковых культур оценивали с использованием базовой среды Блейдса, дополненной 2,4-Дихлорфеноксиуксусной кислотой (2,4-Д), α -нафталинуксусной кислотой (α -НУК) и тидиазурином (ДРОПП):

- 1 вариант (контроль) – 1,0 мг/л 2,4-Д + 1,0 мг/л α -НУК;
- 2 вариант – 2,0 мг/л 2,4-Д;
- 3 вариант – 1,0 мг/л тидиазурон;
- 4 вариант – 4,0 мг/л 2,4-Д.

Инокулировали по 150 пыльников каждого генотипа в трехкратной повторности. На питательные среды инкубировано 20 325 пыльников. Учет качества и количества каллусов велся по каждому образцу. Анализ результатов показал, что интенсивность процессов каллусообразования и регенерации растений изучаемых образцов риса были обусловлены как природой и концентрацией фитогормона, так и генетическими факторами. Проведенное исследование показало, что самая высокая интенсивность индукции каллуса достигнута при использовании 2,0 мг/л 2,4-Д. Эти значения были статистически выше, чем в других вариантах. Показано, что применение 1,0 мг/л 2,4-Д в сочетании с 1,0 мг/л α -НУК так же стимулирует формирование каллусных тканей, но значительно ниже. Использование тидиазурина в концентрации 1,0 мг/л оказывало неблагоприятное влияние на индукционную способность микроспор. Компонентный состав варианта 3 показал неудовлетворительные результаты в сравнении с другими вариантами, поскольку индукция каллуса имела низкие показатели, а у пяти генотипов каллус не индуцировался (0,00%). Как показано в нашем исследовании воздействие на пыльники высоких доз 2,4-Д (4,0 мг/л) неблагоприятно для индукции каллуса. Гормон 2,4-Д в повышенных концентрациях оказывает свое гербицидное действие, индуцирует накопление этилена, который ингибирует деление и рост растительных клеток, что часто приводит к повреждению тканей и гибели эксплантов, а в невысоких концентрациях 2,4-Д запускает инициацию каллуса, способствуя делению клеток. Таким образом, установлено, что

лучший эффект по стимуляции индукции каллусообразования получен на среде Блейдса с 2,0 мг/л фитогормона 2,4-Д, как стимулирующей индукцию

каллусогенеза у большинства генотипов и оказывающей влияние на последующую регенерацию растений из клеток каллуса (табл. 3).

Таблица 3. Каллусогенез гибридных комбинаций риса

№ по каталогу	Название образца	Каллусогенез, %			
		1 вариант (контроль)	2 вариант	3 вариант	4 вариант
04069	ВНИИР 10163	1,21	3,31	0,12	0,01
04464	Рубин	0,15	0,82	0,09	0,00
04670	Кураж	0,08	0,83	0,00	0,00
04795	Red-Blastonik	0,13	0,72	0,02	
04787	Мавр	0,00	0,00	0,00	0,00
04890	Велес	0,04	0,69	0,00	0,00
05014	K.2327 DH	0,19	0,79	0,01	0,00
05064	Альянс	1,22	4,65	0,21	0,02
05075	Heibar DH	0,08	0,89	0,12	0,00
05133	Светлана	0,00	0,00	0,00	0,00
19-16/19	KHAW-SRI-NIN	0,00	0,63	0,00	
		HCP _{0,05}		0.49	

При анализе средних показателей каллусогенеза изученных образцов максимальный результат показали сорта ВНИИР 10163 (3,31%) и Альянс (4,65%) в варианте среды №2 с 2,0 мг/л фитогормона 2,4-Д. Остальные образцы имели показатели каллусогенеза на одном уровне ($HCP_{0,05} = 0,49$). Образцы Мавр и Светлана не имели индукционного отклика ни в одном варианте. Индукция каллусогенеза отмечена не у всех изучаемых генотипов риса в пределах одного и того же варианта, что свидетельствует о генетической детерминированности вариabельности по признаку каллусообразования. К этим генотипам необходим индивидуальный подход по введению в среды экзогенных гормонов, т.к. концентрации и типы фитогормонов для инициации процессов пролиферации клеток, поддержки роста и развития новообразований могут варьироваться в зависимости от различных видов, генотипов и, следовательно, должны быть определены экспериментально.

Определен путь развития микроспор риса *in vitro*, приводящий к формированию многоклеточных каллусных комплексов (МК). При культивировании на питательных средах к аномальному развитию переходили отдельные одноклеточные и двухклеточные микроспоры, ядра которых на 5 сутки неограниченно делились. Внутри гнезда пыльника микрокаллус формировался на 10-15 сутки после инокуляции. На ранней стадии развития каллусные агрегаты были представлены беспорядочным скоплением клеток.

У изученных генотипов получены каллусные ткани, которые ранжированы на 5 основных морфотипа:

1. нодулярный: плотный, белый, мелкозернистый;
2. матовый, светлых оттенков, мелкозернистый, средней плотности;

3. округлый, белый, светло-желтый, средней плотности;

4. рыхлый, с крупными клетками, темно - желтый, зернистый;

5. оводненный, темно-коричневый, с крупными бесформенными клетками разного размера.

Установлена связь морфологии каллусных тканей с их морфогенетической активностью, что и определяло эффективность процессов регенерации: №№ 1-4 характеризовались в разной степени морфогенными, № 5 – неморфогенными.

Для пролиферации клеток каллуса и регенерации растений в среде MS использовали α -НУК (α -нафтилуксусная кислота) и кинетин, т.к. в исследованиях отмечено, что комбинация ауксина и цитокинина индуцирует морфогенез, стимулируя образование эмбриодидов клеток каллуса, гемм и корневых волосков.

Морфология каллусов напрямую влияла на регенерационную способность. Наиболее высокой регенерационной способностью обладали нодулярные каллусы (плотные, мелкозернистые белого или светло-желтого оттенка с белыми узелковыми вкраплениями). Их характеристики соответствовали «эмбриоидогенному каллусу» [2]. Такие каллусные ткани, состоящие из округлых, мелких клеток с густой цитоплазмой и крупным ядром, характерных для меристемных клеток, в основном формировались у генотипов Альянс и ВНИИР 10163. Высокой регенерационной способностью обладали также округлые, белые, светло-желтые, средней плотности каллусы. Клетки их тканей были несколько крупнее, а ядра менее заметны. Такие каллусные агрегаты формировались у образцов Рубин, Кураж и Red-Blastonik.

В морфогенных каллусах на начальном этапе морфогенеза по периферии массы в виде высту-

пов образовывались очаги из недифференцированных меристематических клеток. При окрашивании гематоксилин-эозином для общеморфологических целей (гематоксилин - ядерный краситель, эозин – цитоплазматический) в рисовых каллусах различали в основном три вида клеток – клетки короны, меристемы и паренхимы. Корона представлена рыхлой ткани, состоящей из небольших, вакуолизированных клеток, ограничивающих массу каллуса от атмосферного воздуха. Меристема образовывала по периферии неравномерно растущие выступы. В результате диффе-

ренциации клеток меристемы появлялись точки роста, зоны роста с крупными клетками, округлым крупным ядром и заметным ядрышком, которые располагались рядами над поверхностью выступов. В этих зонах появлялись либо зародышеподобные структуры – эмбриоиды каллуса (вторичные эмбриоиды), либо геммы (почки). Паренхима залегала в глубине каллуса и состояла из округлых или полигональных клеток различной величины, впоследствии в этой ткани закладывались элементы сосудов и формировались сосудистые пучки (рис. 2) [3, 5].

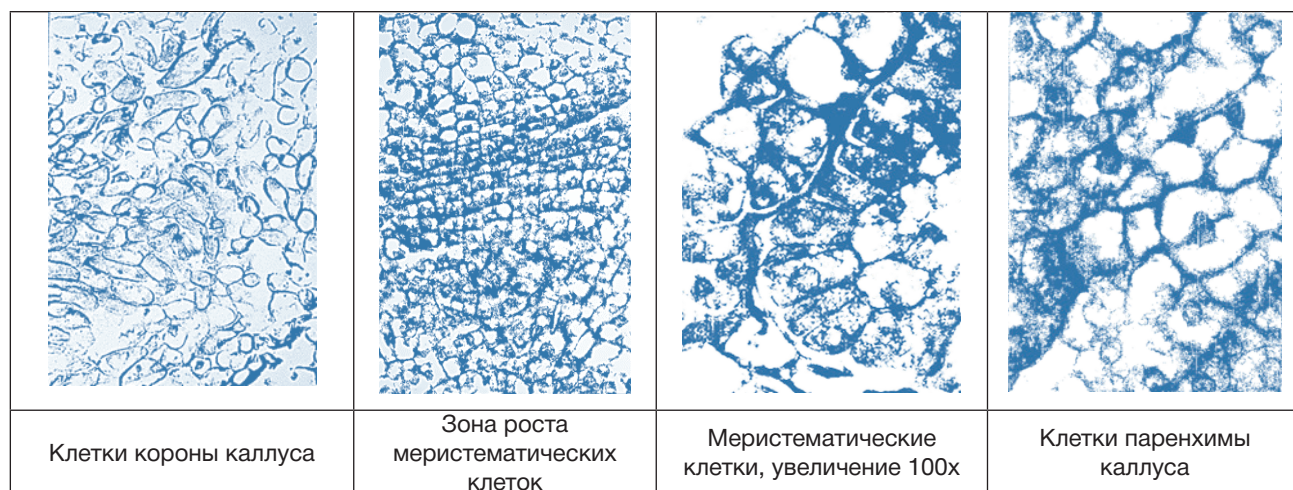


Рисунок 2. Клетки каллуса риса

Перенос каллусов не только разных морфотипов, но и разных размеров на регенерационную среду выявил различия их морфогенетических свойств. Максимальный выход регенерантов давали молодые мор-

фогенные 10–ти суточные каллусы размером 3-5 мм. Таких каллусных агрегатов было мало, в основном для стимуляции морфогенеза на регенерационную среду переносили более крупные транспланты (5-10 мм).

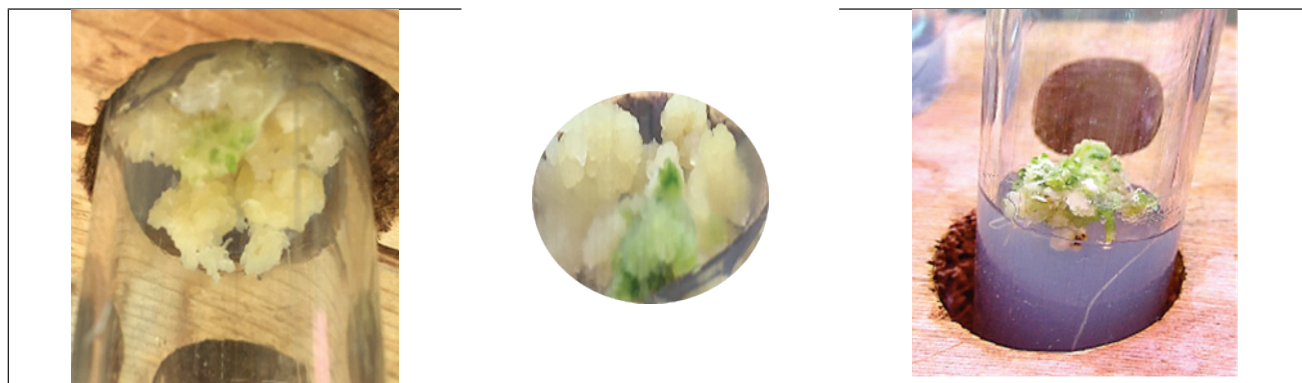


Рисунок 3. Морфогенный каллус риса сорт Альянс с закладкой гемм (почек)

Культивирование каллусов в течение 30 суток обеспечивало высокий выход растений по отношению к числу исходных субкультивированных каллусов (рис. 3). Культивирование более 30 дней снижало морфогенетический потенциал каллусов. После культивирования более 4 недель в одной и той же питательной среде каллусы темнели, приобретали коричневый цвет. Вероятно, это связано с ингибирующим эффектом, возникающим в результате экспозиции фенолов в среду. Окисление накопленных

фенолов, вызывая окислительный стресс, приводит к потемнению и гибели (некрозу) культур *in vitro*, и как следствие, снижает регенерационную способность.

Морфогенетические потенциалы изучаемых образцов риса реализовались только через каллусные ткани путем эмбриогенеза (образование соматических эмбриоидов каллусов), геммогенеза (формирование почки), гистогенеза (формирование тканей) и гемморизогенеза (одновременное образование почки и корешка). Наиболее актив-

ный морфогенез с регенерацией жизнеспособных и Альянс, у которых в настоящее время получено зеленых побегов отмечен у ВНИИР 10163, Кураж потомство R₀ (табл. 4).

Таблица 4. Регенерация гибридных комбинаций риса

№ по каталогу	Название образца	Регенерация, %
04069	ВНИИР 10163	2,60
04464	Рубин	0,71
04670	Кураж	1,52
04795	Red-Blastonik	0,51
04787	Мавр	0
04890	Велес	0
05014	K.2327 DH	0
05064	Альянс	4,67
05075	Heibar DH	0
05133	Светлана	0
19-16/19	KNHW-SRI-NIN	0
НСР _{0,05}		0,92

Для адаптации *ex vitro* в почву высажены регенеранты ВНИИР 10163. Остальные образцы, введенные в культуру пыльников *in vitro*, находятся на разных стадиях культивирования: каллусогенез, морфогенез, регенерация проростков.

Выводы

Получены экспериментальные данные для разработки эффективного протокола регенерации в культуре пыльников *in vitro* применительно к образцам риса с окрашенным перекарпом - доноров (генетические источники антиоксидантной активности, цветные формы риса) и реципиентов (элитные сорта российской селекции):

- проведены цитологические исследования, на основании которых определены морфологические

признаки отбора эксплантов;

- подобран состав искусственных питательных сред (количественный и качественный баланс гормонов) для стимуляции процессов каллусогенеза и регенерации. В настоящем исследовании образование каллуса можно объяснить промежуточным соотношением между ауксином и цитокининовыми гормонами;

- получены и ранжированы на морфотипы каллусные ткани;

- выделены наиболее отзывчивые и перспективные в плане культуры пыльников генотипы;

- созданы генетически стабильные растения-регенеранты R₀ образцов ВНИИР 10163, Кураж и Альянс.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Кубанского научного фонда МФИ 20.1-20/20 «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: дисс. д-р с.-х. наук. - Алматы, 2001.
2. Власов, В.Г. Морфогенез в культуре изолированных пыльников риса: цитолого-гистологический анализ / В.Г. Власов, Е.Г. Савенко // Рисоводство, 2010. - № 16. - С. 26-29.
3. Власов, В.Г. Цитологическое и гистологическое изучение пыльника риса / В.Г. Власов, Е.Г. Савенко // Рисоводство, 2009. - № 14. - С. 20.
4. Паушева, З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева // М.: Колос, 1974. - 284 с.
5. Савенко, Е.Г. Цито-гистологический анализ морфогенеза в культуре изолированных пыльников риса / Е.Г. Савенко, В.Г. Власов // Рисоводство, 2011. - № 18. - С. 19-22.
6. Тюкавин, Г.Б. Биотехнологические основы селекционной технологии моркови (*Daucus carota* L.): автореф. дис. д-р. биол. наук - М., 2007. - 27 с.
7. Фурст, Г.Г. Методы анатомо-гистологического исследования растительных тканей / Г.Г. Фурст // М.: Наука, 1979. - С.42, 60-61, 63-64, 73, 93-97, 100, 104-105, 114-115.
8. 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>

9. 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.
10. Chen, Ming-Hsuan Concentrations of oligomers and polymers of proanthocyanidins in red and purple rice bran and their relationships to total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity and whole grain color / Ming-Hsuan Chen, Anna M. McClung, Christine J. Bergman // *Food Chemistry*, 2016. – V. 208. – P. 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.004>
11. Gunaratne, Anil Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins / Anil Gunaratne, Kao Wu, DongqinL, Amitha Bentota, Harold Corke, Yi-Zhong Cai // *Food Chemistry*, 2013. – V. 138. – P. 1153-1161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.129>
12. 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.
13. Nayeem, Safia Effects of cooking on phytochemical and antioxidant properties of pigmented and non-pigmented rare Indian rice landraces / Safia Nayeem, Sathish Sundararajan, Arun Kumar Ashok, Abuyaseer Abusaliya, Sathishkumar Ramalingam // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2021. – V. 32. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101928>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818121000244>)
14. Ziegler, Valmor Cooking quality properties and free and bound phenolics content of brown, black, and red rice grains stored at different temperatures for six months / Valmor Ziegler, Cristiano Dietrich, Ferreira Jessica, Fernanda Hoffmann, Fábio Clasen, Chaves Nathan, Leven Vanier, Mauriciode Oliveira, Moacir Cardoso Elias // *Food Chemistry*, 2018. – V. 242. – P. 427-434.

REFERENCES

1. Chen, Ming-Hsuan. Concentrations of oligomers and polymers of proanthocyanidins in red and purple rice bran and their relationships to total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity and whole grain color / Ming-Hsuan Chen, Anna M. McClung, Christine J. Bergman // *Food Chemistry*, 2016. – V. 208. – P. 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.004>
2. Nayeem, Safia. Effects of cooking on phytochemical and antioxidant properties of pigmented and non-pigmented rare Indian rice landraces / Safia Nayeem, Sathish Sundararajan, Arun Kumar Ashok, Abuyaseer Abusaliya, Sathishkumar Ramalingam // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2021. – V. 32. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101928>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818121000244>)
3. Gunaratne, Anil. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins / Anil Gunaratne, Kao Wu, DongqinL, Amitha Bentota, Harold Corke, Yi-Zhong Cai // *Food Chemistry*, 2013. – V. 138. – P. 1153-1161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.129>
4. Ziegler, Valmor. Cooking quality properties and free and bound phenolics content of brown, black, and red rice grains stored at different temperatures for six months / Valmor Ziegler, Cristiano Dietrich, Ferreira Jessica, Fernanda Hoffmann, Fábio Clasen, Chaves Nathan, Leven Vanier, Mauriciode Oliveira, Moacir Cardoso Elias // *Food Chemistry*, 2018. – V. 242. – P. 427-434.
5. 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>
6. Tukavin, G.B. *Biotechnology Basics of Carrot Breeding Technology (Daucus carota L.): Ph.D. thesis abstract.* - M., 2007. - 27 p.
7. Anapiyaev, B.B. *Experimental morphogenesis and biotechnology of obtaining haploids in the wheat microspores culture: Ph.d. thesis.* - Almaty, 2001.
8. 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.
9. 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.
10. Pausheva, Z.P. *Plant Cytology Workshop on citologists rasteny* / Z.P. Pausheva // M.: Kolos, 1974. – 284 p.
11. Furst, G.G. *Methods of anatomical-histological research of plant issues* / G.G. Furst // M.: Nauka, 1979. – PP. 42, 60-61, 63-64, 73, 93-97, 100, 104-105, 114-115.
12. Vlasov, V.G. *Morphogenesis in the isolated rice anthers culture: cytological and histological analysis* / V.G. Vlasov, E.G. Savenko // *Rice growing*, 2010. - № 16. - P. 26-29.
13. Vlasov, V.G. *Cytological and Histological Study of Rice Anther* / V.G. Vlasov, E.G. Savenko // *Rice growing*, 2009. - № 14. - P. 20.

14. 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.

Савенко Елена Георгиевна

Заведующий лабораторией биотехнологии
и молекулярной биологии.

E-mail: avena5@rambler.ru

Мухина Жанна Михайловна

Главный научный сотрудник лаборатории
биотехнологии и молекулярной биологии

E-mail: agroplazma@gmail.com

Коротенко Татьяна Леонидовна

Руководитель группы УНУ «Коллекция генетических
ресурсов риса, овощных и бахчевых культур» отдела
селекции

E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

Глазырина Валентина Александровна

Старший научный сотрудник лаборатории
биотехнологии и молекулярной биологии

E-mail: valentinaglazyrina@rambler.ru

Шундрин Людмила Анатольевна

Научный сотрудник лаборатории биотехнологии и
молекулярной биологии

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар

Белозерный, 3

E-mail: arri_kub@mail.ru

Elena G. Savenko

Head of the laboratory
of biotechnology and molecular biology.

E-mail: avena5@rambler.ru

Zhanna M. Mukhina

Chief Scientist of the laboratory
of biotechnology and molecular biology.

E-mail: agroplazma@gmail.com

Tatiana L. Korotenko

Head of the USU group «Collection of genetic
resources of rice, vegetables and melons» of the
breeding department

E-mail: Korotenko.tatyan@mail.ru

Valentina A. Glazyrina

Senior Researcher of the laboratory
of biotechnology and molecular biology.

E-mail: valentinaglazyrina@rambler.ru

Ludmila A. Shundrina

Scientist of laboratory of the laboratory
of biotechnology and molecular

All: FSBSI Federal Scientific Rice Centre,

3, Belozerny, Krasnodar,

350921, Russia

E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-21-26
 УДК: 633.18: 631.164: 577.154.31

Н.Г. Туманьян, д-р биол. наук, профессор,
Ж.М. Мухина, д-р биол. наук, профессор,
Э.Ю. Папулова, канд. биол. наук
 г. Краснодар, Россия

ИСТОЧНИКИ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИИ ЦВЕТНЫХ СОРТОВ РИСА. АМИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАХМАЛА

В селекционный процесс создания новых цветных сортов риса функционального направления вовлекается исходный материал с бесцветным и окрашенным перикарпом зерновки с ценными признаками качества зерна. Целью исследования явилось изучить амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов риса, являющихся донорами ценных признаков качества зерна в селекции цветных сортов, выращенных в различных условиях азотного питания. Материалом исследования служили сорта селекции ФНЦ риса: белозерные - Кураж, Альянс, Велес, Светлана; цветные - Рубин, Мавр, Гагат. При увеличении дозы вносимых азотных удобрений с 60 до 120 кг д.в./га максимальная вязкость крахмальной дисперсии у всех сортов увеличивалась на 16-45 Ед. Бр. Причем наибольшие изменения показателя отмечены для сортов Велес и Кураж (36-45 Ед. Бр.). Сорта Мавр, Рубин и Светлана можно отнести к относительно стабильным по реакции на азотные удобрения в отношении показателей вязкости крахмала. Таким образом, изменение азотного питания растений привело к изменению физико-химических свойств зерновки и, вероятно, биохимического состава крахмалистой паренхимы.

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

SOURCES OF VALUABLE SIGNS OF GRAIN QUALITY IN THE SELECTION OF COLORED RICE VARIETIES. AMYLOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF STARCH

In the selection process of creating new colored rice varieties of the functional direction, the source material with a colorless and colored pericarp of the grain with valuable signs of grain quality is involved. The aim of the study was to study the amylographic characteristics of the starch dispersion of rice varieties, which are donors of valuable grain quality traits in the selection of colored varieties grown under various nitrogen nutrition conditions. The research material was selected by the Rice Research Center: white - grain varieties-Courage, Alliance, Veles, Svetlana; colored-Rubin, Mavr, Gagat. With an increase in the dose of applied nitrogen fertilizers from 60 to 120 kg d. v. / ha, the maximum viscosity of starch dispersion in all varieties increased by 16-45 units. Br. And the greatest changes in the indicator were noted for the Veles and Courage varieties (36-45 Units. Br.), the Mavr variety. Rubin and Svetlana can be attributed to a relatively stable reaction to nitrogen fertilizers in terms of starch viscosity. Thus, the change in the nitrogen nutrition of plants, in particular nitrogen, led to a change in the physico-chemical properties of the grain and, probably, the biochemical composition of the starchy parenchyma.

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

Введение

Одним из важных факторов селекционного процесса при создании сортов с высоким качеством зерна является пищевая ценность риса. Высокая пищевая ценность красnozерных и чернозерных сортов риса определяется повышенным содержанием питательных веществ в зерне: микроэлементов, витаминов, пигментов, которые являются антиоксидантами. Селекционный процесс начинается с подбора родительских пар в селекционных программах, дальнейших гибридизации, индивидуального и массового отбора, сопровождается многочисленными видами оценки полученного селекционного материала. Показатели группы при-

знаков качества определяются генотипическими признаками, реакцией сорта на агроклиматические условия выращивания, то есть, как на погодные условия возделывания, так и на природные и антропогенные, важнейшими из которых является уровень азотного питания ценоза риса [1-4].

Пигментирование риса определяется антоцианами. Антоциановые пигменты обуславливают диапазон цветовых оттенков: от оранжево-красных до фиолетовых. Для черного (пурпурного, фиолетового) риса характерен антоцианин (цианидин-3-глюкозид) [5]. Для антоцианинов, самой большой группы водорастворимых вакуолярных пигментов высших растений, характерен широкий

спектр биологической активности, который определяет их использование в профилактике и терапии патологии зрительного аппарата, варикозной болезни, артериальной гипертензии, сахарного диабета, атеросклероза, дисфункции ЖКТ, венозной недостаточности. В Китае, Таиланде, Японии, Шри-Ланке и других странах широко изучаются антоцианины цветного риса – их содержание и профили [6-9].

Проантоцианиды обнаруживают только в красном рисе, для черного они не характерны [10]. Содержание других групп антиоксидантов – флавоноидов, токоферолов – значительно выше в черном рисе, чем в красном и, особенно, в белом [11]. Кариопсы красного и черного риса были менее подвержены инфицированию *Episoccum nigrum* и *Fusarium sporotrichioides*, чем белого риса, что подтверждает высокую устойчивость цветного риса к патогенам [12].

Проводятся работы по изучению генетического разнообразия цветного риса в коллекциях зародышевой плазмы. [13]. Получены данные об общем содержании флавоноидов и фенолов, поглощающей способности кислородных радикалов, профилях проантоцианидинов и физических свойствах цельного зерна 32 сортов красного и фиолетового риса [14].

Сделан вывод о возможности использования биоактивных веществ пурпурного риса в виде таблеток из отрубей для профилактики колоректальных новообразований [18]. Проведена оценка урожайности, питательных свойств зерна и антиоксидантной способности сортов пурпурного риса, выращенных на равнинных и высокогорных возвышенностях Таиланда, оценка влияния условий хранения на стабильность питательной ценности риса в течение шести месяцев хранения. [15]. Цельные злаки, такие как рис, ячмень, овес и пшеница, являются единственными пищевыми источниками трицина, который находится в отрубной части зерна. Фиолетовые генотипы риса имеют в околоплоднике самые высокие уровни трицина [16]. Взяты вместе, данные показывают, что трицин является потенциальным противоаллергическим материалом, которые могут быть применены для профилактики заболеваний, связанных с аллергией [17].

Требовательность риса к минеральному питанию показана во многих научных работах, внесение минеральных удобрений в рисоводстве может обусловить 80-ти процентное увеличение урожайности риса [16-18]. Результаты проведенных ранее исследований свидетельствуют о неоднозначном влиянии уровня минерального питания на качество риса. Отмечено, что влияние применения азотных удобрений на кулинарные и пищевые качества неоднозначно: если норма N оказывает благоприятное влияние на перевариваемость и качество пи-

тания, то на внешний вид и качество приготовленной пищи, технологические свойства – повышение уровня минерального питания может привести к снижению стекловидности, возрастает трещиноватость и количество недоразвитых зерен. [19-21]. Повышенные дозы азота в оптимальных пределах во время налива приводят к увеличению содержания белка и уменьшению содержания амилозы [22, 23].

Амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна риса зависят от содержания амилозы и белка в крахмале. Показано, что, чем выше максимальная вязкость дисперсии, тем ниже содержание амилозы в крахмале. При наступлении максимальной вязкости крахмала при прогреве происходит многократный фазовый переход; при обработке дитиотреитолом крахмальной дисперсии, при нарушении дисульфидных связей снижается скорость первой фазы клейстеризации [24]. Амилопектин и белок оказывают влияние на амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна у риса [25].

Цель исследований

Изучить амилографические характеристики крахмальной дисперсии зерна сортов риса, являющихся донорами ценных признаков качества зерна в селекции цветных сортов, выращенных в различных условиях азотного питания.

Материалы и методы исследований

Материалом исследования служили сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» (ВНИИ риса, Краснодар): белозерные – Кураж, Альянс, Велес, Светлана; цветные – Рубин, Мавр, Гагат, выращенные на в Абинском районе Краснодарского края при различных дозах азота (N_{60} и N_{120}) в 2019, 2020 гг.

Определение амилографических характеристик проводили на микровискоамилографе Brabender (Германия).

Результаты и обсуждение

При нагревании крахмальной дисперсии зерна риса выше 30 °C происходит увеличение крахмальных зерен, нарушается их структура, начинают разрушаться водородные связи. При температуре, более 50 °C крахмальные зерна набухают сначала обратимо, затем необратимо. Повышается вязкость крахмальной дисперсии, крахмал клейстеризуется незначительно, низкомолекулярные фракции амилозы переходят в раствор. На завершающем этапе при нагревании дисперсии до 98 °C крахмальные зерна разрушаются, кристалличность зерна подвергается деструкции, полисахариды переходят в раствор. Амилоза растворяется полностью. При последующем охлаждении раствора возникают новые кристаллические структуры крахмала.

Результаты изучения динамики вязкости крахмальной дисперсии сортов Кураж, Велес, Альянс и Рубин представлены на рисунке 1.

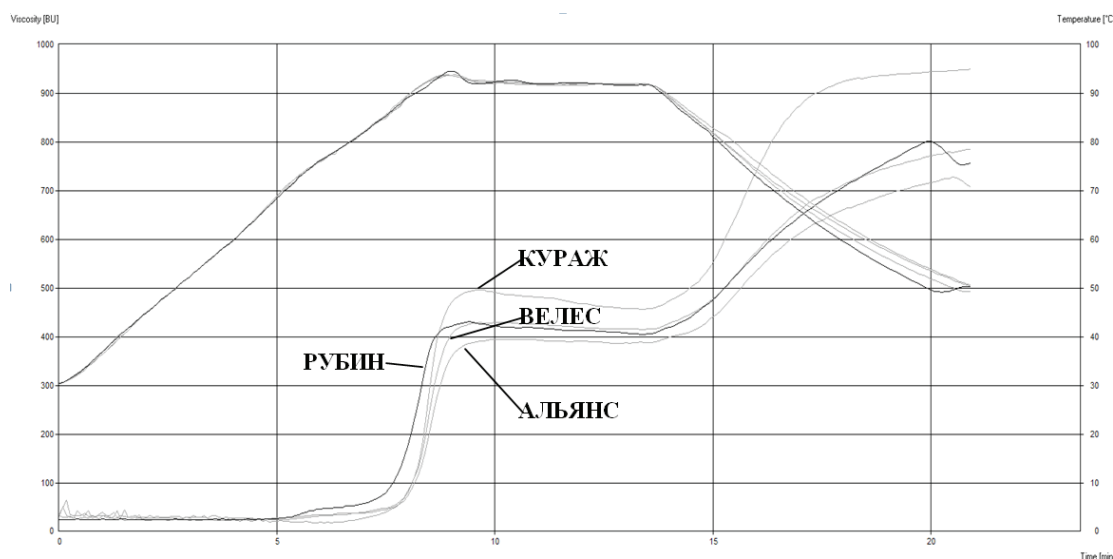


Рисунок 1. Динамика вязкости крахмальной дисперсии зерна сортов с белым перикарпом Кураж, Велес, Альянс и окрашенным перикарпом Рубин при нагревании и охлаждении, урожай 2019, 2020 гг.

Наибольшая максимальная вязкость, на уровне 500 Ед. Бр. наблюдалась у сорта Кураж, что соответствует представлениям об его содержании амилозы в крахмале – 16-18 %. Велес, Рубин и Альянс характеризовались более низкими показателями значений показателей вязкости. При охлаждении крахмальной дисперсии отмечался значительный рост вязкости у сорта Кураж, что свиде-

тельствует о больших изменениях вновь формирующейся кристаллической структуры крахмала сорта.

Использование различных доз азотных удобрений при выращивании белозерных и краснозерных сортов, источников ценных признаков качества зерна в селекции цветного риса, привело к формированию иных показателей вязкости (рис. 2, 3.).

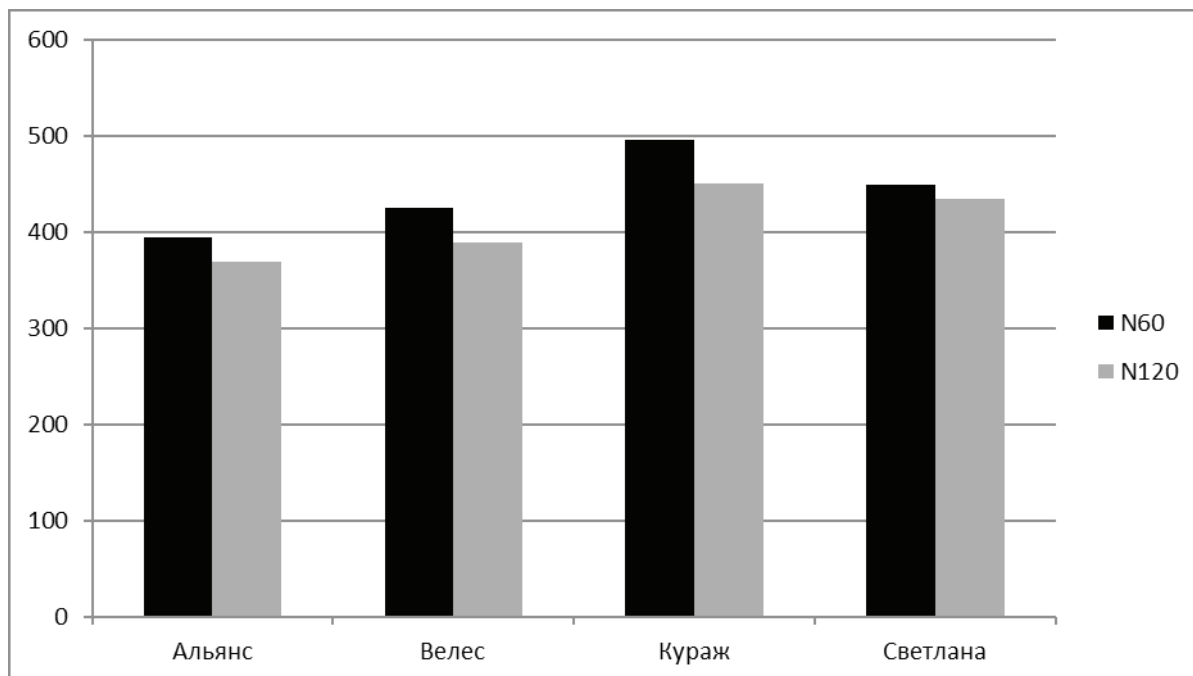


Рисунок 2. Показатели максимальной вязкости крахмальной дисперсии зерна белозерных сортов риса, выращенных при различных дозах азота, урожай 2019, 2020 гг.

У всех сортов максимальная вязкость крахмальной дисперсии при внесении 60 кг д. в. азота была выше, чем при внесении 120 кг д.в. У сорта Гагат – на 25 Ед.

Бр., сорта Мавр и Рубин – на 16 Ед. Бр.; у сорта Альянс – на 26 Ед. Бр., сорта Велес – на 36 Ед. Бр., сорта Кураж – на 45 Ед. Бр., сорта Светлана – на 15 Ед. Бр.

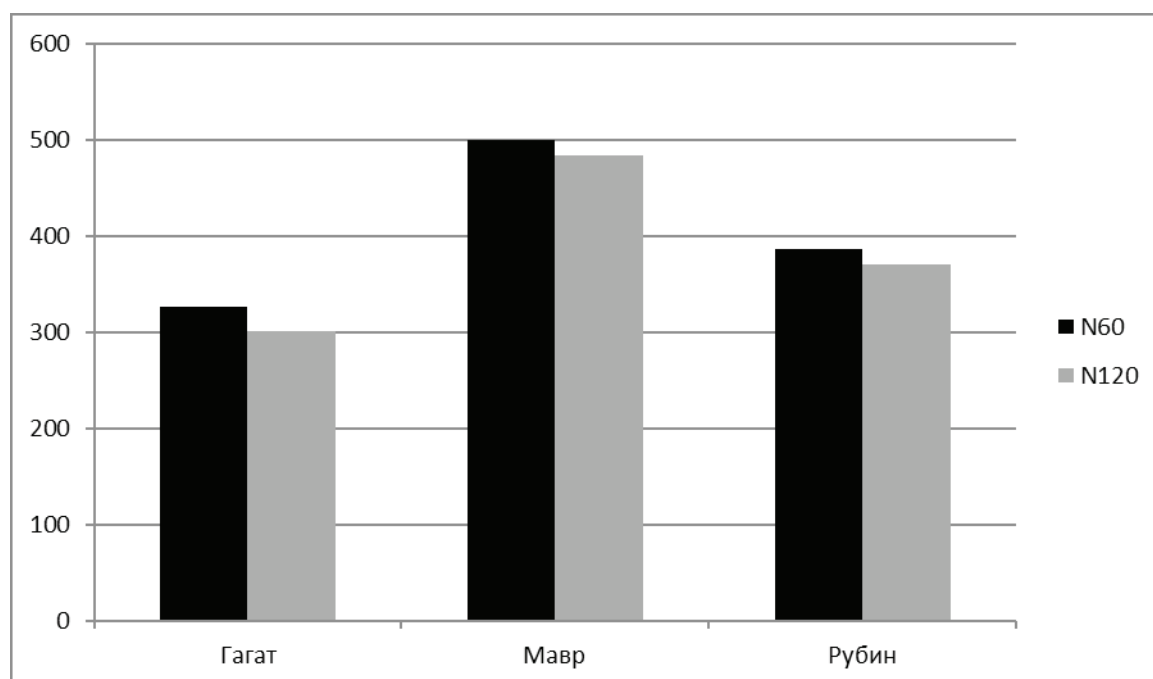


Рисунок 3. Показатели максимальной вязкости крахмальной дисперсии зерна цветных сортов риса, выращенных при различных дозах азота, урожай 2019, 2020 гг.

При созревании зерновки риса происходит формирование его крахмалистой паренхимы. Эндосперм зерновки, состоящий в основном из крахмалистой паренхимы структурируется и приобретает кристалличность. При этом в ней расположены структуры с содержанием азотсодержащих веществ, липидов, фосфатов и др. веществ. Эти вещества обеспечивают поликристалличность и меняют характеристики вязкости крахмальной дисперсии при нагревании и охлаждении: липиды снижают растворимость крахмала при нагревании, а амилозо-липидные комплексы – способность к набуханию у крахмальных зерен; фосфаты повышают вязкость дисперсии при нагревании. Таким образом, в крахмальных зернах содержится значительная часть азотистых веществ (протеинов, пептидов, амидов, аминокислот, ферментов нуклеиновых кислот, способствующих уменьшению вязкости крахмала, особенно при их взаимодействии с полисахаридами. При этом степень кристалличности крахмальных зерен и тип кристаллической решетки определяют реологические свойства и термодинамические характеристики [26]. Результаты проведенных исследований подтвердили изменение

структуры запасной части зерновки риса при внесении различных доз азотных удобрений по показателям вязкости крахмальной дисперсии зерна.

Выводы

Белозерные и цветные сорта риса российской селекции – источники ценных признаков качества зерна в селекции отечественных сортов риса, характеризуются различными показателями вязкости крахмальной дисперсии зерна при ее нагревании и охлаждении. При увеличении дозы вносимых азотных удобрений с 60 до 120 кг д.в./га максимальная вязкость крахмальной дисперсии у всех сортов увеличивалась на 16-45 Ед. Бр. Причем наибольшие изменения показателя отмечены для сортов Велес и Кураж (36-45 Ед. Бр.). Сорта Мавр Рубин и Светлана можно отнести к относительно стабильным по реакции на азотные удобрения в отношении показателей вязкости крахмала. Таким образом, изменение азотного питания растений, в частности минерального, привело к изменению физико-химических свойств зерновки и, вероятно, биохимического состава крахмалистой паренхимы. Как правило, такие изменения приводят и к изменению кулинарных достоинств у сорта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского Научного Фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1-20/20.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Rajni, M. Effect of Processing on the Nutritional Quality of Red Rice Cultivars / M. Rajni and R. Usha // J. of Life Sc., 2016. – V. 8 – P. 12-18. doi.org/10.1080/09751270.2016.11907835.
2. Walter, M. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Rice / M. Walter and E. Marchesan // Br. Arch. of Biol. and Tech., 2011. – V. 54(2). – P. 371-377. doi: 10.1590/S1516-89132011000200020.
3. Prasad, B. J. Health benefits of black rice / B.J. Prasad, P.S. Sharavanan and R. Sivaraj // A review Gr. & Oil Sc. and Tech., 2019. – V. 2b. – P. 109-113. doi.org/10.1016/j.gaost.2019.09.005.
4. Ojha, P. Milling, nutritional, physical and cooking properties of four Basmati rice varieties / Ojha P, Chaudhary O, Subedi U, Karki R and Dongol D M S // J. of Nep. Agr., 2018. – V. 4(1). – P. 18-24. DOI 10.3126/jnarc.v4i1.19686.
5. Zhu, Y. Metabolism and prebiotics activity of anthocyanins from black rice (*Oryza sativa* L.) in vitro / Y.Zhu, H. Sun, Sh. He, Q. Lou, M. Yu, M. Tang and L. Tu // Plos One, 2018. – P. 1-15. doi.org/ 10.1371/journal.pone.0195754.
6. Sompong, R. Study of glutinous and non-glutinous rice (*Oryza sativa*) varieties on their antioxidant compounds / R. Sompong, S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin and E. Berghofer // F. Chem., 2010. – V. 124(1). – P. 132-140. doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.115.
7. Jang, S. Increases of lipophilic antioxidants and anticancer activity of coix seed fermented by *monascus purpureus* / S. Jang and Z. Xu // J. of agr. and F. Chem., 2009.- V. 57. – P. 858-862. DOI: 10.3390/foods10030566.
8. Gunaratne, A. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins / A. Gunaratne, K. Wu, D. Li, A. Bentota, H. Corke and C. Yi-Zhong // F. Chem., 2013. – V. 138. – P. 1153-1161.
9. Min, B. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color / B. Min, A.M. McClung and M.N. Chen Min // Journal of Food Science, 2010. -V. 76(1). – P. 117-126. dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.01929.x.
10. Huang, Yu-Ping. Bioactive compounds and antioxidative activity of colored rice bran / Huang Yu-Ping and Lai Hsi-Mei // Journal of Food and Drug Analysis. -2016. - V. 24(3). – P. 564-574. DOI 10.1016/j.jfda.2016.01.004.
11. Gianinetti, A. The caryopsis of red-grained rice has enhanced resistance to fungal attack / A. Gianinetti, F. Finocchiaro, F. Maisenti, D. Kouongni Satsap, C. Morcia, R. Ghizzoni and Terzi // J. of F., 2018. – V. 4(2). – P. 71. DOI 10.3390/jof4020071.
12. Pramai, Ph. Chemometric classification of pigmented rice varieties based on antioxidative properties in relation to color / Ph. Pramai and S. Jiamyangyuen // J. of Sc. and Tech. (SJST), 2016. – V. 38(5). – P. 463-472. DOI 10.14456/sjst-psu.2016.62.
13. Chen, M-H. Bran data of total flavonoid and total phenolic contents, oxygen radical absorbance capacity, and profiles of proanthocyanidins and whole grain physical traits of 32 red and purple rice varieties / M-H. Chen, A.M. McClung and C.J. Bergman //Data in Brief, 2016. – V. 8. – P. 6-13. doi.org/10.1016/j.dib.2016.05.001.
14. Park, J-R. Assessment of the genetic diversity of rice germplasms characterized by black-purple and red pericarp color using simple sequence / J-R. Park, W-T. Yang, Y-Sh. Kwon, H-N. Kim, K-M. Kim and D-H. Kim // Repeat Markers Plants, 2019. – V. 8 (11). – P. 471. doi.org/10.3390/plants8110471.
15. Yamuangmorn, S. Jumrus S., Jamjod S., Yimyan N. and Prom-u-Thai Ch. / Agronomy, 2021. – V. 11(1). – P. 83. doi.org/10.3390/agronomy11010083
16. Poulev, A. Tricin levels and expression of flavonoid biosynthetic genes in developing grains of purple and brown pericarp rice / A. Poulev, J.R. Heckman, I. Raskin and F.C. Belanger // Plant Biology, 2019. doi.org/10.7717/peerj.6477.
17. Lee, J-Y. Tricin isolated from enzyme-treated *Zizania latifolia* extract inhibits ige-mediated allergic reactions in rbl-2h3 cells by targeting the Lyn/Syk / J-Y. Lee, S-H. Park, S-Ah. Kwang-Hwan and Y. Jhee // Pathway Molecules, 2020. – V. 25 (2084). doi.org/10.3390/molecules25092084.
18. Wopereis, M. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valley / M. Wopereis, H. Watanabe, J. Moreira and M.C.S. Wopereis // European Journal of Agronomy, 2002. - V. 17(3). – P. 191-198. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00009-6.
19. Syahariza, Z.A. The importance of amylose and amylopectin fine structures for starch digestibility in cooked rice grains / Z.A. Syahariza, S. Sar, J. Hasjim, M.J. Tizzotti and R.G. Gilbert // 2013. – V. 136. – P. 742-749.
20. Perez, C.M. Effects of nitrogenfertilizer treatment and source and season on grain quality of IR64 rice / C.M. Perez, B.O. Juliano, S.K. De Datta and S.T. Amarante // Plant Food Hum. Nutr., 1990. – V. 40. – P. 123-130.
21. Yoshida, H. Modeling the effects of N application on growth, yield and plant properties associated with the occurrence of chalky grains of rice / H. Yoshida, K. Takehisa, T. Kojima, H. Ohno, K. Sasaki and H. Nakagawa // Plant Production Science, 2016. – V. 19(1). – P. 30-42.

22. Xiong, F. Effects of nitrogen application time on caryopsis development and grain quality of rice variety Yangdao 6 / F. Xiong, Zh. Wang, Y-J. Gu, G. Chen and P. Zhou // Rice Science, 2008. – V. 15(1). – P. 57-62. doi 10.1016/S1672-6308(08)60020-7.
23. Martin, M. Proteins in rice grains influence cooking properties / M. Martin and M.A. Fitzgerald // J. Cereal Sci., 2002. – V. 36. – P. 285–294.
24. Rosell, C. M. Pasting Process in Rice Flour Using Rapid Visco Analyser Curves and First Derivatives / C. M. Rosell, M. Gómez // Frederick Meadows First published: 15 July 2002.
25. Martin, D.J. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. Pages 180-182 in: Cereals International / D.J. Martin, C.W. Wrigley // Aust. Chem. Inst.: Melbourne. Bourne, M. C. - 1982. - P. 180-182.
26. Martin, D.J. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. Pages 180-182 in: Cereals International / D.J. Martin, C.W. Wrigley // Aust. Chem. Inst.: Melbourne. Bourne, M. C. - 1982. - P. 180-182.

Наталья Георгиевна Туманьян

Заведующий лаборатории качества риса,
E-mail: tngerag@yandex.ru

Natalia Georgievna Tumanyan

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

Жанна Михайловна Мухина

Главный научный сотрудник лаборатории
биотехнологии и молекулярной биологии
E-mail: agroplazma@gmail.com

Zhanna Mikhaylovna Mukhina

Chief researcher of laboratory of biotechnology and
molecular biology
E-mail: agroplazma@gmail.com

Элина Юрьевна Папулова

Старший научный сотрудник лаборатории качества
риса,
E-mail: elya888.85@mail.ru

Elina Yurievna Papulova

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

Все: ФГБНУ «ВНИИ риса»
350921, Россия, Краснодар
Белозерный, 3
E-mail: arrri_kub@mail.ru

All: FSBSI «ARRRI»
3, Belozerny, Krasnodar,
350921, Russia
E-mail: arrri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-27-33
УДК: 633.18.631.52:631.523

С.С. Чижикова, канд. биол. наук,
Т.Б. Кумейко, канд. с.-х. наук,
О.А. Маскаленко,
Н.Г. Туманьян, д-р биол. наук, профессор
г. Краснодар, Россия

ОЦЕНКА СОРТОВ РИСА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ КАЧЕСТВА В СВЯЗИ С РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЗЕРНОВОК В МЕТЕЛКЕ

Представлены результаты технологической оценки сортов риса в связи с расположением зерновок в метелке. Материалом исследований служили российские сорта риса, выращенные в Абинском районе Краснодарского края в 2018 - 2020 гг.: раннеспелый – Азовский, среднеспелые – Рапан, Рапан 2, Флагман; среднепозднеспелые – Олимп, Патриот. Поскольку создание сортов риса с низкой разнокачественностью зерновок в метелках является актуальным, целью исследований было изучить технологические признаки качества зерна российских сортов риса в связи с местоположением зерновок в метелке для выделения лучших генотипов и вовлечения их в селекционный процесс. В результате исследований было выявлено, что крупность зерновки сверху вниз по метелке у сортов Рапан, Рапан 2, Флагман и Патриот снижалась, у сортов Азовский и Олимп – возрастала. Общая стекловидность, за исключением сортов Флагман и Азовский, и трещиноватость возрастали. Низкой разнокачественностью зерна по признаку «трещиноватость» в связи с расположением зерновок на метелке характеризовался сорт Патриот, не смотря на то, что изменчивость по крупности зерновки у сорта была максимальной. У сортов Азовский и Олимп отмечена низкая разнокачественность по крупности зерна в метелке. Таким образом, сорт Патриот может быть использован в селекции сортов с низкой разнокачественностью по признаку «трещиноватость», а сорта Олимп и Азовский – «крупность зерновки».

Ключевые слова: рис, технологические признаки, качество риса, расположение зерновок в метелке.

EVALUATION OF RICE VARIETIES BY TECHNOLOGICAL QUALITY CHARACTERISTICS IN CONNECTION WITH THE LOCATION OF GRAINS IN THE PANICLE

The results of the technological evaluation of rice varieties in connection with the location of the grains in the panicle are presented. The research material was Russian rice varieties grown in the Abinsky district of the Krasnodar Territory in 2018 - 2020: early – maturing - Azovsky, medium-maturing - Rapan, Rapan 2, Flagman; medium-late-maturing - Olymp, Patriot. Since the creation of rice varieties with a low diversity of grain quality in panicles is relevant, the aim of the research was to study the technological characteristics of the grain quality of Russian rice varieties in connection with the location of the grains in the panicle in order to identify the best genotypes and involve them in the selection process. As a result of research, it was revealed that the grain size from top to bottom along the panicle in the varieties Rapan, Rapan 2, Flagman and Patriot decreased, in the varieties Azovsky and Olymp-increased. Overall vitreous, with the exception of Flagman and Azovsky varieties, and fracturing increased. The Patriot variety was characterized by low grain quality on the basis of "fracturing" due to the location of the grains on the panicle, despite the fact that the variability in the grain size of the variety was maximum. The varieties Azovsky and Olymp have a low heterogeneity in terms of grain size in the panicle. Thus, the Patriot variety can be used in the selection of varieties with low heterogeneity on the basis of "fracturing", and the Olymp and Azovsky varieties – "grain size".

Key words: rice, technological characteristics, quality of rice, location of grains in the panicle.

Введение

Создание сортов с высоким качеством и низкой разнокачественностью зерна является одним из основных требований рентабельности производства риса. Показатели признаков качества определяют реакцию генотипов на условия возделывания, зависят от способов уборки, технологии подработки и переработки зерна [1]. Местоположение зерновок в метелке так же является фактором качества зерна

риса. Созревание зерен в метелке происходит неравномерно: цветение в верхней части начинается на 2-5 дней раньше, чем в нижней, что приводит к тому, что зерновки верхней части метелки раньше достигают фазы полной спелости [2, 7]. Таким образом, в зерновой массе всегда есть зерновки разных фаз спелости: молочной, восковой и полной, что влияет на товарные и технологические признаки качества зерновой массы [1, 8]. При неблагоприятных

погодных условиях разнокачественность зерна в метелке увеличивается, особенно при низкой генотипической устойчивости к абиотическим стрессам [10]. Кроме того, была установлена разнокачественность зерна в метелке по признакам выхода крупы, массы 1000 зерен [6]. С увеличением крупности зерновки снижается ее пленчатость и увеличивается выход крупы [9]. От однородности зерновой массы по основным технологическим признакам качества (масса 1000 а. с. зерен, пленчатости, трещиноватости, стекловидности) зависит эффективность процесса переработки риса. В связи с вышеизложенным, актуальным является создание сортов риса с низкой разнокачественностью зерновок в метелках.

Цель исследований

Изучить технологические признаки качества зерна российских сортов риса в связи с местоположением зерновок в метелке с целью выделения лучших генотипов для вовлечения их в селекционный процесс.

Материалы и методы

Материалом исследований служили российские сорта риса, выращенные в Абинском районе Краснодарского края в 2018 - 2020 гг.: раннеспелый –

Азовский, среднеспелые - Рапан, Рапан 2, Флагман; среднепозднеспелые – Олимп, Патриот. Массу 1000 зёрен определяли по ГОСТу ISO 520-2014 с использованием ГОСТа 13586.5-93, пленчатость зерна – по ГОСТу 10843-76, стекловидность и трещиноватость – с помощью диафаноскопа ДСЗ-3 [3, 4]. Статистическая обработка данных проводилась по Дзюбе В.А. [5].

Результаты и обсуждение

Поскольку формирование и созревание зерна в различных частях метелки происходит одновременно, то и показатели технологических признаков качества изменяются в зависимости от местоположения зерновок в метелке [2]. Показатели признаков качества определяли у зерновок из верхней и нижней половины метелок и в каждой половине - с верхней и нижней частей веточек. Было выявлено, что масса 1000 а. с. зерен в верхних частях веточек с верхней половины метелок большинства изучаемых сортов значительно выше, чем в нижних ее частях (табл. 1). Обратная закономерность наблюдалась у сортов Азовский и Олимп, у которых более крупное зерно формировалось на верхних веточках нижних частей метелки.

Таблица 1. Масса 1000 а.с. зерен сортов риса в связи с расположением зерновок в метелке

Сорт	Год	Часть метелки	Часть веточек	Масса 1000 а. с. зерен, г	Отклонение от среднего значения признака, %
Рапан	2020	верхняя	верхняя	26,7	+6,7
			нижняя	24,0	-4,1
		нижняя	верхняя	26,2	+4,7
			нижняя	23,2	-7,3
	2019	верхняя	верхняя	26,3	+6,9
			нижняя	23,6	-4,1
			нижняя	26,1	+6,1
		нижняя	верхняя	23,0	-6,5
			нижняя	23,7	+5,8
			нижняя	21,5	-4,0
	2018	верхняя	верхняя	23,4	+4,5
			нижняя	21,1	-5,8
Рапан 2	2020	верхняя	верхняя	26,3	+6,5
			нижняя	24,3	-1,6
		нижняя	верхняя	25,4	+2,8
			нижняя	22,6	-8,5
	2019	верхняя	верхняя	26,9	+6,3
			нижняя	24,9	-1,6
			нижняя	26,1	+3,2
		нижняя	верхняя	23,3	-7,9
			нижняя	23,9	+6,7
			нижняя	22,1	-1,3
	2018	верхняя	верхняя	23,1	+3,1
			нижняя	20,6	-8,0
Флагман	2020	верхняя	верхняя	-	-
			нижняя	-	-
		нижняя	верхняя	-	-
			нижняя	-	-
	2019	верхняя	верхняя	25,2	+4,6
			нижняя	23,4	-2,9
		нижняя	верхняя	24,9	+3,3
			нижняя	23,1	-4,1

Продолжение таблицы 1

Сорт	Год	Часть метелки	Часть веточек	Масса 1000 а. с. зерен, г	Отклонение от среднего значения признака, %
	2018	верхняя	верхняя	22,9	+4,1
			нижняя	21,3	-3,2
		нижняя	верхняя	22,7	+3,2
			нижняя	21,1	-4,1
Азовский	2020	верхняя	верхняя	23,5	+3,2
			нижняя	21,8	-4,3
		нижняя	верхняя	24,0	+5,3
			нижняя	21,8	-4,4
	2019	верхняя	верхняя	23,4	+3,4
			нижняя	21,5	-4,8
		нижняя	верхняя	23,7	-5,0
			нижняя	21,6	-4,6
	2018	верхняя	верхняя	21,3	+3,6
			нижняя	19,7	-4,6
		нижняя	верхняя	21,7	+5,2
			нижняя	19,6	-4,7
Олимп	2020	верхняя	верхняя	23,6	+3,7
			нижняя	21,8	-4,6
		нижняя	верхняя	24,0	+5,4
			нижняя	21,7	-4,8
	2019	верхняя	верхняя	22,8	+3,5
			нижняя	20,9	-4,8
		нижняя	верхняя	23,2	+5,6
			нижняя	20,9	-5,0
	2018	верхняя	верхняя	21,9	+3,9
			нижняя	20,2	-4,4
		нижняя	верхняя	22,3	+5,9
			нижняя	20,0	-4,9
Патриот	2020	верхняя	верхняя	29,8	+9,1
			нижняя	25,7	-2,6
		нижняя	верхняя	27,9	+2,2
			нижняя	24,2	-9,9
	2019	верхняя	верхняя	28,3	+9,2
			нижняя	25,1	-3,0
		нижняя	верхняя	26,4	+2,0
			нижняя	23,3	-10,0
	2018	верхняя	верхняя	28,4	+9,4
			нижняя	25,3	-2,8
		нижняя	верхняя	26,6	+2,4
			нижняя	23,7	-9,0

Максимальные значения признака отмечены в 2020 году у сортов Рапан (25,1 г), Азовский (22,8 г), Олимп (22,8 г), Патриот (26,9 г); в 2019 – у сорта Рапан 2 (25,3 г). Минимальные значения массы 1000 а.с. зерен были в 2018 году у сортов Рапан (22,4 г), Рапан 2 (22,4 г), Азовский (20,6 г) и Олимп (21,1 г); в 2019 году – у сорта Патриот (25,8 г).

Для определения изменчивости сорта по признакам качества рассчитывали отклонение от среднего значения признака. Крупность зерновки по метелке возрастает от 9,1 до 9,4 % на верхних веточках в верхней части метелки и снижается на нижних веточках нижней части метелки от 9,0 до 10,0 % у сорта Патриот по годам исследований. У сортов Азовский масса 1000 а. с. зерен возрастает в верхних веточках верхней части метелки от 3,2 до

3,6 % и уменьшается на нижних веточках нижней части метелки от 4,4 до 4,7 %. Схожая закономерность наблюдается у сорта Олимп. Таким образом, по признаку «масса 1000 а. с. зерен» наиболее стабильны сорта Олимп и Азовский.

Стекловидность зерна у большинства изучаемых сортов была выше в верхних частях веточек с верхней половины метелок, за исключением сорта Флагман, у которого наибольшие значения признака отмечены на верхних веточках с нижней половины метелки (табл. 2). Высокая стекловидность зерновок на верхних частях веточек объясняется доступностью питательных элементов при созревании зерновки и высокой конкурентоспособностью зерновок на верхних концевых частях метелки по сравнению с внутренними нижними.

Таблица 2. Стекловидность зерна сортов риса в связи с расположением зерновок в метелке

Сорт	Год	Часть метелки	Часть веточек	Стекловидность, %	Отклонение от среднего значения признака, %
Рапан	2020	верхняя	верхняя	85	+6,3
			нижняя	79	-1,2
		нижняя	верхняя	78	-2,5
			нижняя	76	-5,0
	2019	верхняя	верхняя	99	+4,2
			нижняя	94	-1,0
		нижняя	верхняя	93	-2,1
			нижняя	92	-3,2
	2018	верхняя	верхняя	98	+7,7
			нижняя	89	-2,1
		нижняя	верхняя	89	-2,1
			нижняя	88	-3,3
Рапан 2	2020	верхняя	верхняя	87	+7,4
			нижняя	79	-2,5
		нижняя	верхняя	79	-2,5
			нижняя	78	-3,7
	2019	верхняя	верхняя	99	+4,2
			нижняя	94	-1,1
		нижняя	верхняя	94	-1,1
			нижняя	93	-2,1
	2018	верхняя	верхняя	92	0
			нижняя	92	0
		нижняя	верхняя	93	+1,1
			нижняя	89	-3,3
Флагман	2020	верхняя	верхняя	-	-
			нижняя	-	-
		нижняя	верхняя	-	-
			нижняя	-	-
	2019	верхняя	верхняя	98	+1,6
			нижняя	91	-5,7
		нижняя	верхняя	99	+2,6
			нижняя	98	+1,6
	2018	верхняя	верхняя	77	+2,9
			нижняя	72	-3,7
		нижняя	верхняя	73	-2,4
			нижняя	77	+2,9
Азовский	2020	верхняя	верхняя	63	+0,2
			нижняя	63	+0,2
		нижняя	верхняя	63	+0,2
			нижняя	61	-3,5
	2019	верхняя	верхняя	86	+0,4
			нижняя	86	+0,4
		нижняя	верхняя	86	+0,4
			нижняя	83	-3,7
	2018	верхняя	верхняя	75	+0,8
			нижняя	75	+0,8
		нижняя	верхняя	75	+0,8
			нижняя	71	-3,5
Олимп	2020	верхняя	верхняя	64	+0,5
			нижняя	64	+0,5
		нижняя	верхняя	64	+0,5
			нижняя	61	-3,3
	2019	верхняя	верхняя	90	+0,5
			нижняя	90	+0,5
		нижняя	верхняя	91	+0,7
			нижняя	87	-3,5
	2018	верхняя	верхняя	84	+1,0
			нижняя	84	+1,0
		нижняя	верхняя	84	+1,0
			нижняя	80	-3,2
Патриот	2020	верхняя	верхняя	66	+3,3
			нижняя	65	+2,3
		нижняя	верхняя	64	+0,3
			нижняя	60	-6,0
	2019	верхняя	верхняя	96	+4,0
			нижняя	94	+2,0
		нижняя	верхняя	92	0
			нижняя	86	-7,0
	2018	верхняя	верхняя	84	+3,7
			нижняя	83	+2,5
		нижняя	верхняя	81	+0,2
			нижняя	76	-6,6

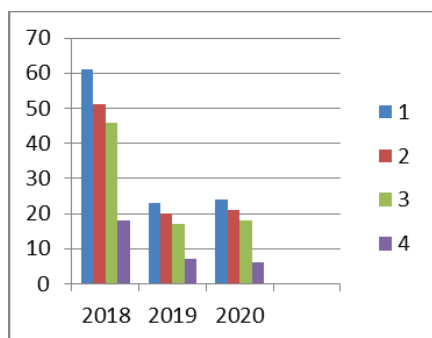
Стекловидность зерна была одинаковой на верхних и нижних веточках с верхней части метелки у сортов Рапан 2 в 2018 г. (92 %), Азовский в 2020 г. (63 %), в 2019 г. (86 %), 2018 г. (75 %), Олимп в 2020 г. (64 %), в 2018 г. (84 %). Максимальные значения признака отмечены в 2019 году у сортов Рапан (94 %), Рапан 2 (95 %), Азовский (86 %), Олимп (90 %), Патриот (92 %).

Отклонение от среднего значения признака «стекловидность» было наибольшим у сорта Рапан на верхних веточках верхней части метелки и изменялось в пределах от 4,2 до 7,7 % по годам исследований. У сорта Азовский значения признака изменялись меньше всего и отклонение от среднего

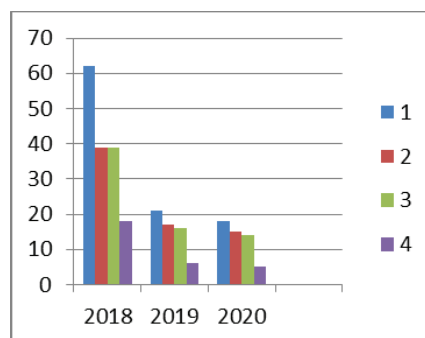
значения признака за годы исследований составляло 0,2 – 0,8 % на верхних веточках верхней части метелки. Этот сорт наиболее стабилен по признаку «общая стекловидность».

Трещиноватость у всех изучаемых сортов изменялась так же, как и масса 1000 а. с. зерен и была выше у зерновок с верхних веточек верхней части метелок (рис. 1).

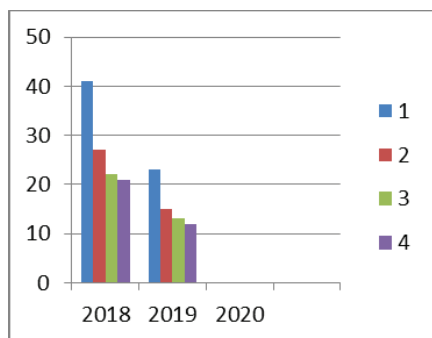
Наибольшие значения признака были в 2018 году и составляли 44 % у сорта Рапан, 38 % у сорта Рапан 2, 22 % у сорта Азовский, 20 % у сорта Олимп, 23 % у сорта Патриот. То есть качество урожая в 2018 году по признаку «трещиноватость» было значительно ниже, чем в 2019 и 2020 гг. у со-



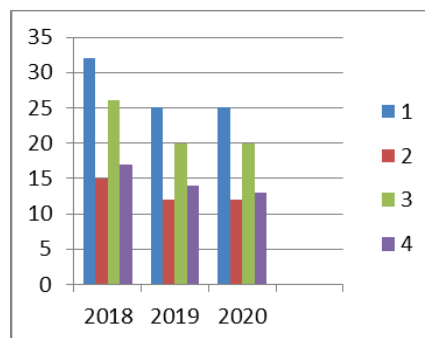
Сорт Рапан



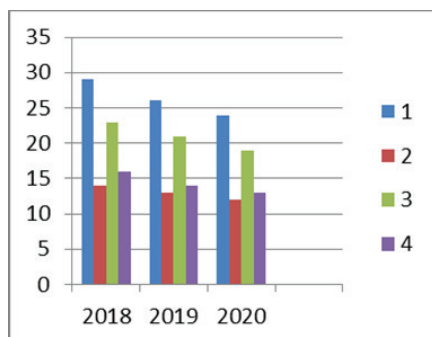
Сорт Рапан 2



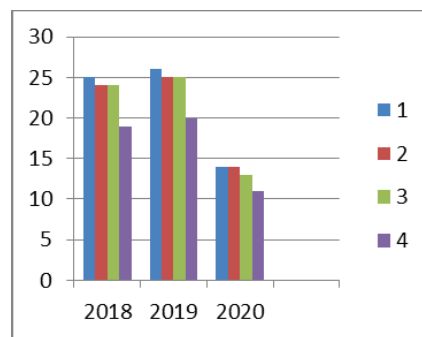
Сорт Флагман



Сорт Азовский



Сорт Олимп



Сорт Патриот

Рисунок 1. Трещиноватость сортов риса в связи с расположением зерновок в метелке

Примечание: 1 – верхняя часть веточки из верхней части метелки, 2 – нижняя часть веточки из верхней части метелки, 3 – верхняя часть веточки из нижней части метелки, 4 – нижняя часть веточки из нижней части метелки.

ртов Рапан, Рапан 2 и Флагман. Значения признака по годам у сортов Патриот, Олимп и Азовский было невысокими и составляли 13 – 24 %.

Наибольшее отклонение от среднего значения признака «трещиноватость» наблюдалось у сорта Рапан на верхних веточках верхней части метелок и составляло 36,9 – 38,7 %. У сорта Патриот отклонение от среднего значения были наименьшими за годы исследований: 7,7 – 8,4 %, что говорит о стабильности сорта по признаку «трещиноватость».

Выводы

Таким образом, сверху вниз по метелке крупность зерновки у сортов Рапан, Рапан 2, Флагман, Патриот снижалась, у сортов Азовский и Олимп – возрастала. Общая стекловидность, за исключением сортов Флагман и Азовский, и трещиноватость возрастали. Более высокие значения признаков «масса 1000 а. с. зерен» и «стекловидность» в верхней части метелки на верхних веточках подтверждают высокие темпы созревания зерновок в этой части метелки, в то время как из-за более медленного налива зерновок и сокращения поступления ассимилятов в нижней части

метелки формируются менее полноценные зерна с мучнистыми пятнами. Однако на верхних частях веточек метелки и внутренних частях нижних веточек трещиноватость зерна была выше средних значений, а на внутренних частях нижних веточек значительно (на 15,4 – 66,1 %) ниже средних значений. В отношении важнейшего признака качества – трещиноватости – низкой разнокачественностью зерна в связи с расположением на метелке характеризовался сорт Патриот, не смотря на то, что изменчивость по крупности зерновки у сорта была максимальной. У сортов Азовский и Олимп отмечена низкая разнокачественность по крупности зерна в метелке. В связи с тем, что сорта риса, которые равномерно распределяют питательные вещества по растению с оптимальной его интенсивностью при созревании, необходимы в селекции сортов с высоким качеством зерна риса и низкой его разнокачественностью по метелке, сорт Патриот может быть использован в селекции сортов с низкой разнокачественностью по признаку трещиноватости, а сорта Олимп и Азовский – крупности зерновки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аниканова, З.Ф. Рис: сорт, урожай, качество. 2-е изд., перераб. и доп. / З.Ф. Аниканова, З.Ф. Тарасова. - М.: Агропромиздат, 1988. - 112 с.
2. Гаркуша, С.В. Разнокачественность зерна риса отечественных сортов в связи с местоположением зерновок в метелке / С.В. Гаркуша, Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая, Г.Л. Зеленский // Труды КубГАУ. - Краснодар, 2016. - Т. 30. - № 8. - С. 52-55.
3. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен и 1000 семян; введ. 1999-07-01. - Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, - Зерно. Методы анализа, 2009. - 7 с.
4. ГОСТ 10987-76. Метод определения стекловидности; введ. 1977-06-01. - Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. - 53 с.
5. Дзюба, В.А. Многофакторный опыт и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методические рекомендации (доп.). - Краснодар. - 2007. - 76 с.
6. Костина, С.С. Характер изменения признаков качества риса в зависимости от степени зрелости зерновок / С.С. Костина // Экологическая генетика культурных растений: Тез. Докл. Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар: Печатный двор Кубани, 2003. - С. 58.
7. Чижикина, С.С. Оценка качества зерна сортов селекции ВНИИ риса в связи с расположением зерновок в метелке / С.С. Чижикина, О.А. Маскаленко, К.К. Ольховая // В сборнике: Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 307-311.
8. Чижикина, С.С. Разнокачественность зерна сортов риса селекции ВНИИ риса по технологическим признакам качества, выращенных в условиях Краснодарского края в связи с расположением зерновок в метелке / С.С. Чижикина, О.А. Маскаленко, Н.Г. Туманьян, Т.Б. Кумейко, К.К. Ольховая // Рисоводство. - Краснодар, 2019. - № 1 (42). - С. 6-12.
9. Bhattacharya, K.R. Indudhara interrelationship between certain physico-chemical properties of rice / K.R. Bhattacharya, C.M. Sowbhagya, V.M. Swami // J. Food Sci. - 1972. - Vol. 37. - № 5. - p. 17-20.
10. Clearing, J. Old Hurdles with New Science / J. Clearing // Improving Rice Grain Quality. - 2007. - P. 3-4.

REFERENCES

1. Anikanova, Z. F. Rice: variety, yield, quality. 2nd ed., reprint. and add. / Z. F. Anikanova, Z. F. Tarasova. - M.: Agropromizdat, 1988. - 112 p.
2. Garkusha S. V., Tumanyan N. G., Kumeyko T. B., Olkhovaya K. K., Zelensky G. L. Raznokachestvennost ' grain of rice of domestic varieties in connection with the location of grain grains in the panicle // Trudy KubGAU. - Krasnodar, 2016. - Vol. 30. - № 8. - P. 52-55.
3. GOST 10842-89. Grain of cereals and legumes and seeds of oilseeds. Method for determining the mass of 1000 grains and 1000 seeds; introduction. 1999-07-01. - Moscow: Mezghos. Council for Standardization, Metrology and Certi-

fication; Moscow: Publishing House of Standards, - Grain. Methods of analysis, 2009. - 7 p.

4. GOST 10987-76. Method for determining vitreous; introduction. 1977-06-01. - Moscow: Mezhdgos. Council for Standardization, Metrology and Certification; Moscow: Izdvo standartov, 2009. - 53 p.

5. Dzyuba, V. A. Multifactorial experience and methods of biometric analysis of experimental data / V. A. Dzyuba // Methodological recommendations (add.). - Krasnodar. - 2007. - 76 p.

6. Kostina, S. S. The nature of changes in the characteristics of rice quality depending on the degree of maturity of grains / S. S. Kostina // Ecological genetics of cultivated plants: Tez. Docl. All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Krasnodar: Printing Yard of Kuban, 2003. - P. 58.

7. Chizhikova, S. S. Evaluation of grain quality of varieties of selection of the Rice Research Institute in connection with the location of grains in the panicle / S. S. Chizhikova, O. A. Moskalenko, K. K. Olkhovaya // In the collection: Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally safe agricultural and food products. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. - 2019. - P. 307-311.

8. Chizhikova, S. S. Evaluation of grain quality of varieties of selection of the Rice Research Institute in connection with the location of grains in the panicle / S. S. Chizhikova, O. A. Moskalenko, K. K. Olkhovaya // In the collection: Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally safe agricultural and food products. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. - 2019. - P. 307-311.

9. Bhattacharya, K.R. Indudhara interrelationship between certain physico-chemical properties of rice / K.R. Bhattacharya, C.M. Sowbhagya, V.M. Swami // J. Food Sci. - 1972. - Vol. 37. - № 5. - P. 17-20.

10. Clearing, J. Old Hurdles with New Science / J. Clearing // Improving Rice Grain Quality. - 2007. - P. 3-4.

Светлана Сергеевна Чижикова

Старший научный сотрудник
лаборатории качества риса
E-mail: Kvetochka2005@yandex.ru

Svetlana Sergeevna Chizhikova

Senior Researcher of the Rice Quality Laboratory
E-mail: Kvetochka2005@yandex.ru

Татьяна Борисовна Кумейко

Старший научный сотрудник
лаборатории качества риса
E-mail: tatkumeyko@yandex.ru

Tatyana B. Kumeyko

Senior Researcher of the Rice Quality Laboratory
E-mail: tatkumeyko@yandex.ru

Оксана Александровна Маскаленко

Аспирант лаборатории качества риса

Oksana Aleksandrovna Moskalenko

Post-graduate student of the Rice Quality Laboratory

Наталья Георгиевна Туманьян

Заведующая лабораторией качества риса
E-mail: tngerag@yandex.ru

Natalia Georgievna Tumanyan

Head of the Rice Quality Laboratory
E-mail: tngerag@yandex.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

All: FSBSI «FNC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-34-37
УДК: 631.526.32:633.174.1

С. В. Кизинёк, д-р с.-х. наук,
В. В. Тараненко, канд. с.-х. наук,
В. С. Белоусов, канд. с.-х. наук,
Р. С. Шарифуллин, канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ИСПЫТАНИЕ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РИСОВОГО СЕВООБОРОТА

В последнее десятилетие значительно увеличились площади посевов зернового и сахарного сорго во многих агроклиматических зонах мира. Это обусловлено не только рекомендациями ФАО о необходимости увеличения в мире площадей под сорго до 55 млн. га в связи с аридностью климата. Широки возможности сорго, как фуражной культуры, так и сырья для производства многих продуктов питания, спирта, пива. Высокая засухоустойчивость и болезнеустойчивость, гарантирует высокий урожай независимо от погодных условий. Установлено значительное мелиоративное воздействие сорговых культур на почвы с развивающимися процессами физической деградации в мелиоративной зоне Кубани. Выращивание сорговых культур снижает объемную массу почвы из категории сильно плотных в категорию слабо и среднетяжелых, способствует рассолению почв – содержание токсичных ионов гидрокарбонатов и хлоридов ионов уменьшается в два три раза. Представлены результаты четырехлетних испытаний сорговых культур в условиях рисового севооборота Западной зоны Краснодарского края. Изучено влияние засухи на урожайность различных сортов сорго. Выявлены сорта сахарного и зернового сорго, в меньшей степени снижающие урожай в условиях рисового севооборота.

Ключевые слова: сорговые культуры, сорта, продуктивность, урожайность, качество зерна

TESTING OF SORGHUM CROPS IN CONDITIONS OF RICE CROP ROTATION

In the last decade, the area under crops of grain and sugar sorghum has significantly increased in many agro-climatic zones of the world. This is due not only to FAO's recommendations on the need to increase the area under sorghum in the world to 55 million hectares due to the aridity of the climate. The possibilities of sorghum are wide, both as a fodder crop and as a raw material for the production of many food products, alcohol, and beer. High drought resistance and disease resistance, guarantees a high yield regardless of weather conditions. A significant reclamation effect of sorghum crops on soils with developing processes of physical degradation in the reclamation zone of the Kuban was established. The cultivation of sorghum crops reduces the bulk of the soil from the category of very dense to the category of weak and medium-dense, contributes to soil desalinization - the content of toxic ions of hydrocarbonates and chloride ions decreases two to three times. The results of four-year tests of sorghum crops in the conditions of rice crop rotation in the Western zone of Krasnodar region are presented. The influence of drought on the productivity of various varieties of sorghum has been studied. The varieties of sugar and grain sorghum were revealed, which reduce the yield to a lesser extent in the conditions of rice crop rotation.

Key words: sorghumcrops, varieties, productivity, yield, grain yield

Введение

Производство зерна является главной задачей аграрного производства [12]. В условиях развивающихся аридность климата Краснодарского края развивающихся аридность климата Западной (рисовой) зоне зернофуражные и силосные сорговые культуры (суданская трава, сахарное и зерновое сорго) являются наиболее перспективными для возделывания. Биологические особенности сорговых культур способны эффективно использовать условия внешней среды и давать стабильный урожай [6, 7, 14]. Возделывание их особенно важно в условиях высоких плюсовых температур Краснодарского края, поскольку биологические особенности определяют засухоустойчивость и жаровыносливость этих культур.

Подбор сорговых культур и размещение их в рисовом севообороте улучшает агроэкологическое состояние рисовых чеков. Как показали исследования, сорговые культуры являются хорошей мелиорирующей культурой, оказывающей положительное влияние

на агрохимические и агрофизические характеристики почвы рисовых полей [5, 10, 11]. Важнейшая биологическая особенность сорго - высокая солеустойчивость. Так, сорговые культуры не только обеспечивают высокие урожаи зерна и зеленой массы, но и выносят из почвы до 70 кг/га солей, в том числе вредных - таких как хлориды и сульфаты [1, 8, 9].

С этой точки зрения большой практический интерес имеет изучение продуктивности этой ценной кормовой культуры для внедрения в сельскохозяйственное производство рисовых хозяйств Краснодарского края.

Цель исследований

Испытать сорта сорговых культур в рисовом севообороте, выращенных в условиях Западной зоны Краснодарского края (2015-2018 гг.).

Материалы и методы

Полевые опыты проводили на опытных полях рисовой оросительной системе ФГУП РПЗ «Красноармейский им. А. И. Майстренко» Красноармейского района с 2015 по 2018 гг.

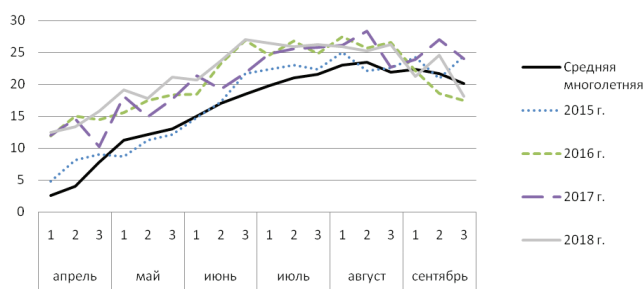


Рисунок 1. Температура воздуха за вегетационный период, С°

Материалом служили сорта зернового (Зерста 97, Круста, Состав) и сахарного (Калаус, Ярик, Алга) сорго.

Почвенный покров в основном представлен лугово-чернозёмными слабосолонцеватыми тяжелосуглинистыми почвами. Характеризуются следующими показателями: содержание гумуса 3,2, общих форм азота, фосфора и калия соответственно 0,23, 0,20 и 0,72 %. Количество легкогидролизуемого азота - 7,0, нитратов - 1,25 обменного аммония - 0,63, подвижного фосфора - 2,55, обменного калия - 29,0 мг/100 г, рН водной вытяжки - 7,6. Плотность сложения пахотного слоя 1,74...1,55 г/см³, вниз по профилю она снижается и в среднем в метровом слое равна 1,64 г/см³.

Погодные условия в период проведения исследований были различными. Температура в течение вегетационного периода 2015 года была умеренной, близкой к средней многолетней, а 2016 - 2018 гг. - жаркими и засушливыми (рис. 1).

Количество выпавших осадков весной и летом по годам исследований было благоприятным для роста и развития растений сорго (рис. 2).

Исследования проводили методом закладки полевых опытов в соответствии с методикой Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами с учетом методических рекомендаций Б.А.Досеихова. Учётная площадь делянки - 100 м², повторность четырёхкратная, системное размещение делянок в опытах. Качествен-

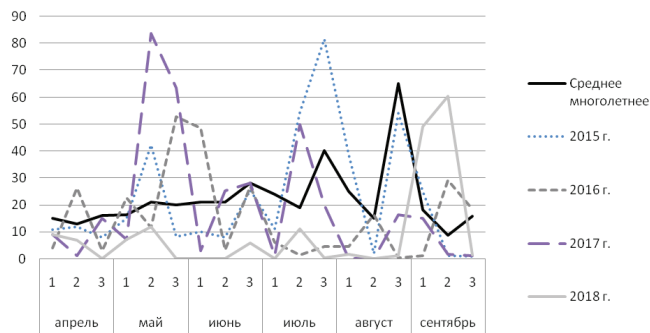


Рисунок 2. Осадки за вегетационный период, мм

ные показатели зерна определяли на инфракрасном спектрофотометре «Инфрарипид 61» [2-4].

Предшественником для сорговых культур являлся рис. Основная обработка почвы опытных участков включала следующие приёмы: удаление растительных остатков предшествующей культуры и зяблевую вспашку на глубину 20-22 см. Весенняя обработка почвы заключалась в паровой и предпосевной культивации на глубину 6-8 см. Посев проводили в первой-второй декаде мая с нормой 300 тыс. всхожих семян на 1 гектар с междурядьями 0,7 метра.

Основные мероприятия по уходу за растениями заключались в двух междурядных культивациях в возрасте растений сорго 3-4 и 5-7 листьев на глубину 8-12 см. Удобрения в годы проведения испытания сортов сорго не применяли.

Результаты и обсуждение

Полученный анализ научных данных о структуре биологического урожая сорговых культур показывает, что испытываемые сорта продуктивны. Наиболее короткий по продолжительности вегетационный период имели сорта зернового сорго: Состав, Круста и Зерста 97 в среднем 102, 108, 113 дней соответственно.

Наибольшую урожайность зелёной массы обеспечили сорта сахарного сорго: Калаус, Ярик - 166,9 т/га и 72,1 т/га в среднем за четыре года. Все сорта зернового сорго показали высокую урожайность зерна. Из них максимальный урожай имел сорт Зерста 97 - 6,1 тонны зерна с гектара (табл.1).

Таблица 1. Сравнительная продуктивность сортов сорговых культур в условиях рисового севооборота в среднем за 2015 - 2018 гг.

Показатель	Сахарное сорго			Зерновое сорго		
	Калаус	Ярик	Алга	Зерста 97	Круста	Состав
Высота растений, см	357,6	312,1	235,4	135,3	162,1	149,4
Надземная масса, г	1363,2	552,8	415,3	244,5	267,6	186,7
Длина метёлки, см	37,2	29,8	30,6	18,4	22,5	24,0
Масса зерна в метёлке, г	145,7	112,4	101,0	49,8	52,7	61,4
Масса 1000 семян, г	23,1	24,0	23,8	27,4	26,8	26,0

В зелёной массе сахарного сорго содержится воды 70-80 %, белка 3,0-5,0 %, жира до одного процента, сахаров 10-20 % и клетчатки 5-9 %. Зелёная масса сорго идёт на приготовление из неё силоса, сенажа и сена. В одном центнере содер-

жится до 20 кормовых единиц. У сахарного сорго используют два укоса на зелёную массу (табл. 2).

Хозяйственная ценность зерна сорго определяется высоким содержанием белка, крахмала и жира [жира (табл. 3) [14].

Таблица 2. Урожайность сорговых культур

Хозяйственная группа	Сорт	Урожайность, т/га				Средняя
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Сорго зерновое	Зерста 97	5,8	6,0	6,3	6,2	6,1
	Круста	5,1	5,5	4,3	4,8	4,9
	Состав	5,0	4,9	5,3	5,1	5,1
Сорго сахарное	Калаус	154,2	177,5	165,3	170,4	166,9
	Ярик	68,7	75,0	71,2	73,3	72,1
	Алга	29,8	41,0	34,5	39,8	36,3

Таблица 3. Качественные показатели продукции зернового сорго

Сорт	Показатель	Качественные показатели, %				Средняя
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Зерста 97	белок	10,8	11,3	12,6	13,0	14,6
	крахмал	62,5	64,2	63,4	65,0	63,8
	жир	2,7	2,8	3,2	3,0	2,9
Круста	белок	13,0	12,5	14,7	14,0	13,6
	крахмал	58,1	55,7	67,3	61,2	60,6
	жир	3,0	3,2	3,4	3,5	3,3
Состав	белок	12,7	14,8	11,5	13,4	13,1
	крахмал	64,6	60,3	70,9	66,5	65,6
	жир	3,1	3,4	3,2	3,3	3,3

Качественные показатели продукции зернового сорго в опыте варьировали по годам исследований по белку и крахмалу от 10,8 % до 14,8 % и от 58,1 % до 70,9 % соответственно по сортам. Показатель жира у сортов за годы испытаний изменялся незначительно.

Исследования выполнены согласно Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0013.

Выводы

Таким образом, на основании полученных результатов по испытанию сорговых культур можно сделать вывод, что представленные сорта показали высокую урожайность зелёной массы и зерна. Возделывание их в условиях рисового севооборота перспективно для укрепления кормовой базы рисосеющих хозяйств Краснодарского края.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, В.С. Оптимизация почвенных режимов на предкавказской равнине / В.С. Белоусов., В.В. Тараненко., А.Б. Володин // В сборнике: Почвы России: вчера, сегодня, завтра. Сборник статей по материалам Всероссийской с международным участием научной конференции, посвящённой Году экологии и 90-летию со дня рождения профессора В. В. Тюлина. Отв. за вып. А.М. Прокашев.-2017.- С. 73-76.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основаниями статистической обработки результатов исследований. М: Издательство Книга по требованию. - 2012. - 352 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при Министерстве сельского хозяйства СССР ; [Участвовали Ю.А. Роговский и др.]; Под общ. ред. М.А. Федина. - М. : Б. и., 1985. - 20 см.
4. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Рос.акад. с.-х. наук; [Подгот. Ю.К. Новоселов и др.]. - М. : РАСХН, 1997. - 156 с. : ил.; 20 см.
5. Кизинёк, С.В. Особенности солевого режима почв мелиоративной зоны в дельте Кубани / С.В. Кизинёк., В.С. Белоусов., А.Я. Ачканов., В.В. Тараненко., Р.С. Шарифуллин // Рисоводство. - 2020.- № 3 (48). - С. 78-83.
6. Кизинёк, С.В. Биомелиорация засоленных почв с помощью сорговых культур в западном предкавказье / С.В. Кизинёк., В.С. Белоусов., В.В. Тараненко., Р.С. Шарифуллин., А.Б. Володин // Рисоводство.- 2018.- № 1 (38).- С. 57-60.
7. Кизинёк, С.В. Производственная эффективность и фитомелиоративный потенциал сорго в западном предкавказье / С.В. Кизинёк, А.А. Кваша, Н.А. Назаров, В.С. Белоусов., В.В. Тараненко., А.Б. Володин // Земледелие. - 2018.- № 1.- С. 32-34.
8. Кизинёк, С. В. Технологические приемы сохранения продуктивности почвенного покрова предкавказской равнины / С.В. Кизинёк., В.С. Белоусов, В.В. Тараненко, А.Б. Володин // В сборнике: Современное состояние черноземов, материалы II Международной научной конференции: в 2-х томах. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Иванковского, Общество почвоведов им. В. В. Докучаева.- 2018.- С. 412-415.
9. Кизинёк, С. В. Биологическая продуктивность сорговых культур в западном предкавказье / С.В. Кизинёк., В.С. Белоусов, В.В. Тараненко, А.Б. Володин // Кукуруза и сорго.- 2017.- № 1.- С. 25-30.
10. Boonchoo, S. Darley yield and grain protein concentration as affected by assimilate and nitrogen availability / S. Boonchoo, S. Fukai, S. Hetherington // Australian Journal of Agricultural Research. - 1998. - № 49(4). - P. 695-706.
11. Hector, D. Adapting a barley growth model to predict grain protein concentration for different water and nitrogen availabilities / D. Hector, S. Fukai, P. Yoynе // Australian Society of Agronomy Inc.; Toowoomba, Australia, 1997. - P. 117-121.
12. Izotov, A.M. Comparison of no-till and traditional technologies for Triticum aestivum L. cultivation / A.M. Izotov, E.N. Turin, E.L. Turina, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo, A.N. Susskiy // IOP conference. Series "Earth and environmental science". Kurgan

State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2019. – V. 341. – P. 012 - 020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

13. Melnichuk, T.N. The cultivation of Sorghum bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T.N. Melnichuk, A.M. Izotov, E.N. Turin, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo, A.A. Zubochenko // IOP conference. Series "Earth and environmental science". Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. – V. 341. – P. 060 - 084.

14. Windpassinger, S. Towerds enhancement of earlstagechilling tolerance and root development in sorghum F1 hybrids / S. Windpassinger, W. Fiedt, I. Deppe, Ch. Werner, R. Towerds // Journal of Agronomy and Crop Science. - 2017. № 203(2). - P. 146-160.

REFERENCES

1. Belousov, V.S. Optimization of soil regimes in the Ciscaucasian plain / V.S. Belousov, V.V. Taranenko, A.B. Volodin // From collection: Soils of Russia: yesterday, today, tomorrow. Collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the Year of Ecology and the 90-th anniversary of the birth of Professor V.V. Tyulin. Resp. for issue. A.M. Prokashev, 2017.- P. 73-76.

2. Dospekhov, B.A. Field experiment technique with the bases for statistical processing of research results. M: Publishing house Book on demand. - 2012.- 352 p.

3. Methodology for state variety testing of agricultural crops / State commission on variety testing of agricultural crops under the USSR Ministry of Agriculture; [Participated by Yu.A. Rogovsky and others]; Under total editorship by M.A. Fedin. - M., 1985.- 20 p.

4. Guidelines for conducting field experiments with fodder crops / Russian academy of agricultural sciences; [Prepared by Yu.K. Novoselov and others]. - M.: RAAS, 1997.- 156 p.

5. Kizinek, S.V. Features of the salt regime of the soils of the reclamation zone in the Kuban delta / S.V. Kizinek, V.S. Belousov, A. Ya. Achkanov, V.V. Taranenko, R.S. Sharifullin // Rice growing. - 2020.-№ 3 (48). - P. 78-83.

6. Kizinek, S.V. Biomeioration of saline soils using sorghum crops in the Western Ciscaucasia / S.V. Kizinek, V. S. Belousov, V. V. Taranenko, R. S. Sharifullin, A. B. Volodin // Rice growing. - 2018. - № 1 (38). - P. 57-60.

7. Kizinek, S.V. Production efficiency and phytomeliorative potential of sorghum in the western Ciscaucasia / S.V. Kizinek, A. A. Kvasha, N. A. Nazarov, V.S. Belousov, V. V. Taranenko, A.B. Volodin // Agriculture. - 2018.- № 1.- P. 32-34.

8. Kizinek, S.V. Technological methods of preserving the productivity of the soil cover of the Ciscaucasian plain / S.V. Kizinek, V.S. Belousov, V.V. Taranenko, A.B. Volodin // From collection: The current state of chernozems, materials of the II International Scientific Conference: in 2 volumes. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named after V.I. DI Ivanovsky, Society of Soil Scientists named after V. V. Dokuchaev, 2018. - P. 412-415.

9. Kizinek, S.V. Biological productivity of sorghum crops in the western Ciscaucasia / S.V. Kizinek., V.S. Belousov, V.V. Taranenko, A.B. Volodin // Corn and sorghum. - 2017.- № 1.- P. 25-30.

10. Boonchoo, S. Darley yield and grain protein concentration as affected by assimilate and nitrogen availability / S. Boonchoo, S. Fukai, S. Hetherington // Ausralian Journal of Agricultural Research. – 1998. - № 49(4). - P. 695-706.

11. Hector, D. Adapting a barley growth model to predict grain protein concentration for different water and nitrogen availabilities / D. Hector, S. Fukai, P. Yoyne // Australian Society of Agronomy Inc.; Toowoomba, Australia, 1997. - P. 117-121.

12. Izotov, A.M. Comparison of no-till and traditional technologies for Triticum aestivum L. cultivation / A.M. Izotov, E.N. Turin, E.L. Turina, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo, A.N. Susskiy // IOP conference. Series "Earth and environmental science". Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2019. – V. 341. – P. 012 - 020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

13. Melnichuk, T.N. The cultivation of Sorghum bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T.N. Melnichuk, A.M. Izotov, E.N. Turin, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo, A.A. Zubochenko // IOP conference. Series "Earth and environmental science". Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. – V. 341. – P. 060 - 084.

14. Windpassinger, S. Towerds enhancement of earlstagechilling tolerance and root development in sorghum F1 hybrids / S. Windpassinger, W. Fiedt, I. Deppe, Ch. Werner, R. Towerds // Journal of Agronomy and Crop Science. - 2017. № 203(2). - P. 146-160.

Сергей Владимирович Кизинёк

Директор ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. Майстренко
363814, Россия, Краснодарский край,
Красноармейский район
п. Октябрьский, ул. Красная 33,
E-mail: zgpzhizs@mail.kuban.ru

Sergey Vladimirovich Kizinek

Director. FGUP RPZ "Krasnoarmeyskiy"
Federal Research Center of Rice
Krasnoarmeyskiy r-n., Krasnodarskiy kray,
Russia, 363814
E-mail: zgpzhizs@mail.kuban.ru

Виктор Владимирович Тараненко

Старший научный сотрудник лаборатории
регуляторов роста растений
ФГБНУ «ФНЦБЗР» 360039,
г. Краснодар-39. Россия
E-mail: virtarantn@rambler.ru

Victor Vladimirovich Taranenko

Candidate of Agricultural Sciences.
Federal Research Center for Biological Plant
Protection
39, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: virtarantn@rambler.ru

Владимир Степанович Белоусов

Старший научный сотрудник
ФГБНУ «ФНЦБЗР» 360039,
г. Краснодар-39. Россия

Vladimir Stepanovich Belousov

Federal Research Center for Biological Plant
Protection
39, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: virtarantn@rambler.ru

Раис Саидович Шарифуллин

Старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и
почвоведения
ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, г. Краснодар, пос. Белозёрный, 3, Россия
E-mail: sharifullinrais@yandex.ru

Rais Saidovich Sharifullin

Federal Rice Research Center
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: sharifullinrais@yandex.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-38-45
УДК 631.8:633.18

И.Е. Белоусов, канд. с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ПОТРЕБЛЕНИЕ АЗОТА СОРТАМИ РИСА, РАЗЛИЧАЮЩИМИСЯ ПО ОТЗЫВЧИВОСТИ НА УРОВЕНЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Внедрение в производство сортов риса с высокой потенциальной продуктивностью позволило значительно повысить урожайность и валовые сборы этой культуры. Они предназначены для различных технологий возделывания, что обусловлено их биологическими особенностями, и, прежде всего – отзывчивостью на уровень минерального питания. Данный фактор необходимо учитывать при разработке системы применения удобрений под выращиваемые сорта для выбора оптимальной схемы, позволяющей максимально реализовать потенциал сорта, в том числе – за счет оптимизации и сбалансированности его минерального питания. Проведенными ранее исследованиями показано, что районированные сорта риса по-разному реагируют на внесение удобрений, в т.ч. – в некорневую подкормку, что обусловлено их различиями по отношению к уровню минерального питания. Следовательно, темпы поглощения элементов питания, в первую очередь азота, их общий вынос также могут отличаться для сортов разных групп, что необходимо учитывать в технологии дифференцированного применения удобрений. В условиях полевого опыта изучали изменение содержания азота в растениях риса и его вынос с урожаем основной и побочной продукции в зависимости от уровня азотного питания и проведения некорневых подкормок. Показано влияние изучаемых факторов на данный показатель для сортов, различающихся отзывчивостью на уровень минерального питания.

Ключевые слова: рис, минеральное питание, удобрения, некорневые подкормки, содержание и вынос азота, сорта риса.

IMPACT OF NITROGEN NUTRITION AND FOLIAR APPLICATION ON NITROGEN CONSUMPTION BY RICE VARIETIES DIFFERENT IN RESPONSIVENESS ON MINERAL NUTRITION LEVEL

The introduction of rice varieties with high potential productivity into production has made it possible to significantly increase the yield and gross yield of this crop. They are designed for various cultivation technologies, which is due to their biological characteristics, and, above all, their responsiveness to the level of mineral nutrition. This factor must be taken into account when developing a system for applying fertilizers for cultivated varieties to select the optimal scheme that allows you to maximize the potential of the variety, including by optimizing and balancing its mineral nutrition. Previous studies have shown that released rice varieties react differently to fertilization, including foliar dressings, which is due to their differences in relation to the level of mineral nutrition. Consequently, the rates of absorption of nutrients, primarily nitrogen, their total removal may also differ for varieties of different groups, which must be taken into account in the technology of differentiated application of fertilizers. In a field experiment, we studied the change in the nitrogen content in rice plants and its removal with the yield of the main and by-products, depending on the level of nitrogen nutrition and foliar dressing. The influence of the studied factors on this indicator is shown for varieties differing in responsiveness to the level of mineral nutrition.

Key words: rice, mineral nutrition, fertilizers, foliar dressings, nitrogen content and removal, rice varieties.

Введение

Одним из важнейших факторов получения стабильно высоких урожаев риса является обеспечение полного и сбалансированного минерального питания растений. Районированные в производстве интенсивные сорта риса характеризуются высокой отзывчивостью на уровень минерального питания, остро реагируя при этом на дефицит того или иного элемента. Особое значение имеет при этом азот.

Азот является источником для синтеза белков, он наиболее интенсивно поглощается растениями в периоды максимального роста и образования генеративных органов. Максимум потребления рисом азота приходится на фазу кущения и продолжается в течение всего вегетационного периода [9, 10, 11]. Растения, не обеспеченные азотным питанием, плохо накапливают биомассу, как правило, не кустятся (т.е. урожай формируется только за счет главной метелки). При этом размеры метелки

сравнительно небольшие и на ней формируется не более 70-80 колосков, часть из которых стерильна (около 10 % в зависимости от сорта). На площадях без внесения азотного удобрения урожайность редко превышает 3 т/га, что совершенно неприемлемо по экономическим показателям.

В последние 10-15 лет рисосеющие хозяйства края вносят в среднем около 3 ц. ф.в./га (138 кг. д.в./га) азотного удобрения. На отдельных площадях (рис по рису более 3 лет, чеки с высокой фильтрацией и др.) доза вносимого азота достигает 4 ц/га. Дальнейшее увеличение вносимых количеств азотных удобрений неприемлемо так как не только не приводит к росту урожайности, но зачастую наоборот снижает ее за счет увеличения полеглости растений (рост потерь при уборке), значительного повышения количества стерильных колосков на метелке при снижении массы 1000 зерен за счет роста числа щуплых зерновок. Это, как правило, сопровождается снижением качества продукции, прежде всего, за счет резкого снижения выхода целого ядра, снижения стекловидности и др. [12]. Одновременно ухудшаются экономические показатели производства, т.к. рост затрат не обеспечивается увеличением произведенной продукции, а, следовательно, растет ее себестоимость и снижается рентабельность.

Таким образом, повысить реализацию потенциала урожайности можно либо увеличением доз вносимых удобрений, в первую очередь, азотных, либо оптимизацией минерального питания растений за счет сочетания корневого и некорневого питания. Известно, что фосфорные и калийные удобрения при внесении их совместно с азотными, значительно повышают эффективность последних, а также коэффициент использования азота из удобрений [1, 5]. Следовательно, внесение фосфорно-калийных удобрений в одну или несколько некорневых подкормок, помимо балансировки минерального питания растений, также может оказывать влияние на потребление азота растениями риса. При этом важно установить эффективность некорневых подкормок в зависимости от биологических особенностей сорта, его реакции на уровень азотного питания, и, исходя из этого, определить их количество и срок проведения [13].

Внесение удобрений в некорневые подкормки широко применяется в рисоводстве Краснодарского края последние 10 лет и показало высокую эффективность: при правильном применении и сравнительно невысоких дополнительных затратах хозяйства получают прибавку урожайности не менее 3 ц/га. Проведение некорневых подкормок не требует изменения принятой в хозяйствах технологии возделывания риса: некорневая подкормка, в зависимости от вида удобрения и срока проведения совмещается с химической прополкой посевов или применением фунгицидов [2].

Цель исследований

Повысить реализацию потенциала районированных сортов риса путем обеспечения сбалансированности минерального питания, уменьшить затраты на получение урожая.

Материалы и методы

Исследования проводились в условиях полевого опыта на РОС ОПУ ФГБНУ «ФНЦ риса». Почва лугово-черноземная слабосолонцеватая тяжело-суглинистая. Ее характеристика: гумус – 2,93 %; общие: азот – 0,24 %, фосфор – 0,23 %, калий – 0,91 %; азот легкогидролизуемый – 7,00; фосфор подвижный – 8,33; калий подвижный – 15,87 мг/100 г, pH – 8,10.

Схема опыта:

1. $N_{92}P_{50}$
2. $N_{92}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (4-5 листьев)
3. $N_{92}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (6-7 листьев)
4. $N_{92}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (4-5 и 6-7 листьев)
5. $N_{138}P_{50}$
6. $N_{92}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (4-5 листьев)
7. $N_{138}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (6-7 листьев)
8. $N_{138}P_{50}$ + РК, 1,0 л/га в фазу кущения (4-5 и 6-7 листьев)

Сорта риса – Привольный-4 (интенсивный), Фаворит (полуинтенсивный). Используемые однокомпонентные и комплексные удобрения: карбамид (46 % д.в.), двойной суперфосфат (46 % д.в.), комплексное: жидкое удобрение, содержащее 18 % фосфора и 16 % калия в форме фосфита калия (KH_2PO_3).

Минеральные удобрения вносили: фосфорное – до посева полной дозой, азотное – дробно: N_{46} в основной прием (до посева) и в подкормки: N_{46} - в возрасте 3-4 листьев (варианты 4-6 на каждом сорте), N_{46} (все варианты) - в возрасте 5-6 листьев. Фосфорно-калийное удобрение вносили в некорневые подкормки в фазу кущения (в возрасте 4-5 и 6-7 листьев) согласно схеме опыта малообъемным ранцевым опрыскивателем.

Технология возделывания – согласно рекомендациям ВНИИ риса [7, 8]. Растения для определения их химического состава отбирали через 7 дней после проведения каждой некорневой подкормки [6].

Результаты и обсуждение

Технология возделывания риса включает в себя комплекс различных мероприятий, от своевременного и качественного выполнения которых во многом зависит величина получаемого урожая. Одним из условий достижения планируемой урожайности риса является обеспечение сбалансированности минерального питания растений, что достигается проведением одной или нескольких некорневых

подкормок комплексными удобрениями полиэлементного состава.

В настоящее время в реестре селекционных достижений РФ включено более 30 сортов кубанской селекции. Они адаптированы к различным технологиям возделывания, что позволяет определить чередование сортов в рисовом звене севооборота для обеспечения максимальной реализации их продуктивного потенциала. Такая дифференциация обусловлена сортовыми различиями по отзывчивости на уровень минерального питания. Одна группа сортов не требовательна к эффективному плодородию земель и дает достаточно высокую урожайность при возделывании по ресурсосберегающим технологиям. Другие сорта являются техногенно-интенсивными, т.е. хорошо реагируют на повышение уровня минерального питания, оправдывая высоким урожаем дополнительные затраты на высокие дозы минеральных удобрений.

Проведенными ранее исследованиями показано, что районированные сорта риса по-разному реагируют на внесение удобрений, в т.ч. – в некорневую подкормку, что обусловлено различиями по отношению к уровню минерального питания. Универсальные сорта дают наибольшую прибавку урожайности при проведении некорневой подкормки

фосфорно-калийными удобрениями в возрасте 6-7 листьев практически на всех уровнях азотного питания [4]. Для сортов полунтенсивного типа более эффективно проведение некорневых подкормок на сравнительно невысоком фоне азотного питания, а интенсивные сорта положительно отзываются на некорневые подкормки только при достаточном обеспечении их азотным питанием [2]. Следовательно, при разработке приемов дифференцированного применения минеральных удобрений необходимо учитывать особенности выращиваемого сорта.

Эффект от вносимых в некорневую подкормку удобрений, как правило, носит комплексный характер, т.е. влияние удобрения проявляется через ряд взаимосвязанных показателей. Одним из таких параметров является уровень обеспеченности растений риса азотным питанием [3]. Данный параметр является важным фактором (хотя и не единственным) формирования урожая. С помощью экспресс-методов растительной диагностики можно проследить, как меняется этот показатель в динамике в зависимости от состава и схемы вносимых удобрений, а, следовательно, внести, в случае необходимости, коррективы в схему применения удобрений [8]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Обеспеченность растений риса азотным питанием, ед.

Вариант	Срок проведения тестирования	
	5-6 листьев	7-8 листьев
Сорт - Фаворит		
$N_{92}P_{50}$	493	430
$N_{92}P_{50} + PK(4)$	473	415
$N_{92}P_{50} + PK(4+7)$	475	405
$N_{92}P_{50} + PK(7)$	475	414
$N_{138}P_{50}$	492	415
$N_{138}P_{50} + PK(4)$	484	418
$N_{138}P_{50} + PK(4+7)$	482	412
$N_{138}P_{50} + PK(7)$	480	425
Сорт – Привольный-4		
$N_{92}P_{50}$	535	484
$N_{92}P_{50} + PK(4)$	532	460
$N_{92}P_{50} + PK(4+7)$	539	470
$N_{92}P_{50} + PK(7)$	524	463
$N_{138}P_{50}$	540	502
$N_{138}P_{50} + PK(4)$	539	469
$N_{138}P_{50} + PK(4+7)$	537	457
$N_{138}P_{50} + PK(7)$	534	469

В первый срок наблюдений не отмечено различий в обеспеченности растений азотным питанием как между вариантами с различными дозами азота, так и в зависимости от проведенной некорневой подкормки. Так, на сорте Фаворит обеспеченность растений составила в среднем 479 ед. на дозе N_{92} и 484 ед. – на дозе N_{138} , т.е. в пределах погрешности измерений. На

вариантах, где была проведена некорневая подкормка в возрасте 4-5 листьев, этот показатель был равен 474 ед. на дозе N_{92} и 483 ед. – на дозе N_{138} , что сопоставимо с обеспеченностью растений вариантов, где некорневая подкормка не выполнялась (484 и 486 ед. соответственно). Аналогичные результаты получены и для сорта Привольный-4, где также не было выявлено

различий по обеспеченности растений в зависимости от дозы азота и проведения некорневой подкормки. Следует отметить, что обеспеченность растений этого сорта была в среднем на 54 ед. (11,2 %) выше по сравнению с сортом Фаворит, что указывает на более высокую отзывчивость этого сорта на уровень азотного питания, т.е. на его интенсивность. Следует отметить, что погодные условия повлияли на усвоение растениями внесенного азота: при невысокой температуре воздуха (а, значит, недоборе эффективных температур) темпы утилизации потребленного азота замедлились. Поэтому влияние проведенной некорневой подкормки на обеспеченность растений азотом было незначительным из-за отсутствия потребности в дополнительной энергии за счет внесенного фосфора, т.к. известно, что наличие в удобрении фосфора повышает энергетический статус растения, способствуя более активной утилизации азота; легкодоступный калий стимулирует транспорт элементов питания внутри растительных органов.

Данные экспресс-контроля, выполненного через неделю после проведения второй некорневой подкормки в возрасте 6-7 листьев у риса, показали снижение общей обеспеченности растений азотным питанием. Установившаяся жаркая сухая погода с дневными температурами около 35° С способствовала интенсификации физиолого-биохимических процессов в растениях риса, ускорению их роста и, как следствие, снижению уровня обеспеченности их азотом. В этот срок определения были отмечены различия как между сортами риса, так и внесенными дозами азота.

Для растений сорта Фаворит было выявлено четкое различие между вариантами с некорневой подкормкой и фоном на дозе N_{92} . Так, обеспеченность азотом подкормленных растений была в среднем на 20 ед. ниже по сравнению с фоном, что указывает на более активное усвоение поглощенного азота. На дозе N_{138} таких различий выявлено не было. При этом, средняя обеспеченность растений риса этого сорта для обеих

доз была примерно равной – около 415 ед., что указывает на избыточность дозы N_{138} для сорта Фаворит.

Для растений сорта Привольный-4 были отмечены несколько другие закономерности. Снижение общей обеспеченности растений азотом было характерно и для этого сорта. Для обеих изучаемых доз в этот срок определения наибольшая обеспеченность растений азотом была отмечена на вариантах без обработок – 484 и 502 ед. соответственно. Т.е., в отличие от первого срока наблюдений, проявились четкие различия по этому показателю между дозами азотного удобрения. На обработанных делянках обеспеченность азотом была ниже: на 14-24 ед. на дозе N_{92} и на 33-45 – на дозе N_{138} , что указывает на усиление утилизации потребленного растениями азота под влиянием некорневой подкормки. В целом, обеспеченность растений этого сорта была на 40-50 ед. выше, что подтверждает его интенсивность.

Таким образом, проведенные некорневые подкормки фосфорно-калийным комплексным удобрением способствовали сбалансированности минерального питания растений риса и оказали влияние на их азотный статус: растения более интенсивного сорта Привольный-4 активнее поглощали и утилизировали внесенный азот. Изменение содержания азота в растениях риса в зависимости от уровня азотного питания представлено в таблице 2.

Как следует из представленных данных, содержание азота в растениях риса менялось в зависимости от их возраста. Наименьшие количества этого элемента обнаруживались в возрасте 5-6 листьев. По мере роста и развития растений процентное содержание азота в них снижалось вследствие биологического разбавления. В фазу полной спелости была отмечена четкая дифференциация по содержанию азота: если в зерне его было 0,89-1,15 %, то в соломе в 1,5 раза меньше – 0,61-0,79 %. При этом не установлено существенных различий между сортами по этому показателю.

Таблица 2. Содержание азота в растениях риса в зависимости от уровня минерального питания, % на сухое вещество

Вариант	5-6 листьев	7-8 листьев	Полная спелость	
			зерно	солома
Сорт Фаворит				
N ₉₂ P ₅₀	2,40	2,50	0,95	0,74
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	3,10	2,12	1,15	0,76
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4+7)	3,10	2,25	0,89	0,75
N ₉₂ P ₅₀ + PK (7)	2,80	2,13	1,15	0,72
N ₁₃₈ P ₅₀	2,58	2,33	0,93	0,61
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	2,88	2,35	1,09	0,61
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (4+7)	2,93	2,55	1,11	0,65
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (7)	2,50	2,60	1,05	0,67
Сорт Привольный 4				
N ₉₂ P ₅₀	2,90	2,05	0,97	0,68
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	2,80	2,00	1,13	0,63
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4+7)	2,75	2,58	1,13	0,79

Продолжение таблицы 2

Вариант	5-6 листьев	7-8 листьев	Полная спелость	
			зерно	солома
$N_{92}P_{50} + PK (7)$	3,25	2,80	1,04	0,79
$N_{138}P_{50}$	3,18	2,80	0,82	0,78
$N_{92}P_{50} + PK (4)$	3,02	2,68	0,90	0,65
$N_{138}P_{50} + PK (4+7)$	2,85	2,25	1,05	0,71
$N_{138}P_{50} + PK (7)$	2,95	2,85	1,10	0,71

Проведенная в возрасте 4-5 листьев некорневая подкормка фосфорно-калийным удобрением способствовало увеличению содержания азота в растениях. Так у сорта Фаворит его количество увеличилось на 0,7 % на дозе N_{92} и на 0,3-0,35 % - на дозе N_{138} по сравнению с вариантом без обработки, что указывает на высокую отзывчивость растений на проведенную подкормку. Наоборот, у сорта Привольный-4 не было отмечено роста содержания азота в растениях после проведенной подкормки.

Вторая некорневая подкормка также оказала влияние на содержание азота в растениях. На сорте Фаворит оно проявилось, главным образом, на фоне N_{138} , где содержание азота возросло на 0,22-

0,27 % в то время как на более низкой дозе такого эффекта не наблюдалось. Наоборот, у сорта Привольный-4 эффект четче выражался на дозе N_{92} , где содержание азота увеличилось на 0,53-0,75 %.

Показателем улучшения обеспеченности растений риса азотным питанием в результате проведенных некорневых подкормок является повышение его выноса (табл. 3).

Нами показано, что на интенсивность потребления этого элемента оказывает влияние срок проведения некорневой подкормки. При обработке в возрасте 4-5 листьев у риса не было отмечено существенного изменения в потреблении растениями азота.

Таблица 3. Потребление азота растениями риса и его вынос с урожаем основной и побочной продукции

Вариант	5-6 листьев, мг/раст.	7-8 листьев, мг/раст.	Полная спелость, кг/га		
			зерно	солома	сумма
Сорт Фаворит					
N ₉₂ P ₅₀	9,72	27,775	68,97	38,63	107,60
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	8,12	29,426	84,41	44,61	129,02
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4+7)	9,80	29,385	82,00	47,02	129,02
N ₉₂ P ₅₀ + PK (7)	8,96	33,611	88,32	45,86	134,18
N ₁₃₈ P ₅₀	10,22	30,500	73,19	39,34	112,53
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	9,24	32,171	87,52	40,14	127,66
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (4+7)	8,94	32,461	92,79	40,75	133,54
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (7)	9,82	35,776	90,96	43,68	134,64
Сорт Привольный 4					
N ₉₂ P ₅₀	13,92	29,417	66,93	35,22	102,15
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	12,07	30,520	77,86	28,22	106,08
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4+7)	11,28	34,314	81,70	33,10	114,80
N ₉₂ P ₅₀ + PK (7)	8,39	44,072	74,57	39,60	114,23
N ₁₃₈ P ₅₀	10,49	36,148	60,68	46,18	106,86
N ₉₂ P ₅₀ + PK (4)	11,99	36,448	66,42	36,01	102,43
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (4+7)	9,49	32,130	83,16	40,47	123,63
N ₁₃₈ P ₅₀ + PK (7)	9,35	35,026	85,47	40,26	125,73

Вторая некорневая подкормка, проведенная в возрасте 6-7 листьев у риса, оказала более заметное влияние на потребление растениями этого элемента минерального питания. На сорте Фаворит наиболее ярко это проявилось при дозе N_{92} . Вынос азота увеличился на 1,610-5,836 мг/раст. (5,8-21,01 %), а на более высокой дозе - на 1,961-5,276 мг/раст. (6,43-19,13 %). Следует отметить, что в этом

случае азота выносилось в среднем на 3 мг/раст. больше.

Аналогичные закономерности были выявлены и для сорта Привольный-4: на более низком азотном фоне в возрасте 7-8 листьев отмечено увеличение количества потребляемого азота (на 4,897-14,655 мг/раст.). В то же время, на более высоком азотном фоне различий в потреблении этого элемента выявлено не было,

Отмечено, что в фазу полной спелости наименьший вынос азота растениями сорта Фаворит (как с зерном, так и с соломой) был на варианте без обработки. На обоих изучаемых уровнях азотного питания растения на вариантах с некорневыми подкормками выносили на 22,38-28,05 (на дозе N_{92}) и 19,58-26,78 % (на дозе N_{138}) азота с зерном и на 15,48-21,72 и 2,03-11,03 % с соломой. Хозяйственный вынос азота у сорта Фаворит был выше на 19,9-24,7 и 13,44-19,65 %.

У растений сорта Привольный-4 на более низкой дозе азота вынос его с зерном был примерно одинаков в то время как на дозе N_{138} наибольший вынос этого элемента был при проведении некорневой подкормки в возрасте 6-7 листьев. На этих же вариантах отмечен и наибольший хозяйственный вынос азота.

Для более полной оценки полученных результатов целесообразно определять дополнительные показатели, которые позволяют установить, за счет какого фактора получен положительный эффект. В опытах, связанных с изучением азотного питания растений, таким показателем является агрономическая эффективность использования внесенного азота. Для более полной и всесторонней оценки целесообразно использовать также и окупаемость единицы внесенного азота урожаем основной продукции или его прибавкой ($O_{кн}$), продуктивностью ($Пр_A$) и озерненностью ($Oз_A$) агроценоза, а также $K_{хоз}$. Эти показатели могут служить также мерой экономической оценки разрабатываемого приема, т.к. дают разностороннюю комплексную оценку изучаемых приемов. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4. Эффективность азотного удобрения и продуктивность агроценоза сортов риса

Вариант	$Пр_A$, г/м ²	$Oз_A$, шт/м ²	$K_{хоз}$	$AЭ_{фN}$, кг/кг	$O_{кн}$, кг/кг
Сорт - Фаворит					
$N_{92}P_{50}$	1090,4	39856	0,582	31,7	78,91
$N_{92}P_{50} + PK (4)$	1095,4	42513	0,556	32,6	79,78
$N_{92}P_{50} + PK (4+7)$	1483,7	58947	0,562	40,2	87,39
$N_{92}P_{50} + PK (7)$	1298,7	54210	0,547	36,3	83,48
$N_{138}P_{50}$	1325,3	50148	0,549	25,6	57,03
$N_{138}P_{50} + PK (4)$	1322,6	55836	0,550	26,7	58,19
$N_{138}P_{50} + PK (4+7)$	1359,4	56064	0,571	29,1	60,58
$N_{138}P_{50} + PK (7)$	1334,7	55096	0,552	26,9	58,33
Сорт - Привольный-4					
$N_{92}P_{50}$	896,4	42431	0,571	29,4	75,00
$N_{92}P_{50} + PK (4)$	916,6	47433	0,606	29,3	74,89
$N_{92}P_{50} + PK (4+7)$	1066,5	48638	0,633	33,0	78,59
$N_{92}P_{50} + PK (7)$	945,7	41748	0,588	32,4	77,93
$N_{138}P_{50}$	920,7	41174	0,555	23,3	53,62
$N_{138}P_{50} + PK (4)$	951,7	41004	0,571	23,1	53,48
$N_{138}P_{50} + PK (4+7)$	1237,0	57876	0,581	27,0	57,39
$N_{138}P_{50} + PK (7)$	1078,8	51040	0,578	25,9	56,30

Как следует из приведенных данных, агрономическая эффективность использования азота ($AЭ_{фN}$) может быть изменена путем регулирования режима минерального питания растений. Наибольшие ее значения у обоих сортов отмечены на дозе азота N_{92} , наименьшие – при дозе N_{138} . Некорневые подкормки повышали $AЭ_{фN}$: у сорта Фаворит на 2,8-26,8 и 4,3-13,7 %, у сорта Привольный-4 – на 12,2-12,6 и 11,2-15,9 % на фоне N_{92} и N_{138} , соответственно. При этом наибольший прирост $AЭ_{фN}$ также был отмечен на дозе N_{92} .

Окупаемость внесенного азота урожаем риса ($O_{кн}$) также является качественным показателем для определения эффективности применения удобрений. Наибольшие значения этого показателя в опыте также были отмечены при дозе азота N_{92} ,

наименьшие – при дозе N_{138} . В среднем окупаемость внесенного азота урожаем зерна составила на сорте Фаворит 82,4 и 76,6, на сорте Привольный-4 – 58,5 и 55,2 кг. зерна/кг азота. Следует отметить, что окупаемость внесенного азота урожаем зерна была выше у сорта Фаворит.

Озерненность агроценоза ($Oз_A$) – это агрономический признак, который показывает количество зерен на 1 м². Наименьшие значения этого показателя были отмечены на вариантах без обработки, наибольшая – на вариантах с двукратной некорневой подкормкой комплексными удобрениями.

Продуктивность агроценоза ($Пр_A$) или же биологическая урожайность также является агрономическим признаком, показывающим потенциальную урожайность сорта в зависимости от условий вы-

рацивания. Она всегда выше фактической урожайности. В наших исследованиях этот показатель изменялся от 1090,4 до 1483,7 г/м² у сорта Фаворит и от 896,4 до 1237,0 у сорта Привольный-4.

$K_{\text{хоз}}$ показывает отношение урожая основной продукции к сумме урожая основной и побочной продукции выращиваемой культуры. Чем выше эта величина, тем большая доля полезной продукции в общем урожае. В наших исследованиях этот показатель варьировал в пределах 0,547-0,582 на сорте Фаворит и 0,571-0,633 на сорта Привольный-4.

Таким образом, влияние некорневых подкормок на уровень минерального питания риса отмечается практически сразу после их проведения. Оно прослеживается вплоть до окончания вегетации растений, что подтверждают результаты химического анализа зерна и соломы.

Выявлены четкие закономерности по выносу азота с урожаем основной и побочной продукции в зависимости от сорта и уровня азотного питания. Так, у сорта Фаворит, в зависимости от дозы азота, общий вынос этого элемента увеличился на 19,9-24,7 и 13,44-19,65 % по сравнению с контролем. Это произошло как за счет повышения его отчуждения с зерном, так и с соломой. У сорта Привольный-4 также отмечен рост потребления азота растениями с изменением уровня азотного питания.

Таким образом, потребление растениями риса азота находится в тесной связи с их сортовыми особенностями и, прежде всего, уровнем обеспеченности азотом.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

1. Содержание азота в растениях риса менялось в зависимости от их возраста. Проведенные некорневые подкормки способствовали увеличению его содержания в растениях. Если при обработке в возрасте 4-5 листьев у риса не было отмечено существенного изменения в потреблении растениями азота, то вторая некорневая подкормка, проведенная в возрасте 6-7 листьев у риса, оказала более

заметное влияние на потребление растениями этого элемента минерального питания. На сорте Фаворит наиболее ярко это проявилось при дозе N_{92} . Вынос азота увеличился на 1,610-5,836 мг/раст. (5,8-21,01 %), а на более высокой дозе - на 1,961-5,276 мг/раст. (6,43-19,13 %).

2. Аналогичные закономерности были выявлены и для сорта Привольный-4: на более низком азотном фоне в возрасте 7-8 листьев отмечено увеличение количества потребляемого азота (на 4,897-14,655 мг/раст.). В то же время, на более высоком азотном фоне различий в потреблении этого элемента выявлено не было,

3. Проведенные некорневые подкормки способствовали увеличению выноса азота с урожаем основной и побочной продукции. У сорта Фаворит на вариантах с некорневыми подкормками растения выносили на 22,38-28,05 (на дозе N_{92}) и 19,58-26,78 % (на дозе N_{138}) азота с зерном и на 15,48-21,72 и 2,03-11,03 % с соломой. Хозяйственный вынос азота у сорта Фаворит был выше на 19,9-24,7 и 13,44-19,65 %.

У растений сорта Привольный-4 на более низкой дозе азота вынос его с зерном был примерно одинаков в то время как на дозе N_{138} наибольший вынос этого элемента был при проведении некорневой подкормки в возрасте 6-7 листьев. На этих же вариантах отмечен и наибольший хозяйственный вынос азота.

4. Некорневые подкормки повышали $AЭ_{\text{фN}}$: у сорта Фаворит на 2,8-26,8 и 4,3-13,7 %, у сорта Привольный-4 – на 12,2-12,6 и 11,2-15,9 % на фоне N_{92} и N_{138} , соответственно. При этом наибольший прирост $AЭ_{\text{фN}}$ также был отмечен на дозе N_{92} .

5. Компенсация дефицита элементов минерального питания в результате проведения некорневой подкормки увеличивала окупаемость внесенного азота. В среднем она составила на сорте Фаворит 82,4 и 76,6, на сорте Привольный-4 – 58,5 и 55,2 кг. зерна/кг азота. Следует отметить, что окупаемость внесенного азота урожаем зерна была выше у сорта Фаворит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин, Е.П. Минеральное питание риса. /Е.П. Алешин, А.П. Сметанин - Краснодар, 1965. -207 с.
2. Белоусов, И.Е. Эффективность некорневых подкормок риса как элемента сортовой агротехники /И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин //Рисоводство. - 2017. – № 1 (34). – С. 20 – 26.
3. Белоусов, И.Е. Эффективность некорневых подкормок риса в зависимости от реакции сорта на уровень азотного питания /И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин //Рисоводство. - 2018. – № 1 (38). – С. 44 – 51.
4. Белоусов, И.Е. Реакция сортов риса на некорневую подкормку азотом в зависимости от уровня азотного питания /И.Е. Белоусов // Рисоводство. - 2019. – № 2 (43). – С. 52-56
5. Ерыгин, П.С. Физиология риса. /П.С. Ерыгин – М., Колос, 1981. -208 с.
6. Кидин, В.В. и др. Практикум по агрохимии. - М., Колос, 2008. - 600 с.
7. Система рисоводства Краснодарского края /под ред. Харитоновой Е.М. - Краснодар, 2011. -316 с.
8. Точное внесение азотных удобрений /Обобщенные рекомендации по использованию прибора «N-тестер» на посевах зерновых культур. - Краснодар, 2003. - 32 с.
9. Шеуджен, А.Х. Агрохимия и физиология питания риса /А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. - 1012 с.
10. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Рис. /А.Х. Шеуджен. - Краснодар, 2011. -24 с.

11. Doberman, A. Nutrient Disorders& Nutrient Management /A. Doberman, T.H. Fairhurst // Rice. - Manila: IRRI, 2000. - 192 p.
12. Maruyama, K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan /K. Maruyama //Tropical agriculture research ser. – 1988. – V. 21. – P. 277.
13. Champpiny, M.L. Relation entre photosynthesis et nutrition azotes mineral / M.L. Champpiny //C.r. Acad. Agr. – 1982. – V. 30. – N 11. – P. 883-891.

REFERENCES

1. Aleshin, E.P. Rice mineral nutrition / E.P. Aleshin, A.P. Smetanin. - Krasnodar, 1965. - 207 p.
2. Belousov, I.E. The efficiency of foliar dressing of rice as an element of varietal agricultural technology / I.E. Belousov, N.M. Kremzin // Rice growing. - 2017. - № 1 (34). - P. 20 - 26.
3. Belousov, I.E. The efficiency of foliar dressing of rice depending on the reaction of the variety to the level of nitrogen nutrition / I.E. Belousov, N.M. Kremzin // Rice growing. - 2018. - № 1 (38). - P. 44 - 51.
4. Belousov, I.E. The reaction of rice varieties to foliar dressing with nitrogen, depending on the level of nitrogen nutrition - / I.E. Belousov // Rice growing. - 2019. - № 2 (43). – P. 52-56.
5. Erygin, P.S. Rice physiology /P.S. Erygin.- M., Kolos, 1981. - 208 p.
6. Kidin, V.V. et.al. Workshop on agrochemistry. - M., Kolos. - 2008 . - 600 p.
7. Rice growing system of Krasnodar region / under editorship of Kharitonov E.M. - Krasnodar, 2011.-316 p.
8. Accurate application of nitrogen fertilizers / Generalized recommendations for the use of the “N-tester” device on grain crops. - Krasnodar, 2003. -32 p.
9. Sheudzhen, A. Kh. Agrochemistry and physiology of rice nutrition / A. Kh. Sheudzhen. - Maikop: GURIPP “Adygea”, 2005. - 1012 p.
10. Sheudzhen, A. Kh. Nutrition and fertilization of grain crops. Rice. - / A. Kh. Sheudzhen - Krasnodar, 2011.-24 p.
11. Doberman, A. Nutrient Disorders& Nutrient Management /A. Doberman, T.H. Fairhurst // Rice. - Manila: IRRI, 2000. - 192 p.
12. Maruyama, K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan /K. Maruyama //Tropical agriculture research ser. – 1988. – V. 21. – P. 277.
13. Champpiny, M.L. Relation entre photosynthesis et nutrition azotes mineral / M.L. Champpiny //C.r. Acad. Agr. – 1982. – V. 30. – № 11. – P. 883-891

Игорь Евгеньевич Белоусов

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

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

Igor Belousov

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

FGBNU “FSC Rice”
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI10.33775/1684-2464-2021-51-2-46-54
УДК: 631:816.11

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

ВЛИЯНИЕ МАКРОУДОБРЕНИЙ НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Для оценки влияния минеральных удобрений на питательный режим почвы и продуктивность агроценоза ячменя озимого в 2017–2019 гг. на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом на лёссовидных тяжелых суглинках Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края изучены следующие системы удобрения: $N_0P_0K_0$, $N_{80}P_0K_0$, $N_0P_{60}K_0$, $N_0P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. Установлено, что внесение полного минерального удобрения в количестве $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ позволяет предотвратить обеднение чернозема выщелоченного подвижными соединениями фосфора и калия при выращивании ячменя озимого. Сохранить исходное содержание нитратного и аммонийного азота в почве при этих нормах не представляется возможным. В целом наиболее благоприятный с экологической точки зрения питательный режим для агроценоза ячменя складывается при внесении минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$. Наибольшая урожайность зерна ячменя озимого формируется при внесении минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ – на 38,8 % выше, чем без удобрений. При этом на формирование 1 т зерна увеличивались затраты азота на 9,1 % (2,37 кг/т), фосфора – 15,0 % (1,15 кг/т), калия – 7,7 % (1,45 кг/т). Оптимальность этой нормы подтверждается коэффициентами использования растениями элементов минерального питания из удобрений: азота – 71,65 %, фосфора – 32,6 %, калия – 99,8 %, в то время как при $N_{120}P_{90}K_{60}$ они значительно ниже – 41,3 %, 18,4 %, 59,2 % соответственно.

Ключевые слова: ячмень озимый, чернозём выщелоченный, питательный режим, урожайность, вынос элементов, коэффициент использования из удобрений.

THE EFFECT OF MACROFERTILIZERS ON THE NUTRIENT REGIME OF LEACHED CHERNOZEM AND THE YIELD OF WINTER BARLEY WHEN GROWN IN THE CENTRAL AGROCLIMATIC ZONE OF THE KRASNODAR TERRITORY

To assess the effect of mineral fertilizers on the nutrient regime of the soil and the productivity of the agroecosystem of winter barley in 2017–2019, on leached low-humus heavy-duty light clayey chernozem on loesslike heavy loams of the Central agroclimatic zone of the Krasnodar Territory, the following fertilization systems have been studied: $N_0P_0K_0$, $N_{80}P_0K_0$, $N_0P_{60}K_0$, $N_0P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. It was found that the introduction of a complete mineral fertilizer in an amount $N_{80}P_{60}K_{40}$ and $N_{120}P_{90}K_{60}$ allows to prevent the depletion of chernozem leached by mobile compounds of phosphorus and potassium when growing winter barley. It is not possible to preserve the initial content of nitrate and ammonium nitrogen in the soil at these rates. In general, the most favorable nutrient regime for the agroecosystem of barley from an ecological point of view is formed when applying mineral fertilizers at the rate of $N_{80}P_{60}K_{40}$. The highest yield of winter barley grain is formed when mineral fertilizers are applied based on $N_{80}P_{60}K_{40}$ – 38.8% higher than without fertilizers. At the same time, for the formation of 1 ton of grain, nitrogen consumption increased by 9.1% (2.37 kg / t), phosphorus - 15.0% (1.15 kg / t), potassium - 7.7% (1.45 kg / t). The optimality of this norm is confirmed by the coefficients of the use of mineral nutrition elements from fertilizers by plants: nitrogen - 71.65%, phosphorus - 32.6 %, potassium - 99.8 %, while at $N_{120}P_{90}K_{60}$ they are much lower - 41.3%, 18.4%, 59.2%, respectively.

Key words: winter barley, leached chernozem, nutrient regime, yield, removal of elements, utilization rate from fertilizers.

Введение

Ячмень является ведущей сельскохозяйственной зернофуражной культурой, выращиваемой на площади около 60 млн. га, т. е. занимающей в мире четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы [6, 14]. Российская Федерация – крупнейшая страна-производитель ячменя озимого, посевные площади в которой составляют около 9 млн. га [4].

В настоящее время, наряду с селекцией наиболее мощным фактором воздействия на агроценоз ячменя, как впрочем и всех других сельскохозяйственных культур, являются минеральные удобрения [1, 5]. Достаточная обеспеченность растений озимого ячменя наиболее дефицитными элементами минерального питания – азотом, фосфором, калием кальцием и магнием – является важнейшей предпосылкой получения высоких и стабильных урожаев [8]. Без рационального применения минеральных удобрений современные агротехнологии не обеспечивают получение высокого и стабильного урожая [13]. Необходимо также отметить, что оптимизация системы удобрений позволит еще и исключить нерациональные материальные затраты, сохранить плодородие почвы и предотвратить негативное воздействие на окружающую среду [2].

Цель исследований

Агрохимическая оценка макроудобрений на посевах ячменя озимого при выращивании на черноземе выщелоченном Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края.

Материал и методы

Исследования проводили в 2017–2019 гг. на многолетнем стационаре кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, который заложен в 1981 г. под руководством профессора В.Т. Куркаева. Изучались следующие системы удобрений: $N_{00}P_{00}K_{00}$, $N_{80}P_{00}K_{00}$, $N_{00}P_{60}K_{00}$, $N_{00}P_{00}K_{40}$, $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$. Расположение вариантов опыта – рендомизированное, общая площадь делянки 162 м² (5,4×30), учетной – 63 м² (2,1×30). Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лёссовидных тяжелых суглинках с содержанием азота – 0,26 %, фосфора – 0,16 %, калия – 1,98 %, гумуса – 3,24–3,52 % [10]. Сорт Рубеж, предшественник – пшеница озимая, технология выращивания – рекомендованная для агроклиматической зоны. Обработка почвы включала лущение стерни, вспашку и предпосевную культивацию. Посев ячменя озимого проведен в оптимальный срок, норма высева 3–3,5 млн./га всхожих семян, ширина междурядий 17,8 см. Минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы. Использовали аммонийную селитру (34,6 % N), двойной суперфосфат (43 % P₂O₅) и калий хлористый (60 % K₂O). Уборку урожая проводили в фазе полной спелости ячменя озимого сплошным обмолотом учетной площади делянки с последующим пересчетом

на стандартную влажность и 100 % чистоту.

Для установления обеспеченности растений элементами питания по фазам вегетации растений ячменя в почве определяли содержание аммонийного азота колориметрическим методом в вытяжке 0,1 н KCl с помощью реактива Несслера (ГОСТ 26489-85), нитратного азота – потенциометрически (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора и калия по Чирикову (ГОСТ 26204-91). Экспериментальные данные оценивали дисперсионным методом [9].

Результаты и обсуждение

Урожай сельскохозяйственных культур определяется обеспеченностью агроценоза доступными для растений формами элементов минерального питания в оптимальном количестве и соотношении. Корневая система ячменя обладает относительно слабой способностью усваивать питательные вещества из почвы. В связи с этим предъявляет повышенные требования к плодородию почвы.

Озимый ячмень характеризуется высокой интенсивностью ростовых процессов на начальных этапах онтогенеза. На формирование 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции эта культура тратит 24–30 кг азота, 14–17 кг фосфора и 19–26 кг калия. Ячмень элементы питания потребляет неравномерно. Максимальное потребление растениями элементов минерального питания приходится на межфазный период кущение–колошение. В этот период растения ячменя озимого поглощают до 70 % элементов питания от максимального их выноса. К фазе колошения потребление азота растением достигает 90 %, фосфора – 75 %, а калия – заканчивается [7].

Наблюдения за содержанием в почве минерального азота, подвижных форм фосфора и калия выявили закономерности изменчивости питательного режима чернозема выщелоченного в зависимости от норм вносимых минеральных удобрений. Динамику их в почве определяли первоначальным содержанием, количеством вносимых удобрений, потреблением растениями и потерями вследствие вымывания и улетучивания. В результате этих процессов содержание в 0–20 см слое почвы минерального азота, подвижных форм фосфора и калия постепенно уменьшается от начала вегетации ячменя озимого к ее окончанию.

Наибольший интерес в отношении питания растений представляет минеральный азот. В почве количество подвижных минеральных форм – нитратов, нитритов и обменно-поглощенного аммония невелико. Их содержание в почве зависит от granulометрического состава, запасов гумуса и азота, условий минерализации органического вещества, степени окультуренности, а также от интенсивности потребления элемента растениями [11,15].

Содержание в почве нитратного азота (N-NO₃⁻), основной подвижной формы элемента, в фазе осеннего кущения растений ячменя озимого при внесе-

нии азотного удобрения из расчета N_{40} , N_{80} и N_{120} увеличивалось по сравнению с его исходным содержанием на 32,7–129,8 % (рис. 1). Следует отметить, что при минимальной норме (N_{40}) содержание нитратного азота в почве повышается на 32,7 %, при ее увеличении в два раза (N_{80}) еще на 45,5 % (17,7 мг/кг), а при норме внесения N_{120} – лишь на 12,2 % (6,1 мг/кг). Предположить, что это полностью обусловлено потреблением растениями весьма неправомерно. Более вероятным будет отнести это на счет потерь из корнеобитаемого слоя почвы.

После возобновления вегетации растений ячменя весной различия в содержании в почве нитратного азота при разных нормах азотного удобрения сохраняются. При внесении одного азотного удобрения из расчета N_{80} за зимний период количество нитратного азота в почве сократилось на 18,4 % (9,2 мг/кг), $N_{40}P_{30}K_{20}$ – 9,2 % (3,0 мг/кг), $N_{80}P_{60}K_{40}$ – 18,3 % (9,2 мг/кг), $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 21,3 % (12,0 мг/кг). В фазе колошения растений ячменя различия в содержании $N-NO_3^-$ между почвой удобренной разными нормами минеральных удобрений и контролем

сокращаются (48,1–102,5 %). По сравнению с предшествующим учетом его количество уменьшилось на 16,1 % в удобренной почве и 18,6–29,9 % при внесении удобрений. Причем, при внесении полного минерального удобрения величина этого снижения увеличивалась при повышении нормы только до $N_{80}P_{60}K_{40}$, а при норме $N_{120}P_{90}K_{60}$ уже не повышалась. По завершению онтогенеза ячменя озимого различия в содержании нитратного азота в удобренной и удобренной почве сократились до 33,7–68,3 %, а по сравнению с предшествующей фазой на 43,8–48,2 %. В общем за период вегетации растений ячменя (от осеннего кушения до фазы полной спелости) содержание нитратного азота в удобренной почве уменьшилось на 58,8 %, при внесении только азотного удобрения – 69,0 %, фосфорного и калийного – 52,8 % и 55,6 %, азотно-фосфорно-калийного – 58,5–69,9 %. Как видим, различия не столь значительные. Для решения вопроса о потреблении азота растениями или потере его из корнеобитаемого слоя, была проведена оценка хозяйственного выноса элемента из почвы (рис. 1).

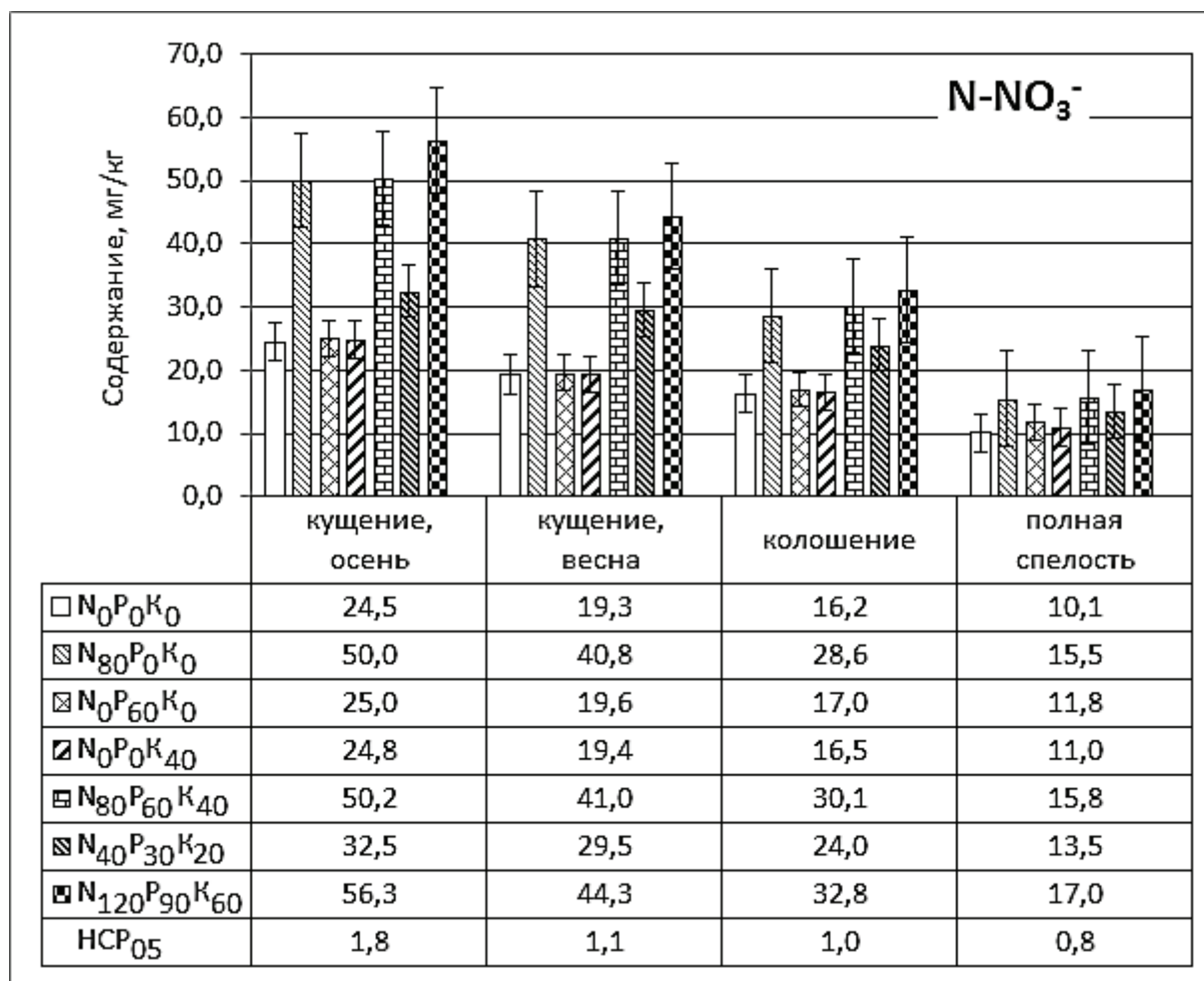


Рисунок 1. Содержание нитратного азота ($N-NO_3^-$) в 0-20 см слое чернозема выщелоченном под посевом ячменя озимого

Обобщая наблюдения, приходим к следующему заключению: содержание в почве нитратного азота определяется нормой внесения азотного удобрения; при ее увеличении до 80 кг/га д. в. его рост практически пропорционален норме, а при дальнейшем повышении (до N_{120}) – резко замедляется. Это обусловлено в значительной мере интенсивностью нитрификации и потребления азота растениями ячменя, а также миграцией нитратного азота по профилю почвы усиливающийся в периоды увлажнения почвы после выпавших осадков.

Внесение в почву азотного удобрения в виде аммонийной селитры из расчета 40, 80 и 120 кг/га д. в. существенно пополняет фонд аммонийного азота в черноземе выщелоченном. При минимальной норме (N_{40}) количество аммонийного азота больше чем в удобренной почве осенью на 15,3 %, весной в фазе кущения – 24,2 %, в фазе колошения – 45,6 %, полной спелости – 52,8 %. При нормах 80 и 120 кг/га д. в. различия практически в два раза больше отмеченных для нормы 40 кг/га д. в. (рис. 2).

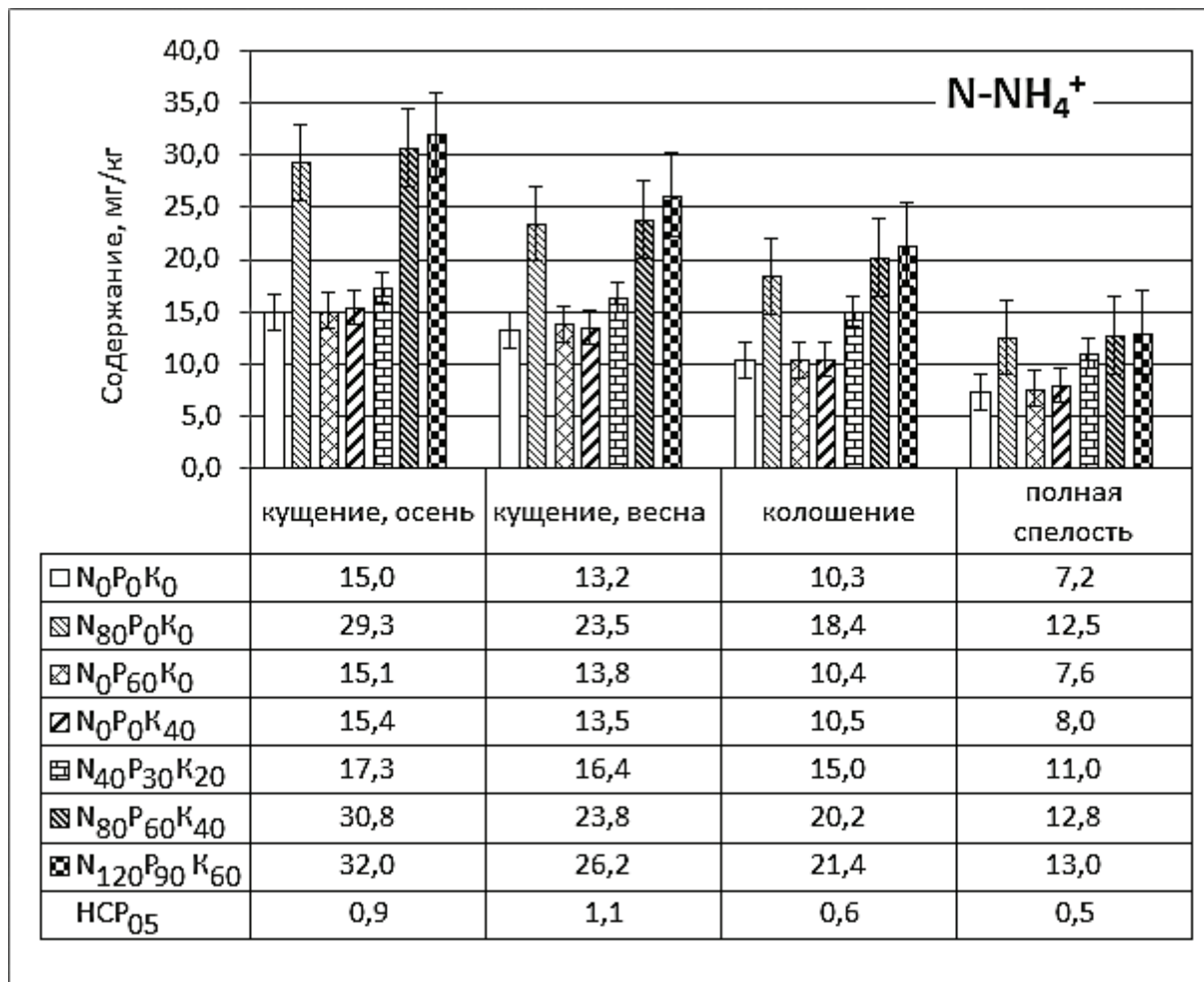


Рисунок 2. Содержание аммонийного азота ($N-NH_4^+$) в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого

Динамика содержания в почве аммонийного азота, наряду с почвенно-климатическими условиями определяющими интенсивность нитрификации, денитрификации и обменного поглощения, обусловлена применением азотного удобрения в аммонийной форме. Содержание аммонийного азота в почве стабильно уменьшается от начала вегетации ячменя озимого к ее окончанию. Этот процесс идет приблизительно с одинаковой скоростью. Независимо от содержания в почве аммонийного азота в фазе осеннего кущения ячменя озимого к фазе полной спелости оно уменьшилось на 52,0–59,4 %.

Фосфор потребляется растениями ячменя озимого на протяжении всей вегетации [12]. За осенне-зимний период в удобренной почве содержание подвижного фосфора уменьшилось на 5,4 %. В такой же степени (на 5,2 и 5,7 %) их количество сократилось при внесении фосфорного удобрения из расчета P_{60} как одного, так и в составе полного минерального удобрения ($N_{80}P_{60}K_{40}$). В наименьшей степени содержание подвижного фосфора уменьшалось при внесении $N_{80}P_0K_0$, $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. Наиболее вероятное объяснение отмеченного явления в первом случае – дисбаланс N:P, во вто-

ром – дефицит фосфора и азота. При внесении $N_{120}P_{90}K_{60}$ незначительное сокращение количества подвижного фосфора в почве может быть обу-

словлено высокой нормой фосфорного удобрения, превышающей потребности ячменя изучаемого сорта (рис. 3).

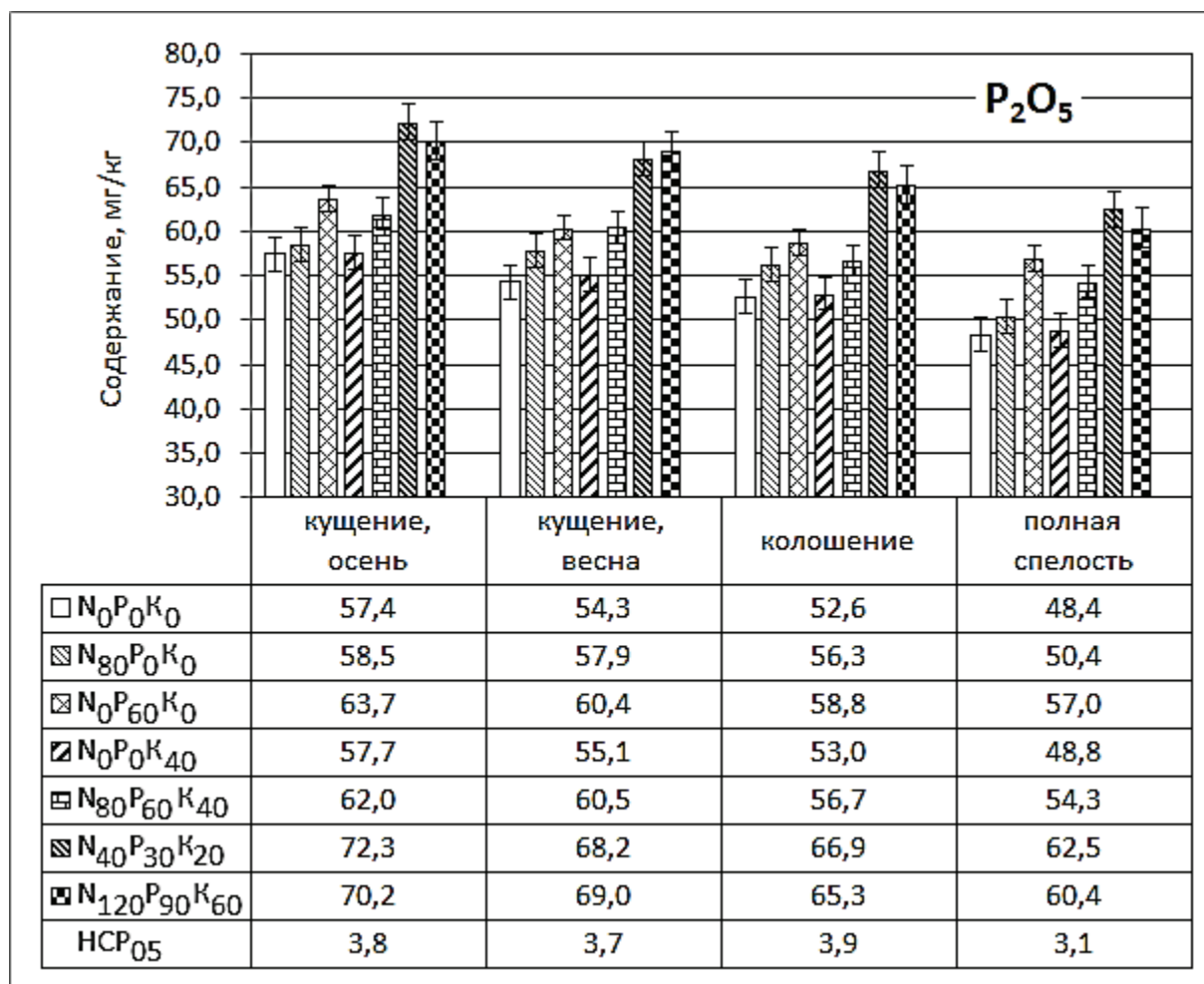


Рисунок 3. Содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого

В последующие фазы вегетации растений ячменя озимого отмечено примерно одинаковое относительное снижение содержания подвижных форм фосфора в почве. За вегетационный период содержание подвижных форм фосфора в зависимости от системы удобрения сократилось на 10,5–15,7 %. Наиболее заметным оно было в почве, где не применялись фосфорные удобрения. При внесении полного минерального удобрения количество подвижного фосфора в почве снижалось тем значительнее, чем выше норма.

Несмотря на относительное сокращение подвижных соединений фосфора в почве от начала вегетации к ее окончанию, на протяжении всего вегетационного периода независимо от нормы внесения минеральных удобрений подвижного фосфора в удобренной почве больше, чем в неудобренной: в фазе кущения осенью на 8,0–26,0 %, кущения весной – 11,7–27,1 %, колошения – 7,8–27,2 %, по завершению онтогенеза ячменя – на 12,2–29,1 %. Внесение фосфорного удобрения в количестве

P_{30} не компенсирует вынос подвижных соединений фосфора урожаем: по завершению вегетации их содержание в почве было ниже, чем до посева. При норме P_{60} и P_{90} в составе полного минерального удобрения компенсировалось их отчуждение из почвы.

Количество подвижного калия в почве за период вегетации ячменя озимого сократилось в зависимости от норм вносимых удобрений на 4,0–14,9 мг/кг или 2,3–8,8 % (рис. 4). При внесении калийного удобрения из расчета K_{40} и K_{60} в составе полного минерального удобрения количество этой формы калия в почве уменьшилось незначительно – на 2,8 и 2,3 % соответственно. При норме K_{20} ($N_0P_0K_{20}$ и $N_{40}P_{30}K_{20}$) содержание в почве подвижного калия уменьшалось за период вегетации ячменя озимого в такой же степени, как и в неудобренной почве (7,3–7,5 %).

Внесение калийного удобрения улучшает обеспеченность агроценоза подвижным калием [3]. Надо обратить внимание, что достоверное увели-

чение его содержания в почве отмечено только при внесении полного минерального удобрения. При внесении $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ подвижного калия в почве было больше чем в неудобренной почве в фазе осеннего кущения на 8,4–8,6 мг/кг (5,1–5,2 %), весеннего кущения – 8,0–9,8 (4,9–6,0), колошения –

9,6–10,3 (6,0–6,4), полной спелости – 15,6–16,6 мг/кг (10,2–10,8 %) соответственно. При внесении полного минерального удобрения из расчета $N_{40}P_{30}K_{20}$ отмечена лишь тенденция к более высокой обеспеченности растений ячменя озимого подвижным калием.

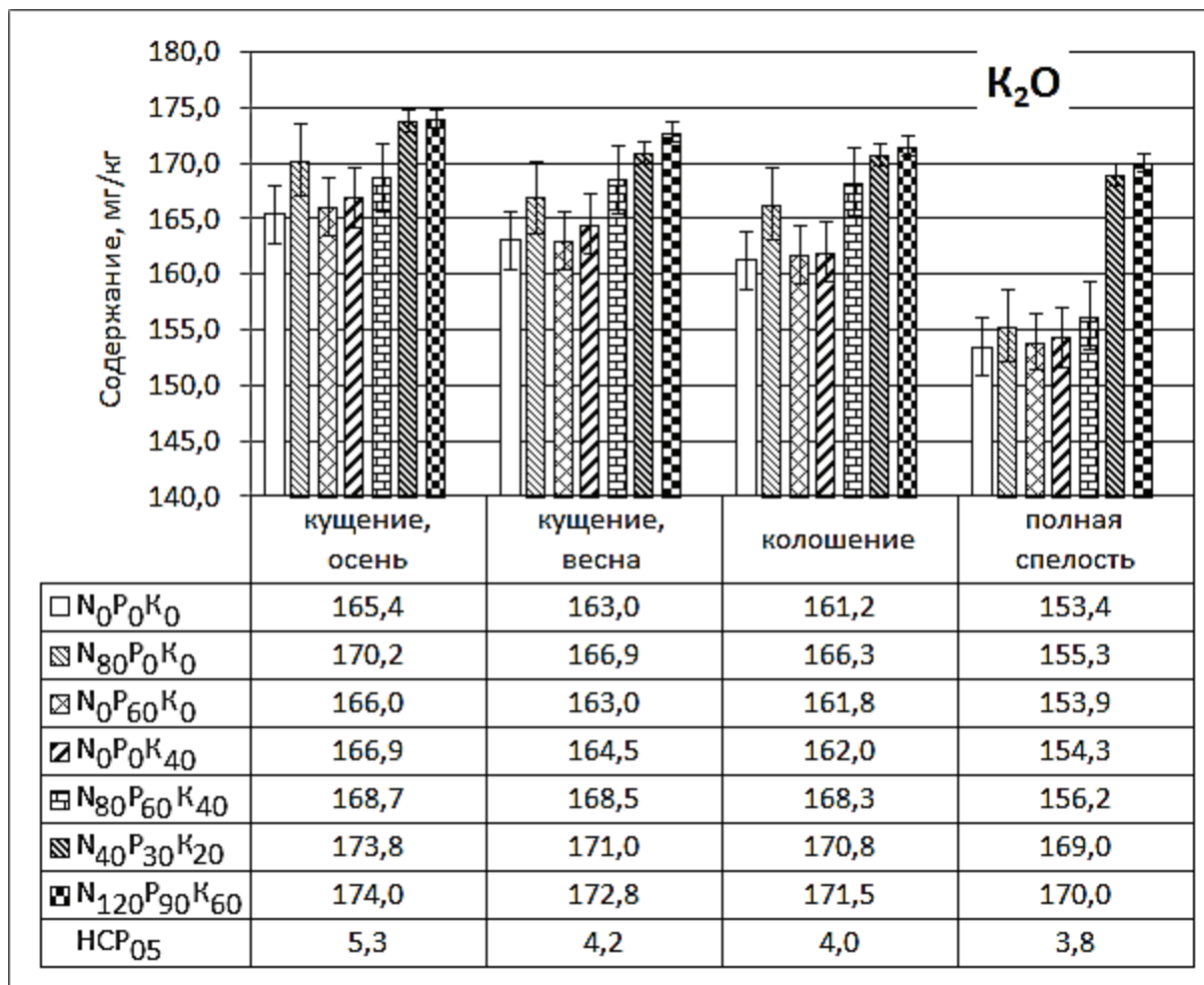


Рисунок 4. Содержание подвижных форм калия (K_2O) в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого

Таким образом, внесение полного минерального удобрения только в количестве $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ позволяет предотвратить обеднение чернозема выщелоченного подвижными соединениями фосфора и калия при выращивании ячменя озимого. Сохранить исходное содержание нитратного и аммонийного азота в почве при этих нормах не представляется возможным. В целом наиболее благоприятный с экологической точки зрения питательный режим для агроценоза ячменя складывается в черноземе выщелоченном при внесении минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$.

Универсальным индикатором благоприятности питательного режима почвы для агроценоза служит урожайность, которая оценивает не только количественное обеспечение элементами питания, но и качественное, т. е. оптимальное соотношение. Анализ величины урожая показал, что в наиболь-

шей мере при выращивании ячменя озимого на черноземе выщелоченном растения испытывают дефицит азота. Так, при внесении только азотного удобрения ($N_{80}P_0K_0$) урожайность увеличивалась в среднем за годы исследований на 24,5 % (1,05 т/га): 12,0 % в 2017 г., 23,3 % – 2018 г. и 37,1 в 2019 г. При внесении одного фосфорного или калийного удобрения достоверное увеличение урожайности отмечено только в 2019 г. В 2017–2018 гг. прибавка составила 1,5–4,0 %, т. е. была незначительной (рис. 5).

Полное минеральное удобрение в количестве $N_{40}P_{30}K_{20}$ обеспечивало рост урожайности в среднем на 22,0 % (13,0–34,1 %). Это меньше чем при внесении одного азотного удобрения из расчета N_{80} (12,0–24,5 %). На этом основании можно заключить, что норма N_{40} не позволяет реализовать потенциальную продуктивность сорта Рубеж.

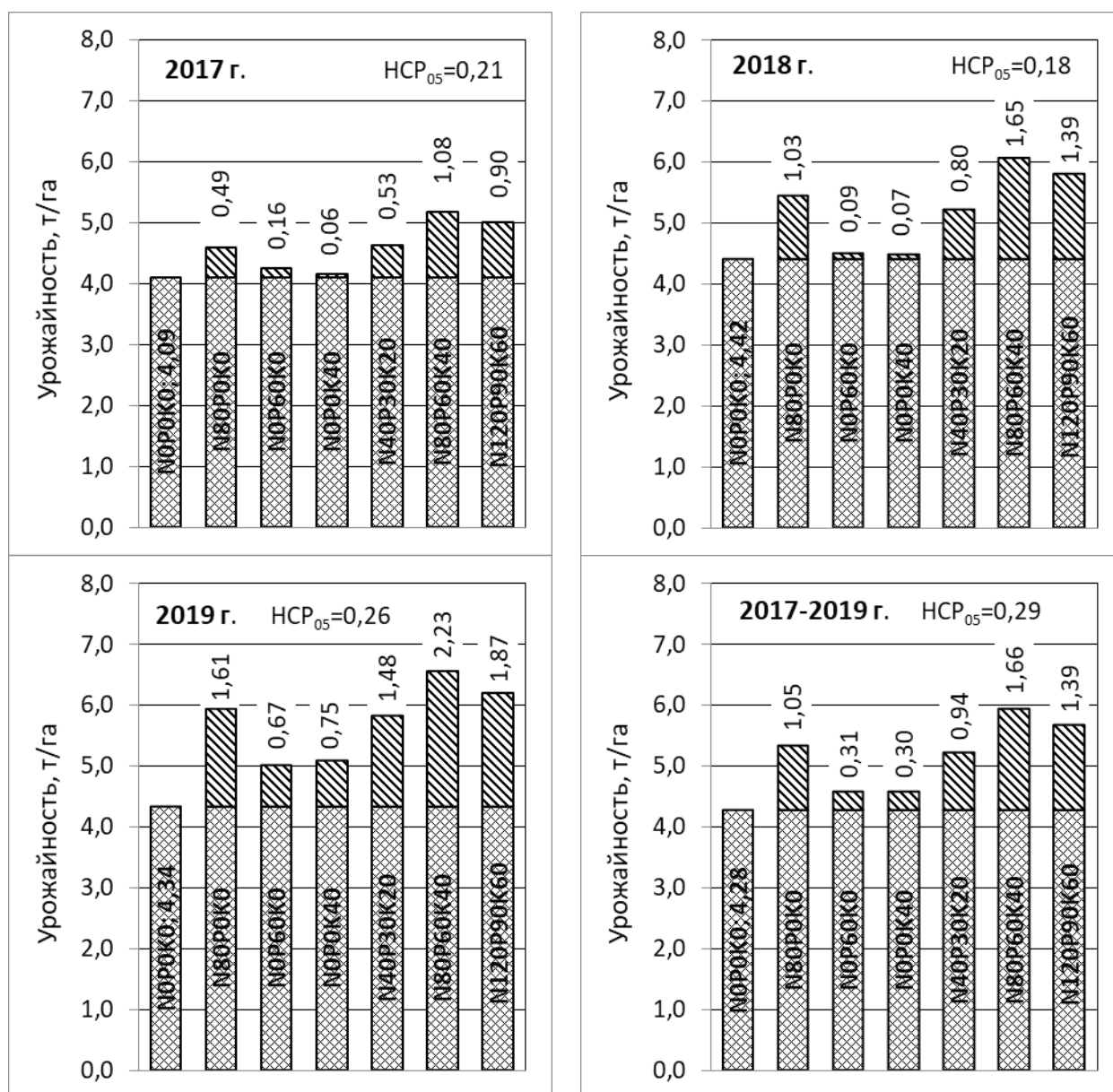


Рисунок 5. Урожайность ячменя озимого при внесении макроудобрений

Наибольшая урожайность отмечена при внесении минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ – на 38,8 и 32,5 % выше, чем без удобрений. Снижение урожайности при повышении нормы внесения удобрения указывает на ее избыточность.

Об оптимальности нормы внесения удобрений дополнительную информацию дает вынос элементов питания урожаем, их затраты на его формирование и коэффициент использования из удобрений. С ростом урожайности в зависимости от ее величины повышается вынос азота на 7,69–57,30 кг/га (6,9–51,4 %), фосфора – 3,11–19,56 (9,5–59,5), калия – 6,71–39,9 кг/га (8,3–49,9 %). Азот и фосфор большей частью сосредоточен в зерне, калий – в листьях и стеблях. Хозяйственный вынос азота и фосфора увеличивался в большей степени вследствие выноса с зерном, калия – вегетативными органами (табл.).

Несомненно с ростом урожайности возрастают затраты элементов на его формирование. Обращаем внимание на тот факт, что при оптимальной норме удобрения $N_{80}P_{60}K_{40}$ урожайность возрастала на 1,66 т/га, что составило 38,8 %. При этом на формирование 1 т зерна увеличивались затраты азота на 9,1 % (2,37 кг/т), фосфора – 15,0 % (1,15 кг/т), калия – 7,7 % (1,45 кг/т).

На правильный выбор оптимальных норм удобрений указывает и коэффициент использования элемента питания из удобрений. При норме $N_{40}P_{30}K_{20}$ из удобрения используется 74,0 % азота, 35,5 % фосфора, 111,4 % калия; $N_{80}P_{60}K_{40}$ – 71,65 %, 32,6 %, 99,8 %; $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 41,3 %, 18,4 %, 59,2 % соответственно. На этом основании приходим к заключению, что при норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ достигается наиболее полное использование растениями ячменя озимого элементов минерального питания из

удобрений. Невысокий коэффициент использования фосфора указывает как на высокое содержание в черноземе выщелоченном подвижных форм элемента, так и, возможно, избыточную норму внесенного фосфорного удобрения. Норма калийного удобрения полностью компенсирует отчуждение

калия с урожаем. Высокая степень использования азота из азотного удобрения при норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (71,0 %) и резкое ее снижение при $N_{120}P_{90}K_{60}$ (41,3 %) указывает не столько на избыточную норму, сколько на высокие потери элемента из почвы вследствие нитрификации.

Таблица. Вынос биогенных элементов урожаем ячменя озимого и коэффициенты их использования из удобрений

Вариант	Вынос, кг/га			Затраты на 1 т зерна, кг	Коэффициент использования из удобрений
	солома	зерно	хозяй- ственный		
Азот					
N ₀ P ₀ K ₀	29,28	82,18	111,46	26,04	–
N ₈₀ P ₀ K ₀	38,49	110,86	149,35	28,02	47,4
N ₀ P ₆₀ K ₀	32,26	89,05	121,31	26,43	–
N ₀ P ₀ K ₄₀	31,76	88,39	119,15	26,02	–
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	37,19	103,88	141,07	27,02	74,0
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	44,02	124,74	168,76	28,41	71,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	42,55	118,5	161,05	28,40	41,3
Фосфор					
N ₀ P ₀ K ₀	11,71	21,10	32,89	7,68	–
N ₈₀ P ₀ K ₀	16,71	29,32	46,03	8,64	–
N ₀ P ₆₀ K ₀	12,21	23,87	36,08	7,86	5,3
N ₀ P ₀ K ₄₀	12,64	23,36	36,00	7,86	–
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	15,87	27,67	43,54	8,34	35,5
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	19,19	33,26	52,45	8,83	32,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	17,77	32,31	49,49	8,73	18,4
Калий					
N ₀ P ₀ K ₀	60,18	20,54	80,72	18,86	–
N ₈₀ P ₀ K ₀	76,47	26,18	102,65	19,26	–
N ₀ P ₆₀ K ₀	65,40	22,03	87,43	19,05	–
N ₀ P ₀ K ₄₀	68,74	22,90	91,64	20,01	27,3
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	76,37	26,62	102,99	19,73	111,4
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	89,73	30,89	120,62	20,31	99,8
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	86,18	30,05	116,23	20,50	59,2

Выводы

Внесение полного минерального удобрения только в количестве $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ позволяет предотвратить обеднение чернозема выщелоченного подвижными соединениями фосфора и калия при выращивании ячменя озимого. Сохранить исходное содержание нитратного и аммонийного азота в почве при этих нормах не представляется возможным. В целом наиболее благоприятный с экологической точки зрения питательный режим для агроценоза ячменя складывается в черноземе выщелоченном при внесении минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$.

Наибольшая урожайность зерна ячменя озимого формируется при внесении минеральных удобрений из расчета $N_{80}P_{60}K_{40}$ – на 38,8 % выше, чем без удобрений. При этом на формирование 1 т зерна увеличивались затраты азота на 9,1 % (2,37 кг/т), фосфора – 15,0 % (1,15 кг/т), калия – 7,7 % (1,45 кг/т). Оптимальность этих норм удобрений подтверждается коэффициентами использования растениями элементов минерального питания из удобрений: азота – 71,65 %, фосфора – 32,6 %, калия – 99,8 %, в то время как при $N_{120}P_{90}K_{60}$ они значительно ниже – 41,3 %, 18,4 %, 59,2 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жиленко, С.В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых в земледелии Краснодарского края / С.В. Жиленко, Н.И. Аканова, Л.Б. Винничек // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. - Пензенский государственный университет (Пенза), 2015. - № 4(16). - С 216–226.
2. Нецадим, Н.Н. Урожайность зерна озимого ячменя с применением различных технологий выращивания / Н.Н. Нецадим, О.Е. Пацека, В.А. Калашников // Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. - 2018. - № 2(158). - С. 37–39.
3. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения: практическое руководство / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин // М.: Ледум, 2000. - 185 с.
4. Репко, Н.В. Посевные площади и урожайность озимого ячменя в основных регионах возделывания / Н.В. Репко, Е.В. Смирнова, А.С. Коблянский // Политематич. сетевой электр. науч. журнал КубГАУ. - Краснодар: КубГАУ, 2015. - № 112. - С. 1645–1655.
5. Татаркин, С.В. Урожайность сортов озимого ячменя на различных фонах минерального питания / С.В. Татаркин, А.С. Ерешко, В.Б. Хронюк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2011. - №1. - С.136-140.
6. Шевцов, В.М. Ячмень на Кубани / В.М. Шевцов, Н.Г. Малюга, А.И. Радионов. - Краснодар, 2010. - 97 с.
7. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 5. Прикладная агрохимия / А.Х. Шеуджен. - Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2017. - 860 с.
8. Шеуджен, А.Х. Влияние микроудобрений на продуктивность агроценоза ячменя озимого при его размещении на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.С. Ковалёв, М.А. Осипов // Энтузиасты аграрной науки, 2019. - С. - 156-165.
9. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. - Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. - 661 с.
10. Шеуджен, А.Х. Минеральные удобрения и урожай сельскохозяйственных культур выращиваемых на черноземе выщелоченном Прикубанской низменности / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко, С.С. Ковалёв // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013–2020 гг.: Матер. Всерос. координ. совещ. науч. учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. - 2018. - С. 391–400.
11. Щербаков, А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. - М.: Колос, 1983. - 189 с.
12. Янковский, Н. Г. Минеральные удобрения и продуктивность новых сортов озимого ячменя / Н.Г. Янковский // Земледелие, 2003. - № 1. - С. 29.
13. Blandino, M. Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness / M. Blandino, F. Marinaccio, A. Reyneri // Field Crops Research. - January 2015. - P. 109–118.
14. Jākobsone, I. Macro-Elements and Trace Elements in Cereal Grains Cultivated in Latvia / I. Jākobsone, I. Kantāne, S. Zute, I. Jansone, V. Bartkevičs // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. - October 2015. - P. 152-157.
15. Stanković S. Influence of increasing doses nitrogen on physical and productive characteristics winter barley cultivar Kristal / S. Stanković, Ž. Stojanović, D. Dodig, M. Jović// Selekcija i Semearstvo. - V. 7. - № 3-4. - P. 129 – 133.

Асхад Хазретович Шеуджен

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

Askhad Khazretovich Sheudzen

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

Сергей Сергеевич Ковалев

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

Sergey Sergeevich Kovalev

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

Татьяна Николаевна Бондарева

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

Tatyana Nikolaevna Bondareva

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

Михаил Алексеевич Осипов

Доцент кафедры агрохимии
E-mail: osipov_misha@bk.ru

Mikhail Alekseevich Osipov

associate professor of agrochemistry department
E-mail: osipov_misha@bk.ru

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

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

DOI10.33775/1684-2464-2021-51-2-55-61
УДК: 633.18: 631.811.1: 631.416.1

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

ПОТРЕБЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТЕНИЯМИ И ВЫНОС ИХ УРОЖАЕМ РИСА ПРИ ВНЕСЕНИИ НАВОЗНОЙ ЖИЖИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ИНГИБИТОРОМ НИТРИФИКАЦИИ

Исследования проведены на лугово-черноземной почве рисовой оросительной системы в Красноармейском районе Краснодарского края. Изучали влияние внесения навозной жижи и ингибитора нитрификации на потребление биогенных элементов растениями и вынос их урожаем риса. Полевой опыт включал варианты: контроль (без удобрений); технология выращивания риса хозяйства $N_{120}P_{80}K_{60}$; навозная жижа 30 т/га с осени; навозная жижа 30 т/га с осени + ингибитор нитрификации; навозная жижа 30 т/га с весны; навозная жижа 30 т/га с весны + ингибитор нитрификации. Включение ингибитора нитрификации в навозную жижу повышает усвоение азота, фосфора и калия рисом относительно варианта без ингибитора соответственно на 10,5; 12,1 и 10,1 % при осенней их заделке и на 3,1; 6,3 и 3,9 % – весенней. Среднесуточная интенсивность потребления растениями азота, фосфора и калия увеличивается соответственно на 10,5; 11,8 и 10,0 % при осенней заделке навозной жижи с ингибитором нитрификации и на 2,8; 6,3 и 3,4 % – весенней. Оптимизация минерального питания риса сопровождается повышением хозяйственного выноса азота, фосфора и калия с урожаем соответственно на 9,94 кг/га (7,3 %), 5,48 (8,8); 9,91 кг/га (6,9 %) при внесении удобрений осенью и на 4,69 кг/га (3,5 %); 4,10 (6,8 %); 6,22 кг/га (4,4 %) – весной. Различия по затратам элементов питания на формирование 1 т зерна риса между осенней и весенней заделкой навозной жижи как в отдельности, так и с ингибитором нитрификации несут существенные. Максимальное потребление биогенных элементов рисом и их вынос с урожаем происходит при осеннем внесении навозной жижи и ингибитора нитрификации.

Ключевые слова: рис, *Oryza sativa*, лугово-черноземная почва, навозная жижа, ингибитор нитрификации, потребление биогенных элементов растениями, вынос биогенных элементов с урожаем.

CONSUMPTION OF NUTRITIONAL ELEMENTS BY PLANTS AND REMOVAL OF THEIR RICE BY THEIR YIELD WHEN APPLYING SLURRY MODIFIED WITH NITRIFICATION INHIBITOR

The studies were carried out on the meadow-chernozem soil of the rice irrigation system in the Krasnoarmeisky district of the Krasnodar Territory. The effect of the introduction of slurry and a nitrification inhibitor on the consumption of nutrients by plants and their removal by the rice crop was studied. Field experience included options: control (no fertilizer); rice cultivation technology of the farm $N_{120}P_{80}K_{60}$; slurry 30 t/ha from autumn; slurry 30 t/ha from autumn + nitrification inhibitor; slurry 30 t/ha from spring; slurry 30 t/ha from spring + nitrification inhibitor. The inclusion of a nitrification inhibitor in the slurry increases the assimilation of nitrogen, phosphorus and potassium by rice relative to the variant without the inhibitor by 10.5; 12.1 and 10.1 % in the case of autumn embedding and by 3.1; 6.3 and 3.9 % – in the spring. The average daily consumption of nitrogen, phosphorus and potassium by plants increases by 10.5, respectively; 11.8 and 10.0 % for the autumn incorporation of slurry with a nitrification inhibitor and 2.8; 6.4 and 3.9 % – in the spring. Optimization of the mineral nutrition of rice is accompanied by an increase in the economic removal of nitrogen, phosphorus and potassium with the yield, respectively, by 9.94 kg/ha (7.3 %), 5.48 (8.8); 9.91 kg/ha (6.9 %) with fertilization in the fall and 4.69 kg/ha (3.5 %); 4.10 (6.8 %); 6.22 kg/ha (4.4 %) – in the spring. Differences in the consumption of nutrients for the formation of 1 ton of rice grain between autumn and spring incorporation of slurry, both separately and with a nitrification inhibitor, are insignificant. The maximum consumption of nutrients by rice and their removal with the harvest occurs with the autumn application of slurry and a nitrification inhibitor.

Key words: rice, *Oryza sativa*, meadow-chernozem soil, slurry, nitrification inhibitor, nutrient consumption by plants, nutrient removal with harvest.

Введение

Для обеспечения сбалансированного питания растений в период вегетации риса необходимы органические и минеральные удобрения. При одностороннем использовании органических удобрений минерализация питательных веществ происходит постепенно, что позволяет обеспечить ими растения на протяжении всего вегетационного периода, однако на начальных этапах наблюдается недостаток доступных форм макроэлементов для нормальной их жизнедеятельности. При использовании только минеральных удобрений в начале вегетации наблюдается избыток питательных веществ, а в конце – недостаток. Совместное применение органических и минеральных удобрений устраняют специфические недостатки обеих групп удобрений. Д.Н. Прянишников в связи с этим писал, что комбинация навоза и минеральных удобрений позволяет обильно снабдить растения усвояемой пищей на первых стадиях развития и дать в тоже время в виде навоза резерв постепенно переходящих в действие питательных веществ. Вместе с тем гуминовые вещества навоза, обладая высокой буферностью и поглощательной способностью, сдерживают сдвиги реакции питательного раствора, способствуют понижению концентрации солей и таким образом предохраняют требовательные культуры от неблагоприятных воздействий. Кроме того, растворы гуминовых кислот способны оказывать стабилизирующее действие на различные суспензии, противодействовать образованию осадков труднорастворимых фосфатов. Следует отметить также большую роль навоза в снабжении растений углекислотой [6].

Наиболее широко в практике рисоводства в качестве органических удобрений используют навоз. Органическое вещество навоза способствует усилению микробиологических процессов в почве, в результате повышается подвижность и доступность элементов зольного питания [7, 12]. В первый год внесения растения усваивают 20-30 % аммиачного азота, 50-55 % фосфора и 60-70 % калия от общего содержания элементов в органическом удобрении. С помощью навоза в значительной мере удовлетворяются потребности почвы в микроэлементах – на 1 кг сухого вещества приходится 20 мг бора, 410 марганца, 62 меди, 120 цинка и 6 мг кобальта [4].

Внесение органических удобрений сокращает потери азота удобрений за счет его мобилизации микроорганизмами в 2,0-2,5 раза [3]. Для регулирования азотного режима и обеспечения эффективности органических удобрений применяют ингибиторы нитрификации, позволяющие временно и избирательно снижать активность нитрифицирующих микроорганизмов, осуществляющих первый этап нитрификации, обеспечивая консервацию в почве азота в аммонийной форме. В результате потери азота снижаются и создаются условия для усвоения азота растениями [7, 10, 11].

Цель исследований

Изучить влияние внесения навозной жижи и ингибитора нитрификации на потребление биогенных элементов растениями и вынос их урожаем риса.

Материалы и методы

Исследования проведены на рисовой оросительной системе в Красноармейском районе Краснодарского края. Почва опытного участка – лугово-черноземная слабогумусная среднесиловатая глинистая на аллювиальных глинах. Агрохимическая характеристика почвы: $pH_{H_2O} = 6,6$ ед.; гумус – 3,3 %; $N_{общ} = 0,220$ %; $C_{гк} : C_{фк} = 1,86$; $P_2O_5 = 39,5$ мг/кг; $K_2O = 240$ мг/кг [1, 12].

Навозная жижа – быстродействующее азотно-калийное удобрение. В зависимости от вида животных и времени хранения содержание азота в ней варьирует от 0,26 до 0,39 %, фосфора – от 0,06 до 0,12 %, калия – от 0,36 до 0,58 %. Основные азотистые вещества навозной жижи – мочевина, мочева и гипуровая кислоты, которые под действием уробактерий превращаются в углекислый аммоний, легко распадающийся на углекислоту, аммиак и воду [7].

Ингибитор нитрификации Entec FL пролонгированного действия. Содержит ингибитор аммонийного азота DMPP (3,4-диметилпиразолфосфат), который замедляет процесс нитрификации и стабилизирует аммонийную форму азота в почве. Принцип действия ингибитора заключается в блокировании энзима почвенных бактерий *Nitrosomonas* – монооксигеназы аммония. При блокировке этого энзима ингибируется первый этап процесса нитрификации – окисление аммонийного азота до нитратного. Негативного воздействия на жизнедеятельность бактерий *Nitrosomonas* не происходит. В итоге аммонийный азот из удобрений сохраняется в почве длительное время [7].

На рисовой оросительной системе был заложен полевой опыт. Технология возделывания риса соответствовала рекомендациям ФНЦ риса [5]. Навозную жижу вносили с осени и весны из расчета 30 т/га. В день внесения её заделывали в почву тяжёлыми дисками на глубину 8-10 см. Ингибитор нитрификации Entec FL добавляли в ёмкость с навозной жижей и тщательно перемешивали. Схема опыта следующая:

1. Контроль (без удобрений).
2. Технология возделывания риса в хозяйстве ($N_{120}P_{80}K_{60}$) [5].
3. Навозная жижа, 30 т/га (осень).
4. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (осень).
5. Навозная жижа, 30 т/га (весна).
6. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (весна).

Исследования сопровождались отбором растений в фазы всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна риса. В растительных образцах определяли содержание общего азота, фос-

фора, калия по Куркаеву [2]. Для количественной характеристики состояния минерального питания растений рассчитывали абсолютное потребление биогенных элементов по фазам вегетации и вынос их урожаем риса. Результаты исследований подвергались статистической оценке [8].

Результаты и обсуждение

Дефицит, оптимум и избыток азота в растениях риса составляет: в зерне 1,5 %, в надземных вегетативных органах в фазе кущения < 2,5, 2,5–3,5, > 3,5 %, выметывания 2,0 %, полной спелости зерна 1,0 % сухой массы соответственно [7].

Внесение минеральных и органических удобрений улучшало обеспеченность растений риса азотом. При применении одних минеральных удобрений его содержание в вегетативной массе растений превышало контроль на протяжении всей вегетации риса. Наибольшие различия отмечены в фазе всходов – 1,20 %, в последующие фазы они сокращались до 0,10–0,36 %. При осенней заделке навозной жижи в почву увеличение азота в надземных вегетативных органах растений относительно контроля составляло 1,10 % и 0,08–0,24 %, при весенней – 1,16 и 0,09–0,27 % соответственно. В зерне риса азота при внесении минеральных удобрений, навозной жижи с осени и весны содержалось соответственно на 0,07; 0,06 и 0,07 % больше, чем в контроле. Ингибитор нитрификации Entec FL, сокращая потери азота из навозной жижи, способствовал увеличению содержания этого элемента в вегетативных органах при заделке осенью и весной на 1,23 и 1,19 % в фазе всходов, 0,43 и 0,40 % – кущения, 0,30 и 0,27 % – выметывания, 0,15 и 0,11 % – полной спелости, а также в зерне риса – на 0,10 и 0,08 % соответственно. Наибольшее накопление азота в растениях риса отмечено при добавлении ингибитора нитрификации в навозную жижу. По сравнению с отдельным внесением навозной жижи с осени содержание азота в надземных вегетативных органах растений увеличивалось на 0,13 % в фазе всходов, 0,19 % – кущения, 0,08 % – выметывания, 0,07 % – полной спелости, а также в зерне риса на 0,04 %. С весенней заделкой эти различия составили соответственно 0,03; 0,13; 0,01; 0,02 % и 0,01 % (рис. 1).

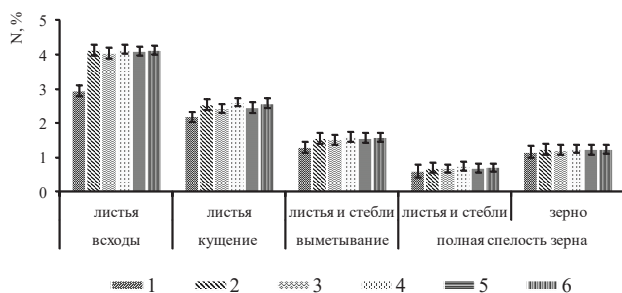


Рисунок 1. Динамика содержания азота в органах растений риса: 1-6 – варианты опыта

По данным А.Х. Шеуджена, дефицит, оптимум и избыток фосфора и калия в растениях риса составляет: зерне 0,75 и 0,40 %, надземных вегетативных органах в фазе кущения 0,75 и 3,5 %, выметывания 0,70 и 3,0 %, полной спелости зерна 0,25 и 2,5 % сухой массы соответственно [7]. Минеральные и органические удобрения положительно влияли на накопление фосфора и калия в органах растений риса (рис. 2). По отношению к контролю их содержание увеличивалось на удобренных вариантах соответственно на 0,16–0,21 и 0,24–1,16 % в фазе всходов, 0,08–0,14 и 0,12–0,18 % – кущения, 0,13–0,16 и 0,14–0,16 % – выметывания, 0,02–0,04 и 0,08–0,16 % – полной спелости в вегетативной массе и на 0,03–0,08 и 0,02–0,05 % – в зерне риса.

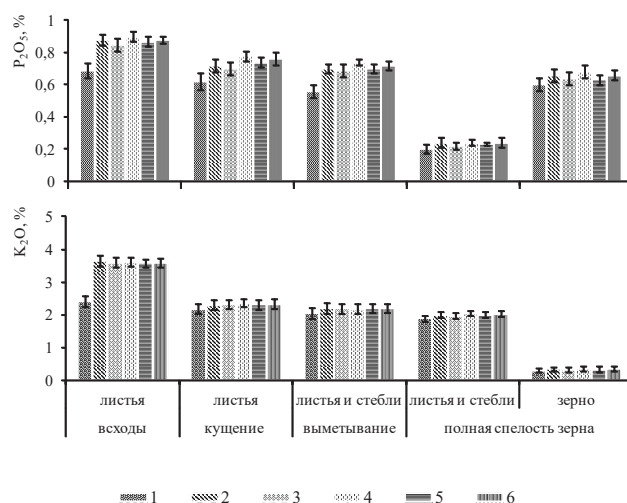


Рисунок 2. Динамика содержания фосфора и калия в органах растений риса: 1-6 – варианты опыта

Потребление азота, фосфора и калия растениями риса зависело от фазы их развития и внесенных минеральных и органических удобрений (табл. 1). Потребление растениями риса азота продолжалось до полного завершения онтогенеза, но наиболее интенсивно усвоение приходилось на вегетативный период их развития – от всходов до выметывания. Растения контрольного варианта к фазе всходов азота усваивали 10,9 %, к кущению и выметыванию соответственно 47,6 и 63,4 % от общего его потребления за весь период вегетации. На генеративный период развития риса, от фазы выметывания до полной спелости зерна, приходилось 36,6 % азота, усвоенного растениями из почвы. Внесенные минеральные и органические удобрения способствовали большему потреблению этого элемента во все периоды вегетации риса. К фазе выметывания усвоение азота рисом из почвы и удобрений составляло 67,9–69,3 % от общего его потребления за вегетационный период. В фазы всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна опытные растения, выращенные на удобрен-

ных вариантах, превосходили контрольные на 2,36-2,93; 16,36-20,88; 16,33-20,69 мг соответственно. Наибольшее потребление азота рисом отмечалось у растений, выросших при добавлении ингибитора нитрификации в навозную жижу, внесенные с осе-

ни. Включение ингибитора нитрификации в навозную жижу сопровождалось увеличением накопления азота рисом относительно варианта без ингибитора на 10,5 % при осенней заделке и на 3,1 % – весенней.

Таблица 1. Динамика потребления биогенных элементов растениями риса, мг/растение

Вариант	Фазы вегетации				
	всхо- ды	куще- ние	выме- тыва- ние	полная спелость	
				листья+ стебли	зерно
Азот (N)					
Контроль	4,14	18,04	24,02	11,22	26,67
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	7,07	36,35	41,71	19,08	41,38
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	6,50	34,40	40,35	18,48	40,92
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	7,96	38,92	44,71	21,33	44,29
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	7,00	34,58	41,55	18,74	41,25
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	7,47	36,92	42,61	19,56	42,21
Фосфор (P ₂ O ₅)					
Контроль	0,97	5,08	10,19	3,62	13,56
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	1,50	10,22	18,48	6,36	21,85
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	1,36	9,87	18,08	5,81	21,12
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	1,71	11,54	20,42	6,65	23,53
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	1,48	10,36	18,41	6,07	20,79
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	1,58	10,79	19,30	6,43	22,11
Калий (K ₂ O)					
Контроль	3,39	17,88	37,13	34,03	6,78
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	6,22	32,66	58,08	53,00	11,25
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	5,76	32,71	57,38	51,74	10,56
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	6,88	34,93	60,17	56,51	12,11
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	6,09	32,34	57,86	52,54	10,89
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	6,48	33,09	58,96	54,14	11,73

Потребление фосфора растениями риса за весь период вегетации в 1,5-2,0 раза меньше по сравнению с усвоением азота. В фазы всходы, кущения и выметывания контрольные растения фосфора усваивали 5,7; 29,6 и 59,3 % от общего его потребления за вегетацию. Минеральные и органические удобрения положительно сказались на динамике накопления этого элемента растениями риса. В период всходов, кущения, выметывания и полной спелости зерна опытные растения, выросшие на удобренной почве, потребляли фосфора больше контрольных на 0,23-0,61; 4,79-6,46; 8,22-10,23 и 9,68-13,00 мг соответственно. В наибольшем количестве фосфора усваивалось растениями риса при осенней заделке навозной жижи с применением ингибитора нитрификации. Добавление последнего в навозную жижу увеличивало потребление фосфора рисом относительно варианта без ингибитора на 12,1 % при осенней заделке и на 6,3 % – весенней.

В фазах всходы и кущения риса контрольные и опытные растения потребляли калия практически в том же количестве, что и азота. К выметыванию усвоение калия растениями было значительно больше азота и, тем более, фосфора. В вегетативных надземных органах растений к фазе выметывания риса калия накапливалось 87,7-92,1 % от

общего его количества за весь период вегетации. Растения, выросшие на удобренной осенью навозной жижей почве с добавлением ингибитора нитрификации, в фазах всходы, кущения, выметывания и полной спелости зерна потребляли калия соответственно на 3,49; 17,05; 23,04; и 27,81 мг больше, чем контрольные. Включение ингибитора нитрификации в навозную жижу повышало усвоение калия рисом относительно варианта без ингибитора на 10,1 % при осенней заделке и на 3,9 % – весенней.

Внесенные минеральные и органические удобрения благоприятно отразились на интенсивности потребления растениями риса биогенных элементов (табл. 2).

Наиболее интенсивно контрольные и опытные растения риса потребляли калий, затем азот и в меньшей степени фосфор. С наибольшей интенсивностью биогенные элементы накапливались растениями риса, выросшие на удобренной осенью навозной жижей почве с включением ингибитора нитрификации. По сравнению с контролем скорость потребления азота, фосфора и калия возрастала на 0,222; 0,104 и 0,222 мг/сут. соответственно. Кроме того, интенсивность накопления этих элементов была больше соответственно на 0,051; 0,026 и 0,051 мг, чем в варианте с навозной

жижей без ингибитора нитрификации, внесенной с осени и на 0,014; 0,014 и 0,02 мг – с весны. Следовательно, под воздействием ингибитора нитрификации и навозной жижи за вегетационный период

риса среднесуточная интенсивность потребления растениями азота, фосфора и калия возрастала соответственно на 10,5; 11,8 и 10,0 % при внесении их осенью и на 2,8; 6,4 и 3,9 % – весной.

Таблица 2. Интенсивность потребления биогенных элементов растениями риса, мг/сут.

Вариант	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
Контроль	0,316	0,143	0,340
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	0,496	0,231	0,527
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	0,487	0,221	0,511
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	0,538	0,247	0,562
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	0,492	0,220	0,520
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	0,506	0,234	0,540

Потребность в элементах питания определяется по выносу их с общим урожаем либо на единицу урожая основной продукции с учетом соответствующего количества его побочной части (солома) [9]. Выращивание риса без применения удобрений способствовало небольшому хозяйственному выносу биогенных элементов урожаем риса (табл. 3). Применение минеральных и органических удобрений

значительно повлияло на его увеличение. В зависимости от вида удобрений, способа и срока внесения органики хозяйственный вынос азота возрастал на 49,79-63,60 кг/га, фосфора на 24,32-29,79 и калия на 51,74-63,91 кг/га. Причем азот и фосфор с рисовых полей отчуждался больше с урожаем зерна, чем с соломой. В отличие от них основная доля выноса калия урожаем приходилась на солому.

Таблица 3. Вынос азота, фосфора и калия урожаем риса и затраты на формирование 1 т зерна

Вариант	Вынос, кг/га			Затраты на 1 т зерна, кг
	зерно	солома	хозяй- ственный	
Азот (N)				
Контроль	58,41	24,55	82,96	16,76
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	90,88	41,88	132,75	18,26
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	94,12	42,50	136,62	18,00
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	98,94	47,62	146,56	18,96
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	92,75	42,15	134,90	18,18
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	95,38	44,21	139,59	18,44
Фосфор (P ₂ O ₅)				
Контроль	29,70	7,92	37,62	7,60
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	47,98	13,96	61,94	8,52
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	48,58	13,36	61,93	8,16
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	52,56	14,84	67,41	8,72
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	46,75	13,65	60,40	8,14
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	49,96	14,53	64,50	8,52
Калий (K ₂ O)				
Контроль	14,85	74,45	89,30	18,04
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	24,72	116,32	141,04	19,40
Навозная жижа, 30 т/га (осень)	24,29	119,01	143,30	18,88
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень)	27,06	126,15	153,21	19,82
Навозная жижа, 30 т/га (весна)	24,49	118,13	142,61	19,22
Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)	26,50	122,33	148,83	19,66

Максимальный хозяйственный вынос биогенных элементов был на варианте, где в почву осенью заделывалась навозная жижа с добавлением ингибитора нитрификации. Здесь вынос азота с зерном увеличивался по сравнению с контролем без удобрений на 40,53 кг/га (69,4 %), с соломой на 3,07 кг/га (94,0 %). Вынос же фосфора с зерном и соломой возрастал на 22,86 кг/га (77,0 %) и 6,92 кг/га (87,4 %) соответственно. Вынос калия с основной и побочной продукцией риса составил 12,21 кг/га

(82,2 %) и 51,70 кг/га (69,4 %) соответственно.

Добавление ингибитора нитрификации в навозную жижу увеличивало хозяйственный вынос азота, фосфора и калия урожаем риса соответственно на 9,94 кг/га (7,3 %), 5,48 (8,8) и 9,91 кг/га (6,9 %) по сравнению с вариантом, где осенью навозная жижа заделывалась в почву без ингибитора и на 4,69 кг/га (3,5 %); 4,10 (6,8 %) и 6,22 кг/га (4,4 %) – весной.

Минеральные и органические удобрения способствовали незначительному росту затрат элементов

питания на создание 1 т зерна риса. По сравнению с контролем затраты азота несколько увеличивались на 1,24-2,20 кг (7,4-13,1 %), фосфора на 0,54-1,12 кг (7,1-14,7 %) и калия на 1,18-1,36 (6,5-7,5 %). Максимальные затраты элементов питания на формирование 1 т зерна риса наблюдались при осенней заделке навозной жижи с ингибитором нитрификации. Различия по затратам между осенней и весенней заделкой навозной жижи как в отдельности, так и с ингибитором нитрификации не существенные (таблица 3).

Выводы

Включение ингибитора нитрификации в навозную жижу повышает усвоение азота, фосфора и калия рисом относительно варианта без ингибитора соответственно на 10,5; 12,1 и 10,1 % при осенней их заделке и на 3,1; 6,3 и 3,9 % – весенней. При этом среднесуточная интенсивность потребления

растениями азота, фосфора и калия увеличивается соответственно на 10,5; 11,8 и 10,0 % при осеннем внесении навозной жижи с ингибитором нитрификации и на 2,8; 6,4 и 3,9 % – весеннем. Оптимизация минерального питания риса сопровождается повышением хозяйственного выноса азота, фосфора и калия с урожаем соответственно на 9,94 кг/га (7,3 %), 5,48 (8,8); 9,91 кг/га (6,9 %) при применении удобрений осенью и на 4,69 кг/га (3,5 %); 4,10 (6,8 %); 6,22 кг/га (4,4 %) – весной. Различия по затратам элементов питания на формирование 1 т зерна между осенней и весенней заделкой навозной жижи как в отдельности, так и с ингибитором нитрификации не существенные. Максимальное потребление биогенных элементов рисом и их вынос с урожаем происходит при осеннем внесении навозной жижи и ингибитора нитрификации.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуторова, О.А. Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов: монография / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2020. – 348 с.
2. Куркаев, В.Т. Агрохимия / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
3. Митовска, Р. Влияние органического вещества на размер и скорость закрепления азота удобрений в органических соединениях и использование его растениями / Р. Митовска // Сб. докл. VIII междунар. симпоз. Humus et planta. Прага, 1983. – Т. 2. – С. 297-298.
4. Паников, В.Д. Почвы, климат, удобрения и урожай / Паников В.Д., Минеев В.Г. – М.: Колос, 1977. – 216 с.
5. Система рисоводства Краснодарского края / Под общ. редакцией Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
6. Цуркан, М.А. Отходы биохимических заводов – земледелию / М.А. Цуркан, А.П. Русу. – Кишинев: «Карта Молдовеняскэ», 1980. – 68 с.
7. Шеуджен, А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
8. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 2. Методика агрохимических исследований / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 703 с.
9. Шеуджен, А.Х. Микроэлементы в системе удобрения рисового севооборота / А.Х. Шеуджен, Х.Д. Хурум. – Краснодар: ВНИИ риса; КубГАУ; Просвещение Юг, 2011. – 363 с.
10. Figueiro, D. Influence of Two Nitrification Inhibitors (DCD and DMPP) on Annual Ryegrass Yield and Soil Mineral N Dynamics after Incorporation with Cattle Slurry / D. Figueiro, A. Fernandes, J. Coutinho, N. Moreira, H. Trindade // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2009. – V. 40(21-22). – P. 3387-3398.
11. Marsden, K.A. The mobility of nitrification inhibitors under simulated ruminant urine deposition and rainfall: a comparison between DCD and DMPP / K.A. Marsden, A.J. Marín-Martínez, A. Vallejo, P.W. Hill, D.L. Jones, D.R. Chadwick // Biology and Fertility of Soils. – 2016. – V. 52. – P. 491-503.
12. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

REFERENCES

1. Gutorova, O.A. Ecological and agrochemical state of soils in rice agrolandscapes: monograph / O.A. Gutorova, A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: JSC «Polygraph-Yug», 2020. – 348 p.
2. Kurkayev, V.T. Agrochemistry / V.T. Kurkayev, A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya». 2000. – 552 p.
3. Mitovska, R. Influence of organic matter on the size and rate of nitrogen fixation of fertilizers in organic compounds and its use by plants / R. Mitovska // Coll. report VIII int. symposium. Humus et planta. Prague, 1983. – V. 2. – P. 297-298.
4. Pannikov, V.D. Soils, climate, fertilizers and harvest / Pannikov V.D., Mineev V.G. – M.: Kolos, 1977. – 216 p.
5. The system of rice growing of the Krasnodar Territory / Under total. edited by E.M. Kharitonov. – Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2005. – 340 p.
6. Tsurkan, M.A. Waste from biochemical plants for agriculture / M.A. Tsurkan, A.P. Rusu. – Chisinau: «Kartya Moldoveneaske», 1980. – 68 p.
7. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry and physiology of rice nutrition / A.Kh. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2005. – 1012 p.
8. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemistry. Part 2. Methods of agrochemical research / A.Kh. Sheudzhen, T.N. Bondareva. – Krasnodar: KubSAU, 2015. – 703 p.

9. Sheudzhen, A.Kh. Microelements in the fertilization system of rice crop rotation / A.Kh. Sheujen, H.D. Hurum. – Krasnodar: Research Institute of Rice; KubSAU; Enlightenment South, 2011. – 363 p.
10. Fangueiro, D. Influence of Two Nitrification Inhibitors (DCD and DMPP) on Annual Ryegrass Yield and Soil Mineral N Dynamics after Incorporation with Cattle Slurry / D. Fangueiro, A. Fernandes, J. Coutinho, N. Moreira, H. Trindade // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2009. – V. 40(21-22). – P. 3387-3398.
11. Marsden, K.A. The mobility of nitrification inhibitors under simulated ruminant urine deposition and rainfall: a comparison between DCD and DMPP / K.A. Marsden, A.J. Marin-Martinez, A. Vallejo, P.W. Hill, D.L. Jones, D.R. Chadwick // Biology and Fertility of Soils. – 2016. – V. 52. – P. 491-503.
12. Sheudzhen, A.Kh. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.Kh. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. – V. 659. – 012021.

Асхад Хазретович Шеуджен

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

Askhad Khazretovich Sheudzen

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

Оксана Александровна Гуторова

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

Oksana Alexandrovna Gutorova

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

Татьяна Николаевна Бондарева

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

Tatyana Nikolaevna Bondareva

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

Хазрет Довлетович Хурум

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

Khazret Dovletovich Hurum

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

Виктория Петровна Дегтярева

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

Victoria Petrovna Degtyareva

Junior Researcher of precise technologies
department, FSBSI Federal Scientific Rice Centre,
postgraduate student of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin

Пшемаф Нурбиевич Хачмамук

Младший научный сотрудник отдела
прецизионных технологий ФГБНУ «ФНЦ риса»

Pshemaf Nurbievich Khachmamuk

Junior Researcher of precise technologies
department, FSBSI Federal Scientific Rice Centre

Сергей Владимирович Есипенко

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

Sergey Vladimirovich Esipenko

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

Максим Андреевич Перепелин

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

Maxim Andreevich Perepelin

postgraduate student of agrochemistry department,
KubSAU named after I.T. Trubilin

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

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

ФГБНУ «ФНЦ риса» 350921, 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

DOI10.33775/1684-2464-2021-51-2-62-66
УДК 631:816.11

Лукачёва Н.Г., канд. с.-х. наук,
Костюк А.В., канд. с.-х. наук
с. Камень-Рыболов, Приморский край, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕРБИЦИДА РИСТАЙЛ, МД НА ПОСЕВАХ РИСА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Перспективность развития рисосеяния в Приморском крае обусловлена благоприятными почвенно-климатическими условиями, достаточным количеством водных ресурсов и созданных рисовых систем на площади более 60 тыс. га. Однако, получению высоких и стабильных урожаев риса препятствует сильная засорённость полей ежовниками до 2000 шт./м² и клубнекамышами приморским и компактным – 150 шт./м² и более. Многолетнее применение гербицидов (Фацет, Сегмент, Номини и Цитадель) ингибирующих фермент ацетолактатсинтазу привело к выработке устойчивости к ним сорняков рода ежовники. Посевные площади, засорённые устойчивыми формами ежовников, с каждым годом увеличиваются. АО «Щелково Агрохим» разработан новый смесевой гербицид Ристайл, МД (190 г/л) цигалофоп-бутил+50 г/л биспирибак натрия). Препарат в нормах расхода 0,6-0,8 л/га эффективно уничтожал сорняки рода ежовники, мятлик орошаемый, виды сыти, широколистные болотные сорняки и горец перечный. Применение Ристайл, МД за 2 года исследований способствовало повышению урожайности зерна риса на 21,1-28,6 ц/га.

Ключевые слова: рис, сорные растения, гербициды, урожайность

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE HERBICIDE RISTAIL, OD ON RICE CROPS IN THE PRIMORSKY

The prospects for the development of rice cultivation in the Primorsky Territory are due to favorable soil and climatic conditions, the availability of sufficient water resources and established rice systems on an area of more than 60 thousand hectares. However, obtaining high and stable rice yields is hindered by a strong infestation of fields *Echinochloa* with up to 2000 pieces/m² and tubers of Primorye and compact-150 pieces/m² or more. The long-term use of herbicides (Facet, Segment, Nominasi and Citadel) that inhibit the enzyme acetolactatesynthase has led to the development of resistance to them of weeds of the genus *Echinochloa*. The acreage, which is infested with resistant forms of *Echinochloa*, increases every year. JSC "Shchelkovo Agrochem" has developed a new mixed herbicide Ristail, MD (190 g/l) cygalofof-butyl+50 g/l bispiribac sodium). The drug in the consumption rates of 0.6-0.8 l/h effectively destroyed weeds of the genus *Echinochloa*, watered bluegrass, cyperus species, broad-leaved marsh weeds and pepper mountaineer. The use of Ristail, MD for 2 years of research contributed to an increase in the yield of rice grain by 21.1-28.6 c/h.

Key words: rice, prefabricated plants, herbicides, yield

Введение

В Дальневосточном регионе рисоводство сосредоточено в Приморском крае, в районе Приханкайской низменности. Достаточная обеспеченность территории водными и тепловыми ресурсами, а также наличие водонепроницаемого подпахотного горизонта при расходе воды 8-12 тыс. м³/га, позволяют получать высокие и устойчивые урожаи зерна риса. Посевные площади, занятые под рис в 2020 году, составили 7,5 тыс. га. Серьёзным препятствием в получении высоких урожаев риса и поддержании экологии агроэкосистем является сильная засорённость рисовых полей. К наиболее вредоносным и часто встречающимся сорнякам относятся ежовники (*Echinochloa*) семейства мятликовые (*Poaceae*), а также клубнекамышы (*Bolboschoenus*): приморский (*B. maritimus* (L.) Palla) и компактный (*B. compactus*). Численность ежовников в посевах риса в Приморском крае порой достигает 2000 шт./м², а клубнекамыш – 150 шт./м² и более [2]. Проведёнными в

Дальневосточном НИИ защиты растений (ДВНИИЗР) исследованиями установлено, что достоверное снижение урожая зерна риса на 33-41% (10,2-15,0 ц/га) получено при произрастании в посевах 80 шт./м² растений ежовников. При увеличении плотности их стояния до 160-240 шт./м² недобор урожая возрастает до 19,0-24,1 ц/га [6, 7]. В регулировании численности и вредоносности сорняков главная роль отводится химическому методу. Рынок пестицидов постоянно пополняется новыми препаратами, что обуславливает необходимость поиска наиболее эффективных гербицидов и их смесей для включения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. В России продолжается ежегодный рост применения пестицидов, причём половина из них – это импортные препараты. В 2020 г. в «Список пестицидов и агрохимикатов разрешённых к применению на территории Российской Федерации» в посевах риса было включено всего 11 наименований гербицидов [9]. Из которых 6 предназначены для уничтожения однолет-

них злаковых сорняков. Все они относятся к ингибиторам фермента ацетолактатсинтазы. Многолетнее применение гербицидов на основе действующих веществ пеноксилама (Цитадель), азимсульфурина (Сегмент) и биспирибака (Номини) привело к выработке устойчивости к ним у сорняков рода ежовники. Исследованиями, проведенными сотрудниками ДВНИИЗР, доказано, что устойчивость ежовников к этим гербицидам является перекрёстной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к препаратам на основе действующего вещества квинклолак [3 - 5].

Посевные площади, засорённые устойчивыми формами ежовников с каждым годом увеличиваются. Необходим поиск новых противозлаковых гербицидов иного механизма действия. В Японии разработан новый сульфонилмочевинный гербицид метазосульфурон (торговое название Альтаир), показавший отличную гербицидную активность в отношении резистентных биотипов в рисовых чеках [10].

Российским Акционерным обществом «Щелково Агрохим» разработан новый смесевой гербицид с торговым названием Ристайл, МД (190 г/л цигалоп-бутил + 50 г/л биспирибака натрия).

Цель исследований

Изучить биологическую и хозяйственную эффективность применения гербицида Ристайл в посевах риса.

Материалы и методы

Исследования проводили в течение 2-х лет, в 2018 г. в СХПК «Луговое» Хорольского района, в 2019 г. в ООО «Смена» Черниговского района Приморского края.

Почва опытных участков лугово-глеевая, по механическому составу – тяжёлый суглинок, $pH_{\text{сол}} - 4,3$; содержание гумуса – 2,6%. Агротехника выращивания риса соответствовала рекомендованной для данной зоны. Предшественниками в годы проведения исследований были соя и рис. Посев риса сорта Луговой проводили с минимальной заделкой семян. Норма высева – 280 кг/га. При посеве вносили минеральное удобрение – карбамид 120 кг/га. Обработку гербицидами проводили в период появления у риса 2-3 листьев. Фаза развития ежовников в момент обработки 3-5 листьев – кущение (8-20 см), клубнекамыша приморского – 5-8 листьев (20-31 см), горца перечного – 6 листьев (4-5 см), болотных широколистных – 6 листьев (3-4 см) и видов сыти – 5-6 листьев (3-4 см).

Площадь опытных делянок составляла 22,5 м². Повторность в вариантах четырёхкратная. Расположение делянок последовательное.

Гербицид Ристайл, МД применяли в нормах расхода 0,6-0,7-0,8 л/га. В качестве эталона использовали препарат Номини (0,075 и 0,090 л/га) с адъювантом А-100 в соотношении 1:1.

Нанесение растворов препаратов на растения проводили ручным штанговым опрыскивателем мар-

ки ОРШ-2 для мелкоделяночных опытов. Ширина захвата – 2,5 м, расход рабочей жидкости 200 л/га.

Затопление поля водой проводили на следующие сутки после обработки.

Учёты засорённости проводили в четыре срока: до обработки (исходная засорённость), через 30 и 45 суток после неё, а также перед уборкой урожая. Все учёты осуществляли количественно-видовым, а через 45 суток и перед уборкой, кроме того и весовым методами на учётных площадках размером 0,25 м² (0,5 × 0,5 м) по 4 шт. на каждой делянке. Уборку риса проводили в период полной спелости зерна с помощью сноповязалки со всей площади делянки, с последующим обмолотом на малогабаритном комбайне фирмы «Исеки» (Япония). Полученный урожай зерна риса пересчитывали на стандартную (14%) влажность и 100% чистоту. Биологическую эффективность препарата определяли по снижению количества и массы сорняков в процентах к контролю, хозяйственную – по прибавке урожая зерна риса, полученного на опытных вариантах, в сравнении с контрольными делянками (без применения гербицида). Все исследования выполняли в соответствии с «Методическим руководством по изучению гербицидов применяемых в растениеводстве» [9]. Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Погодно-климатические условия вегетационных сезонов 2018 и 2019 гг. были относительно благоприятны для роста и развития, как культуры, так и сорняков. Температура воздуха в третьей декаде мая и первой июня были на 0,2-1,7°C выше средних многолетних значений, что способствовало появлению выравненных и дружных всходов риса. Со второй декады июня и по вторую июля, в отдельные сутки температурный фон был на 1,7°C ниже среднеемноголетних значений. Это не могло не отразиться на развитии культуры, так как рис очень требователен к температурному режиму, поэтому наблюдалась некоторая задержка роста и развития растений риса.

Результаты и обсуждение

Перед обработкой на опытных участках в среднем произрастали 304 шт./м² сорных растения. Результаты визуальной оценки эффективности гербицида Ристайл, МД показали, что первые признаки повреждения сорных растений препаратом были отмечены на 5-7 суток после обработки. У ежовников, горца, сыти и болотных широколистных сорняков тормозились все ростовые процессы. В дальнейшем видимые признаки проявились на листьях в виде отдельных желтовато-бурых пятен, которые развивались в некрозы точек роста на 7-12 день. Полное отмирание листьев, стеблей и корней наблюдалось через 4 недели после применения гербицида.

Учёт, проведенный через 30 суток после обработки, показал, что Ристайл, МД независимо от норм расхода, в которых он использовался, способствовал снижению общей численности со-

няков на 76-78 %, в том числе на 83-100 % он подавлял клубнекамыш приморский, на 68-72 % - ежовники и на 78-96 % горец перечный, болотные широколиственные сорняки и виды сыти.

Данные количественно-вещного учёта засорённости через 45 суток после обработки свидетельствуют о том, что общая численность и надземная масса сорных растений при нанесении изучаемого препарата в нормах расхода 0,6; 0,7 и 0,8 л/га были снижены на 83-88 и 76-91 %, соответственно (табл. 1). Препарат проявлял высокую гербицидную активность (94-100 %) против горца перечного, бо-

лотных широколиственных сорняков и на 92-98 % видов сыти. В нормах расхода 0,7 и 0,8 л/га Ристайл, МД достаточно эффективно на 86-90 % подавлял мятлик орошаемый, получивший большое распространение на рисовых полях Приморского края в последние годы, а также на 89-92 % резистентные виды ежовников. Гибель клубнекамыша приморского на 82 % была обеспечена только при использовании дозировки 0,8 л/га. Следует отметить, что на контрольном варианте в среднем произрастали 447 шт./м² сорных растений с общей вегетативной массой 1233 г/м².

Таблица 1. Биологическая эффективность гербицида Ристайл, МД через 45 суток после обработки (Приморский край, 2018 и 2019 гг.)

Вариант опыта	Доза гербицида, л/га	Гибель сорных растений						
		общая	в том числе					
			ежовники	мятлик орошаемый	клубнекамыш приморский	виды сыти	широколиственные болотные	горец перечный
Контроль*	-	543 1376	175 868	168 108	22 177	131 108	32 71	15 44
Номини, СК + А-100 (эталон)	0,075+0,075	62 38	36 19	63 63	59 61	97 97	90 91	62 92
Номини, СК + А-100 (эталон)	0,090+0,090	78 54	61 41	87 82	68 72	97 98	95 98	96 95
Ристайл, МД	0,6	83 76	74 74	77 77	45 43	93 92	100 100	96 94
Ристайл, МД	0,7	88 90	92 85	86 88	41 58	96 98	100 100	96 98
Ристайл, МД	0,8	88 91	89 90	90 91	82 78	98 97	100 100	100 100

Примечание: Контроль* – количество, шт./м² (числитель) и масса г/м² (знаменатель) сорняков

Учётом, проведённым перед уборкой урожая, снизилась. Препарат продолжал на 45-98 % снижать общую численность сорняков и на 47-99 % наращивание ими надземной массы (табл. 2).

Таблица 2. Биологическая эффективность гербицида Ристайл, МД перед уборкой урожая риса (Приморский край, 2018 и 2019 гг.)

Вариант опыта	Доза гербицида, л/га	Гибель сорных растений						
		общая	в том числе					
			ежовники	мятлик орошаемый	клубнекамыш приморский	виды сыти	широколиственные болотные	горец перечный
Контроль*	-	360 1209	170 1044	96 23	34 65	42 54	14 12	4 11
Номини, СК + А-100 (эталон)	0,075+0,075	44 31	25 38	36 43	91 89	99 98	100 100	88 94
Номини, СК + А-100 (эталон)	0,090+0,090	47 44	56 53	82 61	91 92	100 100	100 100	100 100
Ристайл, МД	0,6	94 84	99 98	85 69	62 55	94 98	100 100	100 100
Ристайл, МД	0,7	98 98	100 100	100 100	73 55	98 98	100 100	100 100
Ристайл, МД	0,8	98 98	100 100	100 100	68 37	98 98	100 100	100 100

Примечание: Контроль* – количество, шт./м² (числитель) и масса г/м² (знаменатель) сорняков

Гербицидная активность эталонного препарата Номини, СК в дозах 0,075 и 0,090 л/га была значительно слабее и составила 44-45 и 24-47 %, соответственно. Следует отметить, что гербицид Ристайл, МД в дозах 0,7 и 0,8 л/га полностью подавлял биотипы ежовников устойчивые к применяемым в хозяйствах препаратам Сегмент, Цитадель и Номини, а также мятлик орошаемый. Отмечено недостаточно активное действие гербицида Ристайл,

МД на клубнекамыш приморский.

Урожайные данные свидетельствуют о том, что по вариантам опыта получено в среднем 10,1-37,4 ц/га зерна риса при урожайности в контроле 8,8 ц/га (таблица 3). Высокая гербицидная активность препарата в нормах расхода 0,7 и 0,8 л/га позволила получить по 36,2-37,4 ц/га, что было существенно ($HCP_{0,5} = 2,6$ ц/га) больше его использования в дозе 0,6 л/га (29,9 ц/га), а также эталона (10,1-12,3 ц/га).

Таблица 3. Урожайность, элементы структуры урожая и показатели качества зерна риса (Приморский край, среднее за 2018, 2019 гг.)

Варианты опыта	Урожайность зерна, ц/га		Высота растений, см	Длина метёлки, см	Количество зёрен, шт./растение	Масса зерна, г/растение	Выход крупы, %	
	средняя	прибавка					общий	Содержание целого ядра
Контроль*	8,8	-	61	11	21	0,8	85	60
Номини, СК 0,075 л/га + А100 0,075 л/га (эталон)	10,1	1,3	63	11	34	0,8	85	63
Номини, СК 0,090 л/га + А100 0,090 л/га (эталон)	12,3	3,5	65	12	42	1,0	87	64
Ристайл, МД 0,6 л/га	29,9	21,1	75	15	60	1,5	88	64
Ристайл, МД 0,7 л/га	36,2	27,4	74	14	65	1,6	88	65
Ристайл, МД 0,8 л/га	37,4	28,6	74	14	61	1,5	89	64
$HCP_{0,5}$	2,6		9	2	13	0,2	2	4

Анализ результатов определения структуры урожая риса показал, что надежная защита посева риса от сорняков гербицидом Ристайл, МД способствовала увеличению длины метёлки на 3-4 см, опытные растения превышали контрольные по высоте на 13-14 см. Число выполненных зёрен на одно растение, по сравнению с контролем, возросло на 39-44 шт.

Хозяйственная ценность риса определяется на основании технологического анализа зерна, показателями которого являются общий выход крупы и выход целого ядра. В ходе анализа качества зерна было выявлено, что применение гербицида не оказывало отрицательного влияния на посевные и

технологические показатели. Использование препарата способствовало существенному повышению общего выхода крупы и целого ядра.

Выводы

Гербицид Ристайл, МД в изучаемых нормах расхода в условиях 2018 и 2019 гг., достаточно эффективно уничтожал ежовники, мятлик орошаемый, горец перечный, болотные широколистные сорняки и виды сыти.

Использование препарата было безопасным для защищаемой культуры.

Применение Ристайла, МД способствовало повышению урожайности зерна риса на 21,1-28,6 ц/га, общему выходу крупы и целого ядра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос.-1979.-416 с.
2. Костюк, А.В. Вредоносность сорняков в посевах риса в Приморском крае / А.В. Костюк, Н.Г. Лукачёва, Н.К. Гиневский // Земледелие.-2006.-№2.-С. 42-43.
3. Лукачёва, Н.Г. Результаты изучения резистентности просовидных сорняков к гербицидам, применяемым в рисоводстве / Н.Г. Лукачёва, А.В. Костюк // Аграрный вестник Приморья.-2018.-№4(12).-С. 44-48.
4. Лукачёва, Н.Г. Формирование резистентности к гербициду Сегмент в популяциях ежовников *Echinochloa* / Н.Г. Лукачёва, А.В. Костюк // Вестник ДВО РАН.-2019.-№3.-С. 97-102.
5. Лукачёва, Н.Г. Устойчивость ежовников к гербициду Цитадель в посевах риса в Приморском крае / Н.Г. Лукачёва, А.В. Костюк // Вестник ДВО РАН.-2020.-№4.-С. 100-105.
6. Мороховец, В.Н. Система применения гербицидов в Приморском крае / В.Н. Мороховец, В.П. Яковец, А.В. Костюк, Г. И. Лысачёва, Т.В. Мороховец, Р.М. Бойко, З.В. Басай, Г.В. Алтухова, Н.Г. Лукачёва, Ю.Я. Спиридонов // Научно-обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства (материалы третьего международного научно-производственного совещания. Голицыно, ВНИИФ, 20-21 июля 2005 г.).-Голицыно.-2005.-С. 422-463.

7. Спиридонов, Ю.Я. Гербициды на посевах риса в Приморье / Ю.Я. Спиридонов, А.В. Костюк, Н.Г. Лукачёва, Н.К. Гиневский // *Агро XXI*.-2001.-№5.-С. 4-5.
8. Список пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации 2020 год. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». Москва.-2020.-№4.-С. 832.
9. Sackim, Yanot, NakayaY., TamadaY. Development of the novel herbicide metazosulfuron // *J. Pest. Sci.*-2016.-V. 41.-№3.-P. 102-106.
10. Спиридонов, Ю.Я. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / Ю.Я. Спиридонов, Г.Е. Ларина, В.Г. Шестаков // М.: Печатный Город.-2009.-252 с.

REFERENCES

1. Kostyuk, A.V. The harmfulness of weeds in rice sowing in the Primorsky Territory / A.V. Kostyuk, N.G. Lukacheva, N.K. Ginevsky // *Agriculture*.-2006.-№2.-P. 42-43.
2. Spiridonov, Yu. Y. Herbicides for rice crops in Primorye / Yu. Ya. Spiridonov, A.V. Kostyuk, N. G. Lukacheva, N. K. Ginevsky // *Агро XXI*.-2001.-№5.-P. 4-5.
3. Morokhovets V. N. Herbicide application system in Primorsky Krai / V. N. Morokhovets, V. P. Yakovets, A.V. Kostyuk, G. I. Lysacheva, T. V. Morokhovets, R. M. Boyko, Z. V. Basay, G. V. Altukhova, N. G. Lukacheva, Yu. Spiridonov // Scientifically-based systems for the use of herbicides for weed control in the practice of crop production (materials of the third international scientific and production meeting. Golitsyno, VNIIF, July 20-21, 2005).- Golitsyno.-2005.-P. 422-463.
4. List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation in 2020. Appendix to the journal "Plant Protection and Quarantine". Moscow.-2020.-№4.-P. 832.
5. Lukacheva, N. G. Results of the study of the resistance of millet weeds to herbicides used in rice farming / N. G. Lukacheva, A.V. Kostyuk // *Agrarian Bulletin of Primorye*.-2018.-№4(12).-P. 44-48.
6. Lukacheva, N. G. Formation of herbicide resistance Segment in *Echinochloa* hedgehog populations / N. G. Lukacheva, A.V. Kostyuk // *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*.-2019.-№3.-P. 97-102.
7. Lukacheva, N. G. Resistance of hedgehogs to the herbicide Citadel in rice crops in Primorsky Krai / N. G. Lukacheva, A.V. Kostyuk // *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*.-2020.-№4.-P. 100-105.
8. Sackim, Yanot, NakayaY., TamadaY. Development of the novel herbicide metazosulfuron // *J. Pest. Sci.*-2016.-V. 41.-№3.-P. 102-106.
9. Spiridonov, Yu. Ya. Methodological guide for the study of herbicides used in crop production / Yu. Ya. Spiridonov, G. E. Larina, V. G. Shestakov // Moscow: Print City.-2009.-252 p.
10. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. M.: Kolos.-1979.-416 p.

Лукачёва Надежда Григорьевна

Старший научный сотрудник,
т. 8(924)2696441

Lukacheva Nadezhda Grigorievna

Senior researcher,
т. 8(924)2696441

Костюк Александр Васильевич

Ведущий научный сотрудник

Kostyuk Alexander Vasilyevich

Leading researcher

Все: Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений,
692682, Россия, Приморский край,
с. Камень-Рыболов,
E-mail: dalniizr@mail.ru

All: Far Eastern Research Institute of Plant Protection,
Kamen-Rybolov village, Primorsky Territory 692682,
Russia,
E-mail: dalniizr@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-67-76
УДК: 633.18:681.518

М.А. Скаженник, д-р биол. наук,
В.Н. Чижигов, канд. с.-х. наук,
А.В. Шевченко,
Ю.Д. Воробьев,
Т.С. Пшеницына
г. Краснодар, Россия

МОНИТОРИНГ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Внедрение технологий точного земледелия с использованием высокотехнологичного оборудования позволит повысить урожайность риса, оптимизировать затраты и улучшить экологическую обстановку. Использование цифровых технологий в сельском хозяйстве особенно актуально в условиях роста цен на семена, удобрения и топливо, так как позволяет оптимизировать затраты, за счет снижения непроизводительных потерь и повысить рентабельность производства. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является универсальным и эффективным инструментом для мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур по сравнению с информацией, получаемой со спутников. Их применение позволяет в режиме реального времени отслеживать наиболее важные показатели состояния посевов, что даёт возможность сельхозпроизводителям принимать своевременные решения в процессе управления производством. В работе применяли БПЛА для определения границ чеков на рисовой оросительной системе, рельефа местности, микрорельефа чеков, влажности поверхностного слоя почвы и состояния посевов риса. Исследования проводили на тестовом полигоне ФГБНУ «ФНЦ риса» общей площадью 27 га. Съёмку проводили в видимом и ИК диапазоне с использованием фотокамер Sony RX1 и MicaSense RedEdge-MX. Помимо данных полученных с БПЛА дополнительно использовали спутниковые снимки (Sentinel-2A), охватывающие весь анализируемый период. Для оценки состояния посевов риса использовали нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI). На основании пространственного распределения индекса NDVI и карт урожайности, полученных из цифровой системы CLAAS Telematics с комбайна TUCANO 580 проведен статистический анализ опытных полей. По данным дистанционного зондирования тестовых участков предложен способ выявления и оценки пространственной неоднородности поверхности чеков и состояния биомассы растений с использованием геоинформационного программного обеспечения «Нева».

Ключевые слова: рис, геоинформационный мониторинг, вегетационный индекс, беспилотный летательный аппарат, спутник, урожайность

MONITORING RICE IRRIGATION SYSTEM BASED ON PRECISION FARMING

The introduction of precision farming technologies using high-tech equipment will increase the yield of rice, optimize costs and improve the environmental situation. The use of digital technologies in agriculture is especially relevant in the face of rising prices for seeds, fertilizers and fuel, as it helps to optimize costs by reducing non-productive losses and increasing the profitability of production. The use of unmanned aerial vehicles (UAV) is a versatile and effective tool for monitoring the state of crops in comparison with information received from satellites. Their use allows real-time monitoring of the most important indicators of the state of crops, which makes it possible for agricultural producers to make timely decisions in the process of managing production. In the work, UAV were used to determine the boundaries of experimental checks of the rice irrigation system, the terrain, microrelief of checks, moisture of the surface soil layer and the state of rice crops. The research was carried out at the test site of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Rice Centre" with a total area of Farming was carried out in the visible and infrared ranges with Sony RX1 and MicaSense RedEdge-MX cameras. In addition to the data obtained from the UAV, satellite images (Sentinel-2A) were additionally used, covering the entire analyzed period (May - August). The normalized relative vegetation index (NDVI) was used to assess the state of rice crops. Based on the distribution of NDVI and information on the yield from the TUCANO 580 (CLAAS) harvester, statistical analysis was carried out on fields 7 and 9. Based on the data of remote sensing of test sites, a method was proposed for identifying and assessing the spatial heterogeneity of the check surface and the state of plant biomass using geoinformation software "Neva".

Key words: rice, geoinformation monitoring, vegetation index, unmanned aerial vehicle, satellite, productivity

Введение

Для эффективного использования и управления огромными территориями земель сельскохозяйственного назначения в России следует исходить из принципов точного земледелия, опираясь на научные исследования и достижения технического прогресса. Такой подход не только способен снизить трудовые и временные затраты аграриев, повысить урожайность культур, но также способствовать повышению качества производимой продукции при снижении экологической нагрузки на окружающую среду [13].

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельскохозяйственном производстве – один из актуальных и эффективных элементов в технологии точного земледелия [15]. На основе материалов аэрофотосъемок посредством БПЛА с использованием геоинформационных программ можно создавать цифровые модели рельефа (ЦМР), векторные и растровые карты полей; рассчитывать площади контуров; вести мониторинг состояния почвенного и растительного покровов; определять вегетационные индексы и прогнозировать развитие биомассы растений; проводить инвентаризацию сельхозугодий и др. [14, 15, 21]. БПЛА успешно применяют при борьбе с сорной растительностью и защите растений от болезней и вредителей [18, 25].

В работе рассматриваются возможности применения БПЛА для мониторинга в конкретной области растениеводства – рисоводстве. По прогнозам аналитиков, в долгосрочном плане ожидается повышение спроса на рисовую крупу, причем насыщение рынка обеспечивается за счет отечественного производства.

Для повышения производства риса необходимо внедрение технологий точного земледелия, что является одним из резервов роста и развития рисоводства на территории РФ. Для его осуществления необходима модернизация производства, внедрение современных технологий, основанных на передовых научных разработках [8].

Основным рисосеющим регионом в Российской Федерации является Краснодарский край, рисовая система в котором занимает около 234 тыс. га [9]. Рис возделывается на рисовых оросительных системах инженерного типа с преимущественно искусственной подачей воды. Его высевают на небольших полях, называемых чеками, огражденных валиками. Вместе с каналами они образуют сложную систему поливного поля. Одним из существенных факторов в технологии выращивания является выровненность рисовых чеков, не соблюдение которого влечет за собой неравномерность всходов риса и распространение сорной растительности, что в свою очередь приводит к снижению урожая.

Необходимо отметить, что строительство оросительных систем неизбежно сопровождалось тер-

расированием природного рельефа, что является одной из причин неудовлетворительного гидроме-лиоративного состояния почв. Под воздействием периодического затопления почвы рисовых полей отличаются от богарных, гетерогенностью и сложностью протекающих в них физических, химических и биохимических процессов [6].

В связи с напряженностью антропогенной и экологической обстановки на ирригированных системах в зоне рисоводства необходимо разрабатывать и внедрять современные научно-обоснованные элементы технологии возделывания риса, позволяющие снизить отрицательное влияние этих факторов [18].

На основании вышесказанного необходимо применять современные подходы, основанные на использовании цифровых систем по оценке состояния комплекса мероприятий по управлению технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве.

Применение БПЛА для мониторинга рисовых полей является одним из современных элементов в технологии возделывания риса, направленным на улучшение производственных процессов и снижение экологической нагрузки на окружающую среду, путем оптимизации использования средств защиты растений.

Из анализа литературных данных по вопросам применения БПЛА в аграрном производстве определили ряд направлений в исследованиях. Одним из которых является прогноз развития биомассы растений исходя из различных моделей оценки на основе множества данных, полученных путем спектральных измерений [17, 19, 27]. Другим немало важным направлением является оценка состояния агроценозов по их оптико-биологическим характеристикам в основные фенологические фазы роста растений [16, 26].

Цель исследований

Провести анализ картографических данных пространственного распределения почвенного покрова и растительной биомассы с использованием геоинформационных систем.

Материалы и методы

Полеты БПЛА проводились на опытном поле (чеки №7,9) рисовой оросительной системы ФГБНУ «ФНЦ риса» (г. Краснодар) с февраля по июль 2019 года. Площадь опытного участка составляет 27 га, общая площадь рисовой системы – 273 га. Использовались беспилотные летательные аппараты самолетного и роторного типа, оборудованные камерами видимого RGB и ближнего инфракрасного спектра (Sony RX1 и MicaSense RedEdge-MX). Высота полета составляла 300 м. Параллельно проводилось геодезическое обследование территории (расстановка контрольных и опорных точек – 4 ед., координирование полетной базы – 1 ед.). Поперечное перекрытие аэрофотосъемки – 75 %. Период

съёмки с помощью БПЛА был ограничен началом июня, дополнительно использовали данные спутника Sentinel-2A, охватывающие весь анализируемый период (05.06.2019 – 29.08.2019).

Для реализации поставленных задач проводилась аэрофотосъёмка с использованием БПЛА (высота 300 м, точность 5 см на пиксель) в видимом диапазоне от 16.02.2019 г. Полученные снимки «сшивались» в фотограмметрической программе Agisoft Metashape¹ для создания ортофотоплана опытного участка. На основе полученных данных проводилось построение раstra, матрицы высот и специфических матриц.

Для оценки состояния посевов риса использовали нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI) [16].

Уборку риса проводили комбайном TUCANO 580 фирмы CLAAS, оборудованный для уборки риса. Урожайные данные, изучаемых полей, получены из цифровой системы CLAAS TELEMATICS в виде геопрограммированного распределения значений урожайности риса на картографической основе.

Полученные данные по пространственному распределению уровня высот и биомассы растений были подвергнуты обработке методами математической статистики.

Результаты и обсуждение

Создание векторной карты полей РОС (рис.1) осуществлялось в геоинформационной программе «Нева»², разработанной ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. С помощью программы определяли площадь опытных чеков, на основе их контуров, созданных по растру изображения аэрофотосъёмки.

Использование БПЛА позволяет проводить мониторинг сельскохозяйственных полей, в рамках которого можно осуществлять: уточнение границ обрабатываемых полей и их нецелевое использо-

вание; выявлять кадастровые ошибки; оценку состояния почв и агрофитоценозов [7].

Отметим преимущества аэрофотосъёмки с БПЛА относительно использования спутниковых снимков:

- высокое пространственное разрешение съёмки под требуемые задачи;
- возможность получения снимков с требуемой частотой полетов – оперативность съёмки.

Мониторинг террасности чеков рисовой системы

Применение БПЛА даёт возможность проводить аэрофотосъёмку, по данным которой можно, создавать цифровые модели рельефа (ЦМР). Это даёт возможность оценивать рисовые системы на предмет террасности, а для чеков определять микрорельеф.

Строительство рисовых оросительных систем для возделывания культуры затопляемого риса неизбежно связано с террасированием природного рельефа, что может влиять на различие в показателях урожайности для смежных чеков, а также на мелиоративное состояние почв [12]. Выровненность поверхности рисовых чеков является обязательным условием для достижения высокой урожайности риса и оптимизации расхода поливной воды.

Оценить степень выровненности рисовых чеков можно с помощью ЦМР. В данном случае выводы о ровности чека можно сделать как визуально по гипсометрическим картам (перепад высот в цвете), так и математически – используя инструменты ГИС «Нева» и Agisoft Metashape в совокупности. В программе Agisoft Metashape такой анализ можно производить по матрице высот, а в ГИС «Нева» возможно проведение анализа от картографического до прямого аналитического. Гипсометрия с переходом цвета показана через 10 см внутри каждого метра (рис. 2).

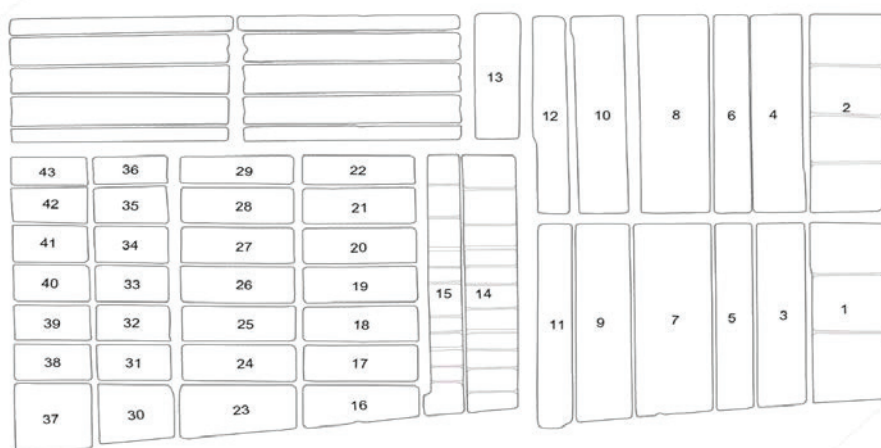


Рисунок 1. Карта рисовой оросительной системы ФГБНУ «ФНЦ риса»

¹ Программа, позволяющая автоматически создавать высококачественные 3D модели объектов на основе цифровых фотографий.

² Программное обеспечение с различными модулями (базы данных, полетные задания БПЛА и др.).

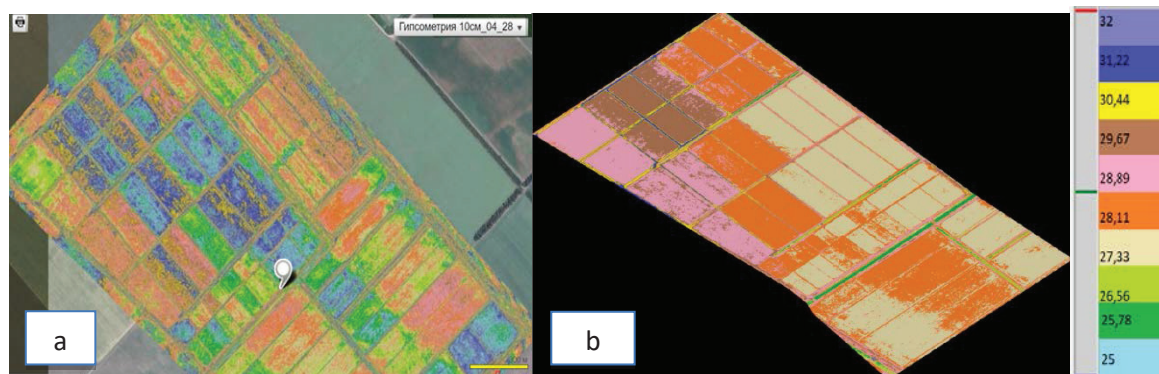


Рисунок 2. Гипсометрия рисовой системы ФГБНУ «ФНЦ риса» перед посевом риса

а) – шаг перехода цвета 0,10 см, б) шаг перехода цвета 0,78 см

По визуальному анализу гипсометрической карты исследуемого опытного участка установлено, что перепады высот между поливными картами (участки поля, ограниченные по периметру каналами оросительной и водоотводной сети) могут достигать 2 м (рис. 3). По «заглубленной» гипсометрии видны высокие и низкие участки на рисовых чеках.

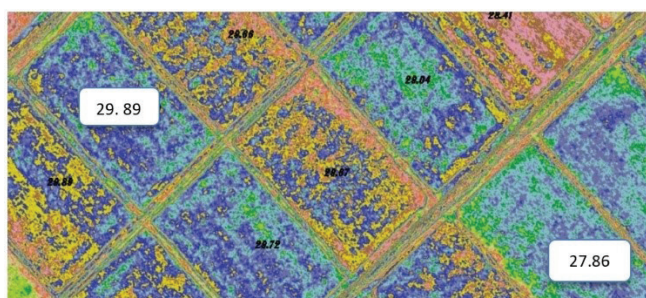


Рисунок 3. Перепады высот по гипсометрии на рисовой оросительной системе

Вместе с тем террасность между соседними чеками варьирует в среднем на уровне 20-30 см. Для примера визуализации террасности соседних чеков на рисунке 4 представлены два рисовых поля, каждое из которых состоит из чеков, объединённых в карта-чеки. По центру каждого из полей проходит оросительный канал, к которому примыкают чеки с 17-22; 24-29.

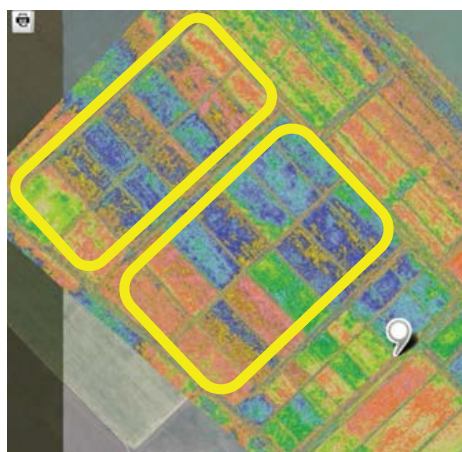


Рисунок 4. Террасность полей рисовых чеков

Согласно нормативной документации террасность должна составлять не более 0,25-0,30 м, а максимальная разница отметок поверхности чеков в карте между рисовыми чеками не более 1 м [10]. На рисунке 4 представлен опытный участок ФГБНУ «ФНЦ риса» на котором показан рельеф рисовой оросительной системы по данным аэрофотосъёмки с обработкой в геоинформационной программе «Нева». На основе полученных картографических данных можно выделить низкие и высокие чеки, что даёт возможность для правильной организации системы полива и водоотведения при выращивании риса, исключив его перетапливание на низких чеках.

По гипсометрической карте наряду с террасностью, можно анализировать микрорельефы чеков (рис. 5). Зная обозначение высот для каждого цвета и установленный шаг цвета 10 см, можно говорить о перепадах высот участков внутри данного чека на 20 – 40 см.

Микрорельеф чеков влияет на урожайность риса и его засоренность. Чем больше колебания отметок отдельных точек чека относительно его средней отметки, тем урожайность риса ниже [1, 3, 5]. Колебания отметок микрорельефа чеков не должны превышать ± 5 см. Из литературных данных известно, что неровности поверхности чеков, находящиеся в пределах ± 10 -13 см, приводят к снижению урожайности риса в 1,5-2,7 раза и увеличению расхода поливной воды в 1,7-3,4 раза [2, 11].

На рисунке 6 а) представлен микрорельеф, где четко прослеживаются области с понижением высот на 10-20 см (находятся в пунктирном прямоугольнике). При некачественной планировке поверхности чеков после первоначального затопления и сброса вода остается в пониженных местах (образуются блюдца), в то время как на отдельных участках почва пересыхает. Микрорельеф чека влияет на развитие всходов, что сказывается на общей густоте растений, на единице площади и в итоге повлияет на урожайность.

На рисунке 6 б) представлена информация по пространственному распределению влажности по-

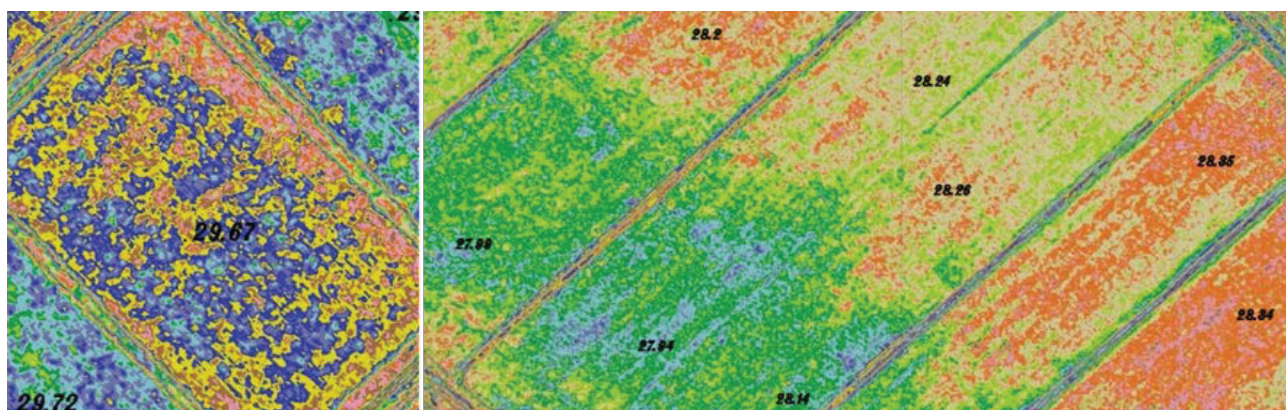


Рисунок 5 Гипсометрия чека №33 и №3-9

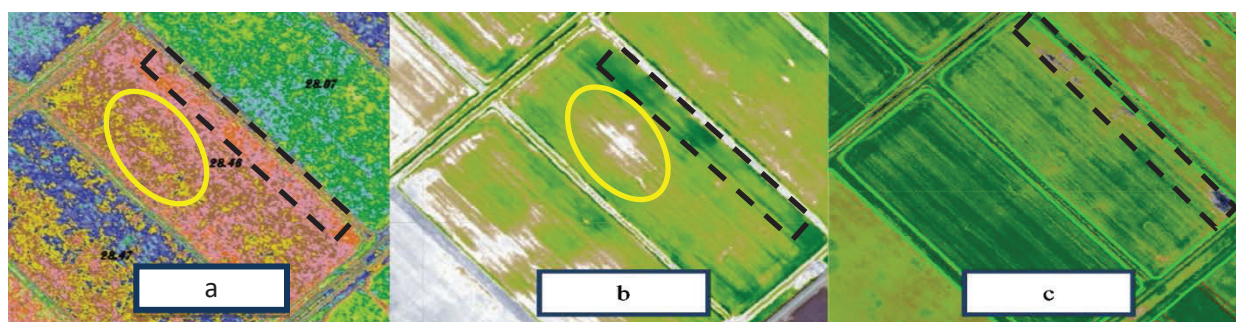


Рисунок 6. Сравнение гипсометрии чека до посева с картой влажности и NDVI

чвы (области находящиеся в центре окружности). Светлые участки – это недостаток влаги, именно в этом месте на гипсометрической карте имеются повышения микрорельефа в среднем на уровне 20 см. В то же время область понижения микрорельефа чека в среднем на 10 см (в пунктирном прямоугольнике) характеризуется на карте NDVI (рис. 6 с)) отсутствием или низким значением данного индекса, что связано с меньшим количеством растений на квадратном метре от оптимального в результате их частичной гибели.

Оценка влажности почвы

Содержание влаги в пахотном слое почвы и уровень залегания грунтовых вод имеет важное значение в период начала полевых работ. Многолетние

исследования доказали возможность получения сравнительных оценок влажности поверхностного слоя почвы по данным дистанционных измерений в видимом и ИК-диапазонах при достаточной однородности почвы по механическому и физико-химическому составу. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн.

Водный индекс Water Ratio Index (WRI) используется для оценки содержания влаги в растительном покрове.

Ниже представлена картографическая информация по пространственному распределению индекса

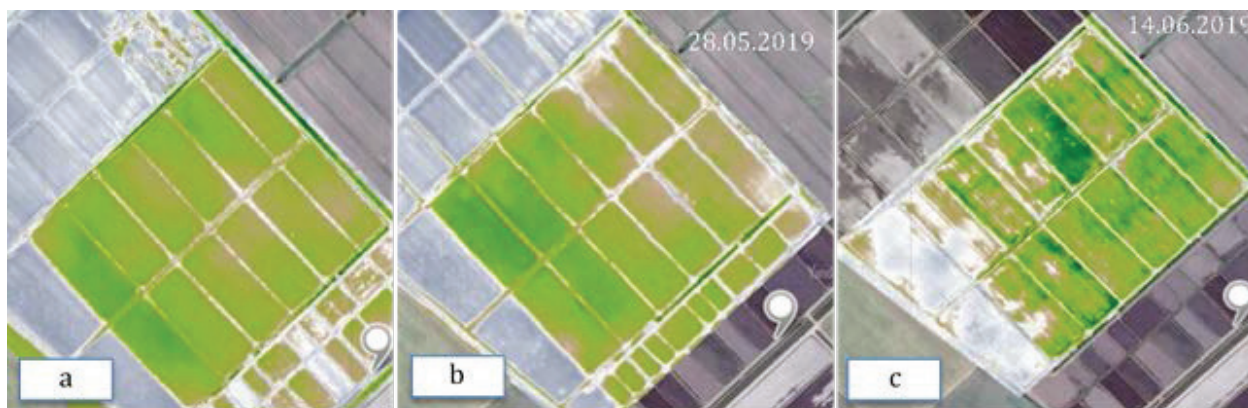


Рисунок 7. Распределение индекса влажности почвы в динамике

влажности исследуемого участка рисовой системы с момента её заполнения водой для анализа фронта затопления чеков и дальнейшей динамики (рис. 7).

На представленных карта индекса влажности визуальны различимы проблемные участки. При анализе гипсометрических данных и карт влажности прослеживается прямая взаимосвязь между неровностью рельефа и распределением воды на отдельных участках чеков. На рис. 7 б) видно, что вода сошла с самых высоких чеков (светлые участки) на более низкие. Разница высот на верхней группе чеков (№ 38-40) достигает почти 1,5 м и видно, что в самом низком участке скопилось наибольшее количество воды, это свидетельствует о наличии проблемных участков, которые требуют работ по улучшению их мелиоративного состояния.

На основе данных аэрофотосъемки в геоинформационной программе «Нева» можно проводить оценку состояния РОС и разрабатывать приемы, направленные на совершенствование технологии возделывания риса.

Оценка вегетационного индекса NDVI

Использование БПЛА для мониторинга состоя-

ния посевов риса даёт возможность по созданию информационной базы данных по пространственному распределению вегетационных индексов.

На основе полученных данных был выполнен статистический анализ пространственного распределения вегетационного индекса и урожайности на опытных чеках, представленных на рисунках 8, 9 в виде гистограмм [20]. Из краткого обзора вида частотного распределения переменных можно сделать предварительные выводы, что на чеке №7 (площадь 13,75 га) гистограммы, отражающие распределение вегетационного индекса по данным съемки с БПЛА и спутника Sentinel-2A в близкие даты в начале июня, имеют несопоставимые формы; объединяет их многомодальность. Последнее свойство, обнаруженное на независимых данных, может свидетельствовать о наличии некоторых специфических микромасштабных факторов, определяющих пространственное распределение посевов риса внутри поля в июне. В конце августа характер распределения *NDVI* меняется, что подтверждается и данными измерений на поле 9 (рис. 8): гистограмма становится близкой к унимодаль-

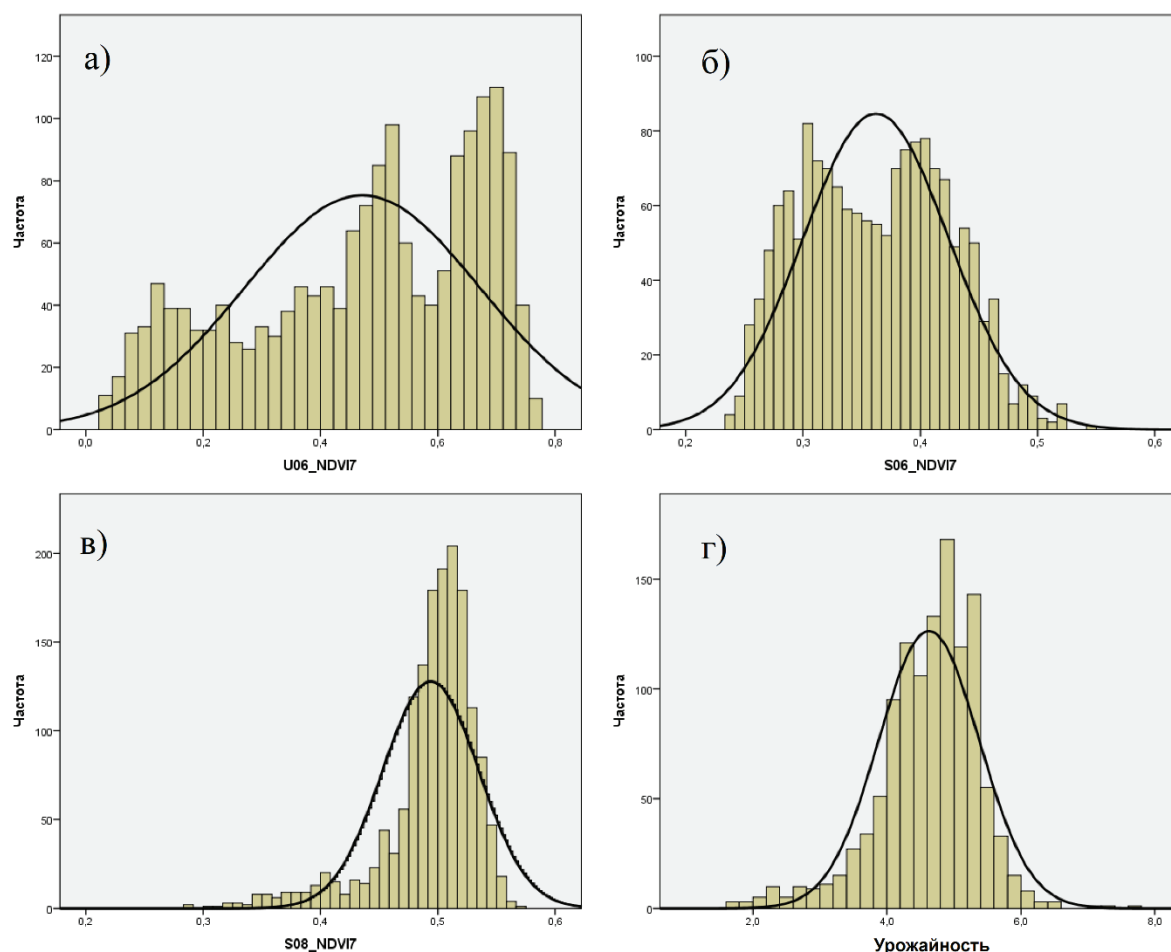


Рисунок 8. Гистограммы распределения вегетационного индекса *NDVI* на поле 7 по данным
 а) БПЛА (06.06.2019), б) спутника Sentinel-2A (05.06.2019), в) спутника Sentinel-2A (29.08.2019),
 г) урожайности (12-14.09.2019)

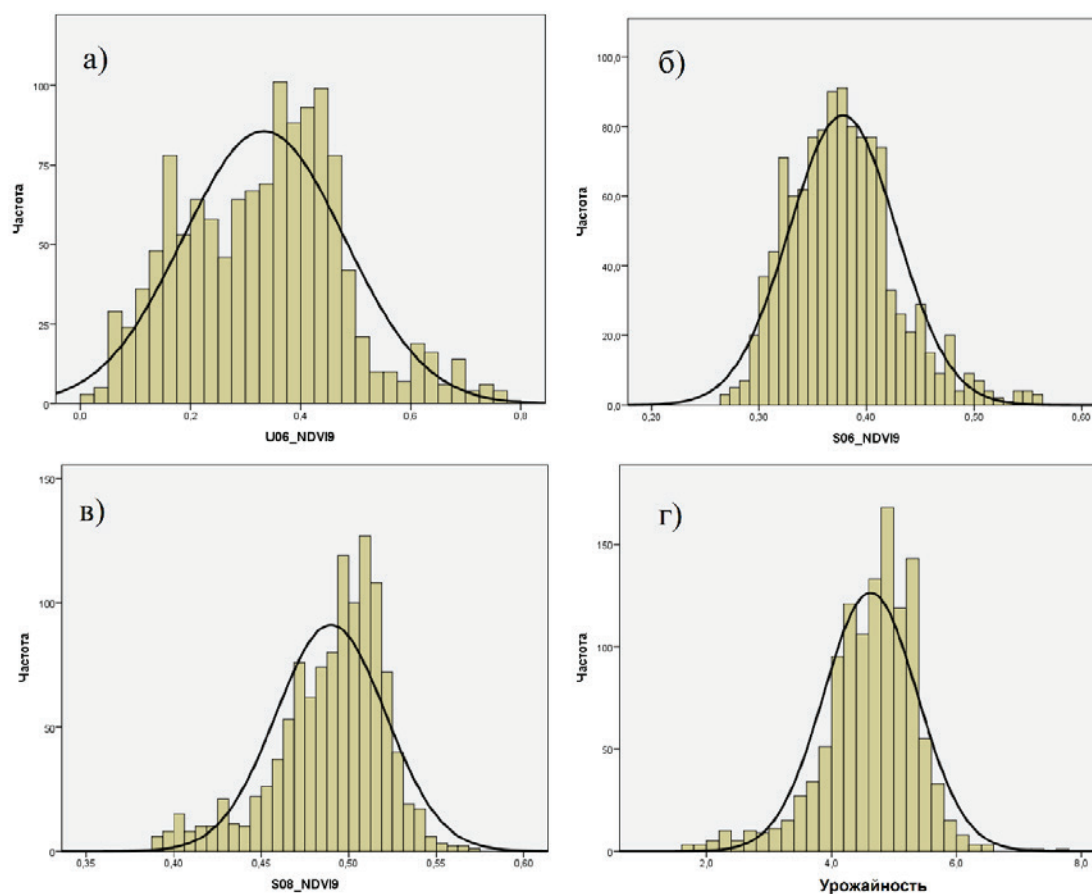


Рисунок 9. Гистограммы распределения вегетационного индекса *NDVI* на поле 9 по данным
 а) БПЛА (06.06.2019), б) спутника Sentinel-2A (05.06.2019), в) спутника Sentinel-2A (29.08.2019),
 г) урожайности (12-14.09.2019)

ной, при этом на обоих полях ей присуща некоторая отрицательная асимметрия (левая сторона вытянута), особенно заметная по данным поля 7. Наши ожидания близости форм гистограмм, отражающих распределение *NDVI* и урожайности, скорее подтвердились, чем оказались опровергнуты. В обоих случаях на анализируемых полях формы визуально близки (рис. 8 в, г; рис. 9 в, г).

Применение БПЛА для исследований с использованием геоинформационных программ, позволяют определять степень обеспеченности посевов риса азотом на основе оптико-биологических характеристик посевов, которые тесно связаны с их физиологическим состоянием [24].

Использование БПЛА для мониторинга является перспективным направлением для дистанционного зондирования благодаря своей универсальности и широким возможностям.

Наши данные о связи оптико-биологических свойств посевов риса с их урожайностью в целом согласуются с сообщениями других авторов [22, 23].

Таким образом, показана возможность определения физиологического состояния посевов риса по оптическим свойствам агрофитоценозов для

технологии точного земледелия.

Выводы

В рисоводстве на почву в наибольшей степени проявляется воздействие антропогенных факторов, что вызывает необходимость проведения мониторинга её состояния. Использование дистанционного зондирования по данным БПЛА позволяет получать оперативную аналитическую информацию для информационных систем по принятию решений в управлении сельскохозяйственным предприятием.

На основании анализа картографических данных можно оперативно принимать решения по своевременному применению технологических операций при производстве риса, обеспечивая тем самым повышение урожайности и снижение затрат на её производство.

Данные аэрофотосъемки пригодны не только для оценки текущей ситуации, но и для создания информационной базы по проведению сравнительного и интегрального анализа за временной промежуток. Это можно осуществлять в различных геоинформационных программах, одной из которых является «Нева» С использованием данного программного

обеспечения были выполнены следующие операции: создание границ полей и подсчет их площадей; создание цифровой модели местности; построение рельефа рисовой системы и микрорельефа чека; оценка влажности почвы на основе спектральных индексов; составление карт вегетационных индексов;

Учитывая возросший интерес сельхозтова-

ропроизводителей в необходимости увеличения объема производства риса, а также потребность в экономии водных ресурсов (засуха 2020 года в Краснодарском крае), внедрение новых элементов в технологию выращивания риса, передовых технических и научных решений, видится разумным и своевременным.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко, Ф.А. Влияние режимов орошения и степени спланированности чеков на урожайность риса / Ф.А. Алексеенко, А.С. Безридный, А.С. Владимиров // Международный научный журнал «Символ науки». – 2016, – № 4-4(16). – С. 54-56.
2. Балакай, Г.Т. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем / Г.Т. Балакай, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 3(31). – С. 1-22.
3. Владимиров, С.А. Планировка и режим орошения как факторы повышения потенциала рисового чека / С.А. Владимиров, С.В. Деркачев, А.С. Безридный // Сборник статей международной научно-практической конф.: в 3 частях. Казань. – 2017. – С. 13-17.
4. Владимиров, С.А. Реализация биоклиматической продуктивности рисового поля / С.А. Владимиров, П.П. Мещеряков // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2018. – № 1. – С. 18-21.
5. Владимиров, С.А. Совершенствование методов полива риса и севооборотов / С.А. Владимиров, И.А. Приходько, А.Ю. Вербицкий // Евразийский союз ученых – 2019, №4(61). DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.7.61.63
6. Гуторова, О.А. Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов: монография / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2020. – 346 с.
7. Использование пространственных данных для формирования государственных информационных ресурсов о землях сельскохозяйственного назначения. – М.: МСХ России, 2019. – Режим доступа: <https://pd.gosreforma.ru/wp-content/uploads/2019/11/Доклад-Аналитического-центра-Минсельхоза-России.pdf> (дата обращения 21.01.2021).
8. Лысенко, Ю.А. Проблемы и перспективы рисоводства на примере Краснодарского края и Республики Адыгея / Лысенко, Ю.А., Чуев И.Н., Хрисониди В.А. // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 4. – С. 66-70; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42440> (дата обращения: 05.03.2021).
9. На Кубани сохранили урожай риса на уровне 2019 года [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/ekonomika/9882401>. 20.03.2021.
10. Магомедов, Н.Р. Ресурсосберегающая безгербицидная технология возделывания риса в Дагестане / Н.Р. Магомедов // Рисоводство. – 2019. – №2(43). – С. 57-60.
11. Островский, Н.В. Опыт автоматизации рисовых оросительных систем в органическом рисоводстве. Ирригационные системы в органическом выращивании риса / Н.В. Островский, В.Т. Островский, В.О. Шишкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, Бюл. Нижневолжского агроуниверситета комплекс: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №3(47). – С. 247-257.
12. Попов, В.А. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем / В.Ф. Попов, Н.В. Островский. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 189 с.
13. Скубиев, С.И. Опыт применения БПЛА для мониторинга состояния посевов риса в Краснодарском крае / С.И. Скубиев, Д.А. Шаповалов, П.А. Лепехин // Рисоводство. – 2018. – № 4(41). – С. 51-55.
14. Шеуджен, А.Х. Агрохимический сервис: учебное пособие / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 21 с.
15. Barbedo, J.G.A. A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles and Imaging Sensors for Monitoring and Assessing Plant Stresses / J.G.A. Barbedo // Drones. – 2019. – №3 (40). DOI:10.3390/drones3020040.
16. Bhoi, Sourav Kumar An Internet of Things assisted Unmanned Aerial Vehicle based artificial intelligence model for rice pest detection / Sourav Kumar Bhoi, K.K. Jena, H.V. Long et al. // Microprocessors and Microsystems. – 2021. – 80. DOI.org/10.1016/j.micpro.2020.103607.
17. Devia, Carlos A. High-Throughput Biomass Estimation in Rice Crops Using UAV Multispectral Imagery / Carlos A. Devia, Juan P. Rojas, T. Petro et al. // Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2019 96, 11. DOI:10.1007/s10846-019-01001-5.
18. Drones used in rice farming in central Vietnam // <https://vietnamnet.vn/en/sci-tech-environment/drones-now-used-by-vietnam-s-rice-farmers-595666.html>.
19. Duan, Bo Remote Estimation of Rice Yield with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data and Spectral Mixture Analysis / Bo Duan, S. Fang, R. Zhu et al. // Front. Plant Sci. – 2019 – 27 – Feb 2. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00204>.
20. Garkusha, S.V. Research of rice crops in Krasnodar region by remote sensing data / S.V. Garkusha, M.A. Skazhennik, E.N. Kiselev et al. // E3S Web of Conferences 175, 01004 (2020) INTERAGROMASH (2020).
21. González-Betancourt, M. Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia / M.

González-Betancourt, Z.L. Mayorga-Ruiz. // DYNA. – 2018. – Vol. 85. – P. – 47-56. [Электронный ресурс] https://www.researchgate.net/publication/325406776_Normalized_difference_vegetation_index_for_rice_management_in_El_Espinal_Colombia (дата обращения 05.12.2019).

22. Huang, S. Satellite remote sensing-based in-season diagnosis of rice nitrogen status in Northeast China / S. Huang, Y. Miao, F. Yuan [et al.] // Remote Sens. – 2015 – 7. 10646-10667. DOI:10.3390/rs70810646.

23. Lu, J. Evaluating different approaches to non-destructive nitrogen status diagnosis of rice using portable RapidSCAN active canopy sensor / J Lu, Y. Miao, W. Shi // Sci. Rep – 2017. – 7:14073.doi:10.1038/s41598-017-14597-1.

24. Rizky, Aidil P.P. Multi-copter development as a tool to determine the fertility of rice plants in the vegetation phase using aerial photos / Aidil P.P. Rizky, Mohamad S. Liyantono //Procedia Environmental Science. – 2015. – V. 24. – P. 258-265.

25. Seo, Y. Evaluating Farm Management Performance by the Choice of Pest-Control Sprayers in Rice Farming in Japan / Yuna Seo, Shotaro Umeda // Sustainability. – 2021. – №13(5) 2618; <https://doi.org/10.3390/su13052618>.

26. Yang, Qi A near real-time deep learning approach for detecting rice phenology based on UAV images / Qi Yang, L. Shu, J. Hun., et. al. // Agricultural and Forest Meteorology.– Jun 2020, – № 287. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107938>.

27. Zhou, X. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery / X. Zhou, H.B. Zheng, X.Q. Xu [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2017. – Vol. 130. – P. 246-255 [Электронный ресурс]. URL <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.05.003>.

REFERENCES

1. Alekseenko, F.A. Influence of irrigation regimes and the degree of check planning on rice yield / F.A. Alekseenko, A.S. Bezridny, A.S. Vladimirov // International scientific journal “Symbol of Science”. – 2016, – № 4-4(16). – P. 54-56.

2. Balakay, G.T. On the issue of developing standards for the water demand of rice and water disposal from rice irrigation systems / G.T. Balakay, L.M. Dokuchaeva, R.E. Yurkova // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. – 2018. – № 3 (31). – P. 1-22.

3. Vladimirov, S.A. Planning and irrigation regime as factors of increasing the potential of the rice check / S.A. Vladimirov, S.V. Derkachev, A.S. Bezridny // Collection of articles of the international scientific-practical conference: in 3 parts. Kazan. – 2017. – P. 13-17.

4 Vladimirov, S.A. Implementation of the bioclimatic productivity of the rice field // International scientific journal “Innovative Science”. – 2018. – № 1. – P. 18-21.

5. Vladimirov, S.A. Improving the methods of irrigation of rice and crop rotation crops / S.A. Vladimirov, I.A. Prikhodko, A.Yu. Verbitsky // Eurasian Union of Scientists (ESU) – 2019 –4(61) DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.7.61.63

6. Gutorova, O.A. Ecological and agrochemical state of soils in rice agrolandscapes: monograph / O.A. Gutorova, A.Kh. Sheudzhn. – Maykop: OAO “Polygraph-Yug”, 2020. – 346 p.

7. Russia A.ts.m. The use of spatial data for the formation of state information resources on agricultural lands 2019. – URL: [https://pd.gosreforma.ru/wp-content/uploads/2019/11/Report of the Analytical Center of the Ministry of Agriculture of Russia.pdf](https://pd.gosreforma.ru/wp-content/uploads/2019/11/Report%20of%20the%20Analytical%20Center%20of%20the%20Ministry%20of%20Agriculture%20of%20Russia.pdf) (2019).

8. Lysenko, Yu.A. Problems and prospects of rice growing on the example of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea / Yu.A. Lysenko, I.N. Chuev V.A. Khronidi // Fundamental Research. – 2019 4. – P. 66-70; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42440> (date of the application: 05.03.2021).

9. In the Kuban, the rice harvest was kept at the level of 2019 [Electronic resource] URL: <https://tass.ru/ekonomika/9882401> (2020).

10. Magomedov, N.R. Resource-saving herbicide-free technology of rice cultivation in Dagestan / N.R. Magomedov // Rice growing. – 2019. – No. 2 (43). – P. 57-60.

11. Ostrovsky, N.V. Experience in automation of rice irrigation systems in organic rice growing. Irrigation systems in organic rice cultivation / N.V. Ostrovsky, V.T. Ostrovsky, V.O. Shishkin // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education, Bul. Lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. – 2017. – № 3 (47). – P. 247-257.

12. Popov, V.A. Agroclimatologists and Rice Ecosystem Hydraulics / B.A. Popov, H.B. Ostrovsky N.V. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – 189 p.

13. Skubiev, S.I. Experience of using UAVs for monitoring the state of rice crops in the Krasnodar Territory / S.I. Skubiev, D.A. Shapovalov, P.A. Lepekhin // Rice growing. – 2018. – № 4(41) – P. 51-55.

14. Sheujen, A.Kh. Agrochemical service: textbook / A.Kh. Sheujen, T.N. Bondareva. – Krasnodar: KubGAU, 2019. – 21 p.

15. Barbedo, J.G.A. A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles / J.G.A. Barbedo // Drones – 2019. – №3(40) doi:10.3390/drones3020040 www.mdpi.com/journal/drones.

16. Bhoi, Sourav Kumar An Internet of Things assisted Unmanned Aerial Vehicle based artificial intelligence model for rice pest detection / Sourav Kumar Bhoi, K.K. Jena, H.V. Long et al. // Microprocessors and Microsystems. – 2021. – 80 <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103607>.

17. Devia, Carlos A. High-Throughput Biomass Estimation in Rice Crops Using UAV Multispectral Imagery / Carlos A. Devia, Juan P. Rojas, T. Petro et al. // Journal of Intelligent & Robotic Systems 96, 11 (2019) DOI:10.1007/s10846-019-01001-5.

18. Drones used in rice farming in central Vietnam // Vietnamnet: [website]. [2020].– URL: <https://vietnamnet.vn/en/>

sci-tech-environment/drones-now-used-by-vietnam-s-rice-farmers-595666.html.

19. Duan, Bo Remote Estimation of Rice Yield with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data and Spectral Mixture Analysis / Bo Duan, Shenghui Fang, Renshan Zhu [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2019. – 27.– 2. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00204>.

20. Garkusha, S.V. Research of rice crops in Krasnodar region by remote sensing date / S.V. Garkusha, M.A. Skazhennik, E.N. Kiselev et al. // *E3S Web of Conferences* 175, 01004 (2020) INTERAGROMASH (2020).

21. González-Betancourt, M. Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia / M. González-Betancourt, Z.L. Mayorga-Ruiz. // *DYNA.* – 2018. – Vol. 85. – P.– 47-56. [Electronic resource]. https://www.researchgate.net/publication/325406776_Normalized_difference_vegetation_index_for_rice_management_in_El_Espinal_Colombia.

22. Huang, S. Satellite remote sensing-based in-season diagnosis of rice nitrogen status in Northeast China / S. Huang, Y. Miao, F. Yuan [et al.] // *Remote Sens.* – 2015 – 7. 10646-10667. DOI:10.3390/rs70810646.

23. Lu, J. Evaluating different approaches to non-destructive nitrogen status diagnosis of rice using portable RapidSCAN active canopy sensor / J Lu, Y. Miao, W. Shi // *Sci. Rep* – 2017. – 7:14073.doi:10.1038/s41598-017-14597-1.

24. Rizky, Aidil P.P. Multi-copter development as a tool to determine the fertility of rice plants in the vegetation phase using aerial photos / Aidil P.P. Rizky, Mohamad S. Liyantono // *Procedia Environmental Science.* – 2015. – V. 24. – P. 258-265.

25. Seo, Y. Evaluating Farm Management Performance by the Choice of Pest-Control Sprayers in Rice Farming in Japan / Y. Seo, U. Shotaro // *Sustainability.* – 2021. – № 13(5) 2618; <https://doi.org/10.3390/su13052618>.

26. Yang, Qi A near real-time deep learning approach for detecting rice phenology based on UAV images / Qi Yang, L. Shu, J. Hun [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology.*– Jun 2020, – № 287. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107938>.

27. Zhou, X. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery / X. Zhou, H.B. Zheng, X.Q. Xu [et al.] // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* – 2017. – Vol. 130. – P. 246-255 [Electronic resource]. URL <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.05.003>.

Михаил Александрович Скаженник

Заведующий лабораторией физиологии,
E-mail: sma_49@mail.ru

Mikhail Alexandrovich Skazhennik

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

Виталий Николаевич Чижигов

Заведующий лабораторией агрохимии и
почвоведения
E-mail: agrohimi-vt@yandex.ru

Vitaly Nikolaevich Chizhikov

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

Татьяна Семеновна Пшеницына

Старший научный сотрудник лаборатории
E-mail: sma@mail.ru

Tatyana Semenovna Pshenitsyna

Senior Researcher of the Laboratory of Physiology
E-mail: sma@mail.ru

Все: ФГБНУ “ФНЦ риса”
350921, Россия, Краснодар,
пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_Kub@mail.ru

All: Federal Rice Research Center
3 Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_Kub@mail.ru

Анна Владимировна Шевченко

Инженер
E-mail: annshevch@yandex.ru

Anna Vladimirovna Shevchenko

Engineer
Email: annshevch@yandex.ru

Юрий Дмитриевич Воробьев

Инженер
E-mail: annshevch@yandex.ru

Yuri Dmitrievich Vorobyov

Engineer
Email: annshevch@yandex.ru

Все: ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
117997, Россия, Москва,
ул. Профсоюзная, 65

All: V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of
Russian Academy of Sciences
65, Profsoyuznaya street, Moscow, 117997, Russia

DOI10.33775/1684-2464-2021-51-2-77-82
УДК: 631.431.73

М.И. Чеботарёв, д-р тех. наук,
И.В. Масиенко,
С.Ю. Шевченко,
А.В. Василенко
г. Краснодар, Россия

ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ НА БЕЗОТВАЛЬНУЮ ОБРАБОТКУ ПОЧВЫ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ

Представлена конструкция разработанной почвообрабатывающей машины с вибрационными рабочими органами, которая имеет ряд новых конструктивных решений, значительно отличающихся от предыдущих конструкций. Модернизация конструкции рабочих органов чизельной почвообрабатывающей машины позволит совершать возвратно-поступательные движения долоту и рыхлительным лапам. Представлены результаты исследований почвообрабатывающей машины с вибрационными рабочими органами, совершающие возвратно-поступательные колебательные движения при работе. Дано теоретическое обоснование снижения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины от величины колебаний рабочих органов на почву и скорости движения агрегата. Показана схема сил, действующих на разработанную специализированную почвообрабатывающую машину с вибрирующим электронным элементом направленного действия для работы в рисовых чеках. Определено значение сопротивления почвы с учетом ее реологической модели. Выведено уравнение для определения скорости перемещения точки контакта почвы с вибрирующим рабочим органом почвообрабатывающей машины в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Представлена зависимость тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающей машины от скорости её движения. Представленные выводы по работе показывают, что колебательные движения рабочих органов позволят улучшить качество основной обработки тяжёлых почв в рисовых чеках, снизить энергоемкость процесса и увеличить производительность за счет увеличения скорости движения агрегата.

Ключевые слова: почвообрабатывающая машина, возвратно-поступательные колебательные движения, рабочие органы, энергоёмкость, производительность, рисовые чеки, вибрация, ударник, безотвальная обработка, качество, тяговое сопротивление, агротехнические требования.

INFLUENCE OF FORCED FLUCTUATIONS OF THE TILLAGE MACHINE ON NON-TILLAGE TILLAGE IN RICE CHECKS

The design of the developed tillage machine with vibrating working bodies, which has a number of new design solutions, significantly different from the previous designs, is presented. Modernization of the design of the working bodies of the chisel tillage machine will allow to make reciprocating movements to the chisel and ripping paws. The results of studies of a tillage machine with vibrating working bodies that perform reciprocating oscillatory movements during operation are presented. The theoretical justification of reducing the traction resistance of the tillage machine from the magnitude of the vibrations of the working bodies on the soil and the speed of the unit is given. The diagram of the forces acting on the developed specialized tillage machine with a vibrating electronic element of directional action for working in rice checks is presented. The value of the soil resistance is determined taking into account its rheological model. The equation for determining the speed of movement of the contact point of the soil with the vibrating working body of the tillage machine in the vertical and horizontal planes is derived. The dependence of the traction resistance of the working bodies of the tillage machine on the speed of its movement is presented. The presented conclusions show that the oscillatory movements of the working bodies will improve the quality of the main processing of heavy soils in rice checks, reduce the energy intensity of the process and increase productivity by increasing the speed of the unit.

Key words: tillage machine, reciprocating oscillatory movements, working bodies, energy intensity, productivity, rice checks, vibration, striker, non-tillage, quality, traction resistance, agrotechnical requirements.

Введение

В последнее время наибольшее распространение в конструкциях сельскохозяйственных машин получило применение различных вибрационных и импульсных рабочих органов. Сельскохозяйственные машины с вибрационными рабочими органами значительно экономичнее и производительнее машин с классическими рабочими органами.

Основное использование вибрации рабочих органов почвообрабатывающих машин направлено на осуществление основной обработки почвы в рисовых чеках. Эта технологическая операция при возделывании риса является наиболее материало- и энергоёмкой по сравнению с остальными операциями в принятой технологии.

С помощью вибрационных рабочих органов можно выполнять операции основной и предпосевной обработки почвы в рисовых чеках в условиях, при которых машины с пассивными рабочими органами не справляются [1, 2, 3].

При использовании наиболее эффективных средств для снижения затрат на производство рисоводческой продукции все чаще прибегают к применению комбинированных высокопроизводительных машин и чизельных орудий, в конструкциях которых также желательно внедрять рабочие органы с вибрационными возбудителями. Однако необходимо наиболее полно изучить влияние вибрации на снижение тягового сопротивления машины, что должно отразиться на развитии новых направлений разработки конструкций сельскохозяйственных машин.

Разработанное техническое устройство имеет ряд новых конструктивных решений, значительно отличающихся от предыдущих конструкций. В конструкцию рабочих органов чизеля добавлена стойка с размещённой в нижней части направляющей круглого сечения, на которой установлено долото (рис. 1). Дополнительно установлен соленоид в корпусе стойки рабочего органа с помощью винтов. Соленоид изготовлен в виде катушки с пружиной и бойком.

Конструкция рыхлительных лап также была доработана, после чего они были закреплены без наклона неподвижно в кронштейне в горизонтальной плоскости.

Модернизация конструкции рабочих органов чизельных почвообрабатывающих машин позволила совершать возвратно-поступательные движения долоту и рыхлительным лапам.

Ударник в процессе вибрации электронного элемента постоянно взаимодействует с долотом, обеспечивая ему мелко-амплитудные возмущения. Это свойство рабочих органов обеспечивает улучшение качества выполнения обработки почвы в чеках и ведёт к снижению энергоёмкости процесса.

На рисунке 1 представлена схема сил, действующих на разработанную специализированную почвообрабатывающую машину с вибрирующим электронным элементом направленного действия

для работы в рисовых чеках.

Постоянная подвижность рабочих органов специализированного почвообрабатывающего орудия обеспечивается вибрирующим электронным элементом направленного действия. Стержень соленоида создаёт возмущающую силу F и приводит рабочие органы к вибрации, в процессе которой рабочие органы совершают возвратно-поступательные колебания по направлению движения агрегата. Рабочие органы совершают колебательные движения в вертикальной и горизонтальной плоскостях с амплитудами A_x и A_y [5, 6].

Рассмотрим рабочий процесс только для установившихся вынужденных колебаний рабочих органов. Это связано с тем, что с течением времени собственные колебания рабочих органов почвообрабатывающей машины, зависящие от начальных условий, быстро затухают.

При выполнении технологического процесса обработки почвы вибрирующие рабочие органы активно взаимодействуют с тяжелой почвой рисовых чеков по всей глубине обрабатываемого слоя. В результате чего происходит разуплотнение почвы при воздействии нормальных нагрузок.

При перемещении рабочего органа возникают нагрузки вертикального и горизонтального направления. Рабочие органы машины для обработки почвы в процессе выполнения технологической операции не выглубляются из почвы, что обеспечивает наименьшие потери энергии и строгое выполнение агротехнических требований, крошение почвы при этом увеличивается.

Для определения основных реакций принимаем, что стойка и рама рабочих органов с вибрирующим электронным элементом являются жёсткой конструкцией и деформации в них не возникают. Рабочие органы совершают колебания строго в горизонтальной и вертикальной плоскостях, поэтому угловыми колебаниями в продольной плоскости можно пренебречь. Для исключения ненужных вертикальных колебаний из-за неровностей чека принимаем поверхность обрабатываемой почвы ровной, соответствующей агротребованиям [7, 8].

Определим значение сопротивления почвы учитывая ее реологическую модель (рис. 2). Для этого приведём к точке O усилие всех рабочих органов почвообрабатывающей машины.

Рабочий орган почвообрабатывающей машины для работы в рисовых чеках выполнен в виде стойки с чизельной лапой, действующих на почвенный объём через точку O в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При построении схемы сил принимаем, что сила воздействия рабочего органа R на почву будет расходоваться на деформацию упругого $C_{\text{почвы}}$ и вязкого $b_{\text{почвы}}$ ее элементов. Тогда, силу воздействия рабочего органа на почву, вызывающую сопротивление почвенного объёма R_r и R_b можно определить, используя следующее выражение:

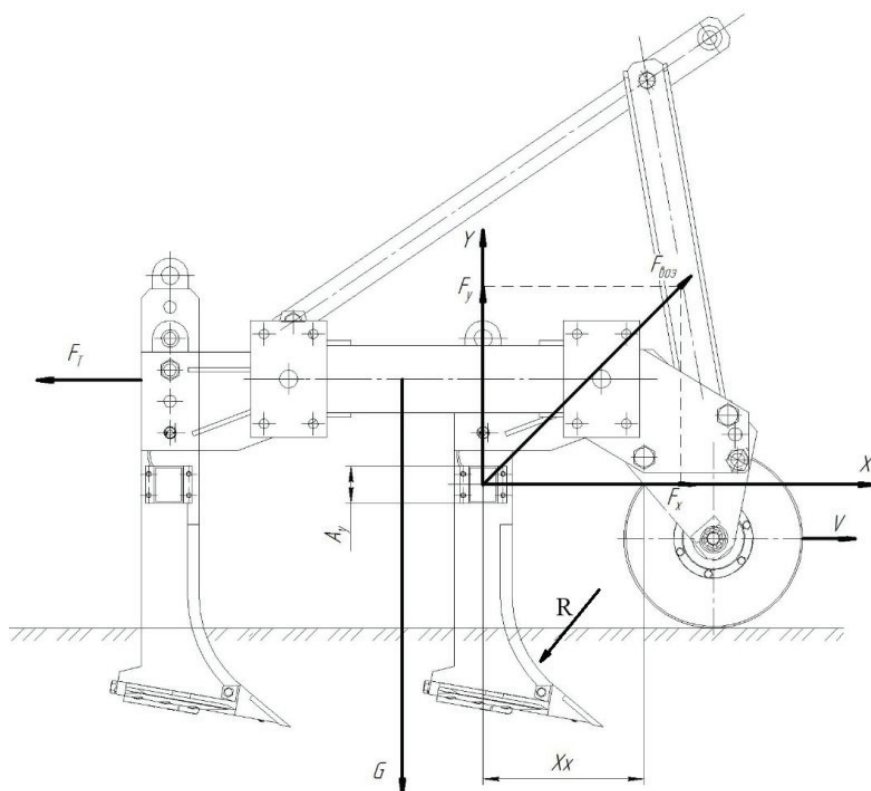


Рисунок 1. Схема сил, действующих на специализированную почвообрабатывающую машину с установленным на рабочие органы вибрирующим электронным элементом

Примечание: F_x - возмущающая сила в горизонтальной плоскости; F - возмущающая сила; R - сила воздействия рабочего органа; F_y - возмущающей сила в вертикальной плоскости; G - вес почвообрабатывающей машины; A_x , A_y - амплитуда колебаний в горизонтальной и вертикальной плоскостях; V - направление скорости движения почвообрабатывающего агрегата

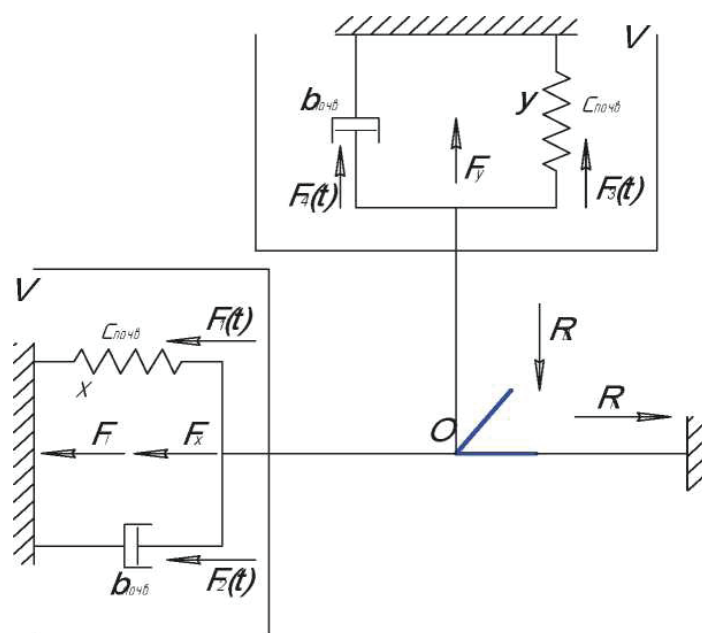


Рисунок 2. Схема возбуждения колебаний рабочих органов почвообрабатывающего орудия с вибрирующим электронным элементом

Примечание: V - почвенный объем; $b_{почв}$ - элемент вязкости; $C_{почв}$ - элемент упругости

$$R_r = n (F_1(t) + F_2(t)) + F_T - F_x, \quad (1)$$

$$R_B = n (F_3(t) + F_4(t)) - F_y, \quad (2)$$

где F_x , F_y - амплитудное значение возмущающей силы относительно осей X и Y;

F_1 , F_3 - силы, расходуемые на преодоление упругих сопротивлений почвы, Н;

F_2 , F_4 - сила, расходуемые на преодоление вязких сопротивлений почвы, Н;

G - вес почвообрабатывающей машины, Н;

F_T - сила сопротивления протаскиванию почвообрабатывающей машины, Н;

n - количество рабочих органов почвообрабатывающей машины, шт;

f - коэффициент сопротивления передвижению почвообрабатывающей машины.

Определим силу сопротивления протаскиванию почвообрабатывающей машины с вибрационным электронным элементом с помощью выражения

$$F_T = (G - F_y) f, \quad (3)$$

Амплитудное значение возмущающей силы относительно горизонтальной оси X и вертикальной оси Y определяем с помощью выражения:

$$F_x = 2m4\pi^2 v^2 x \sin 2\pi vt, \quad (4)$$

$$F_y = 2m4\pi^2 v^2 y \cos 2\pi vt, \quad (5)$$

где m - масса стержня, который устанавливается в соленоид, кг;

x - амплитуда колебаний стержня, м;

v - частота колебаний стержня, рад/с;

t - время колебаний стержня, с;

Воздействие вибрирующего рабочего органа почвообрабатывающего орудия на слой почвы вызывает смятие и сдвиг почвенных частиц. Перемещение точки O контакта рабочего органа с почвой будет состоять из перемещения в направлении осей x и y и примет вид выражения [7,8].

$$x = V_r t, \quad (6)$$

$$y = V_B t, \quad (7)$$

где V_r - скорость перемещения точки O контакта рабочего органа с почвой в горизонтальной плоскости, м/с.

V_B - скорость перемещения точки O контакта рабочего органа с почвой в вертикальной плоскости, м/с.

Перемещения x и y определяем из выражений [3]:

$$x = \frac{F_1(t)}{C_{\text{почвы}}}, \quad (8)$$

$$y = \frac{F_3(t)}{C_{\text{почвы}}}, \quad (9)$$

где $C_{\text{почвы}}$ - элемент упругости почвы.

Заменим x и y их значениями (6, 7):

$$V_r t = \frac{F_1(t)}{C_{\text{почвы}}}, \quad (10)$$

$$V_B t = \frac{F_3(t)}{C_{\text{почвы}}}, \quad (11)$$

Решая полученные уравнения (10) и (11), получим выражение для определения сил, расхо-

дуемые на преодоление упругих сопротивлений почвы:

$$F_1 = V_r C_{\text{почвы}} t, \quad (12)$$

$$F_3 = V_B C_{\text{почвы}} t, \quad (13)$$

Силы, расходуемые на преодоление вязких сопротивлений почвы, F_2 и F_4 определим через $b_{\text{почвы}}$ по выражению, предложенного С.П. Тимошенко [3]

$$F_2 = b_{\text{почвы}} V_r, \quad (14)$$

$$F_4 = b_{\text{почвы}} V_B, \quad (15)$$

где $b_{\text{почвы}}$ - элемент вязкости почвы.

Принимая одинаковые значения физико-механических свойств из-за небольшого расстояния между частицами контактирующей с точкой O почвы, принимаем упругие $C_{\text{почвы}}$ и вязкие $b_{\text{почвы}}$ составляющие почвы в вертикальной и горизонтальной плоскостях равными. Заменив произведение $C_{\text{почвы}} \cdot t$ динамической вязкостью почвенного слоя μ , получим формулу динамической вязкости:

$$\mu = \nu \rho, \quad (16)$$

где ν - кинематическая вязкость почвенного слоя, м²/с;

ρ - плотность обрабатываемого слоя почвы, кг/м³.

Определим плотность почвы, используя следующее выражение:

$$\rho = \frac{m_{\text{почвы}}}{V}, \quad (17)$$

где $m_{\text{почвы}}$ - масса почвы в обрабатываемом слое, кг.

Объем обрабатываемого почвенного слоя рабочими органами почвообрабатывающей машины определим используя выражение [6]:

$$V = S a, \quad (18)$$

где S - площадь почвенного слоя м²;

a - средняя глубина обработки почвенного слоя рабочими органами машины, м.

Тогда выражение для определения сил, расходуемые на преодоление упругих сопротивлений почвенного слоя, будет иметь вид:

$$F_1 = \frac{V_r \nu m_{\text{почвы}}}{S a}, \quad (19)$$

$$F_3 = \frac{V_B \nu m_{\text{почвы}}}{S a}, \quad (20)$$

При совершении рабочими органами почвообрабатывающей машины только колебаний скорость удара для определения остаточного перемещения принимаем согласно работам Дроздова С.Н. [1].

Тогда выражение для определения скорости перемещения точки O контакта рабочего органа почвообрабатывающей машины с почвенным слоем в вертикальной плоскости запишется в виде:

$$V_B = \sigma_{\text{пл}} \sqrt{\frac{g}{E_y}}, \quad (21)$$

где $\sigma_{\text{пл}}$ - предел пропорциональности почвенного слоя, Па

γ - удельный вес почвенного слоя, Н/м³.

E - модуль упругости почвенного слоя при растяжении и сжатии, Па;

Подставив полученные данные в выражение (1) и (2), выведем уравнение для определения скорости перемещения точки О контакта почвы с вибрирующим рабочим органом почвообрабатывающей машины в вертикальной и горизонтальной плоскостях [7, 8, 9, 10]:

$$R_r = nV_r \left(\frac{v_{\text{почвы}}}{s a} + b_{\text{почвы}} \right) + (G - 2mr\omega^2 \cos \alpha) f - 2mr\omega^2 \sin \alpha, \quad (22)$$

$$R_B = n\sigma_{\text{пл}} \sqrt{\frac{g}{E\gamma}} \left(\frac{v_{\text{почвы}}}{s a} + b_{\text{почвы}} \right) - 2mr\omega^2 \cos \alpha, \quad (23)$$

Окончательное значение результирующего тягового сопротивления почвообрабатывающей машины в этом случае будет определено по выражению

$$R = \sqrt{R_r^2 + R_B^2}, \quad (24)$$

Результаты решения выведенных уравнений (22) и (23) представим на рисунке 3, на котором графически построены кривые зависимости тягового сопротивления чизельной почвообрабатывающей машины без вибрационного электронного элемента (кривая 1), и с ним (кривая 2), при различной скорости движения почвообрабатывающего агрегата.

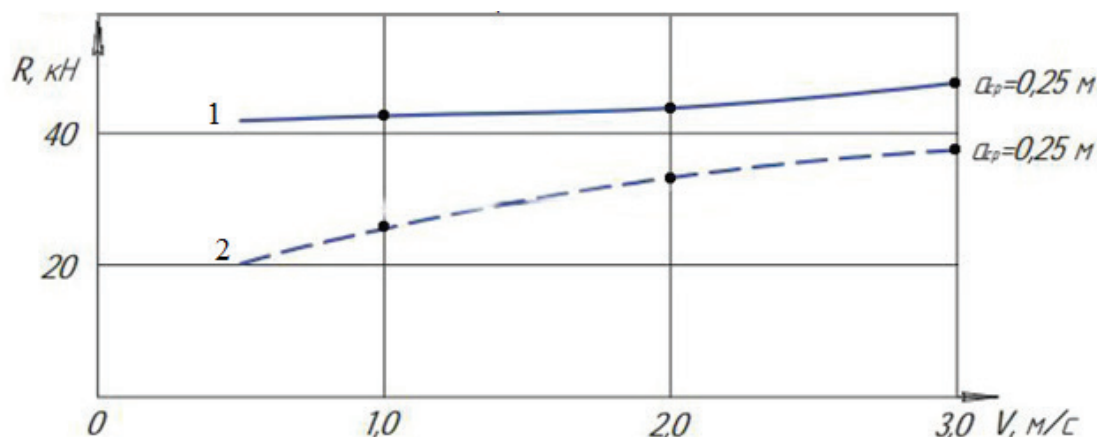


Рисунок 3. Зависимость тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающей машины от скорости движения

Примечание: 1 - теоретическая кривая тягового сопротивления почвообрабатывающей машины без вибрационного электронного элемента; 2 - теоретическая кривая тягового сопротивления почвообрабатывающей машины с вибрационным электронным элементом

Выводы

Анализируя результаты теоретических исследований, можно сделать вывод, что при установке на рабочие органы чизельной почвообрабатывающей машины вибрационного электронного элемента произойдет существенное снижение её тягового сопротивления, что позволит улучшить качество основной обработки тяжёлых почв и

увеличить её производительность за счет увеличения скорости движения агрегата.

Применение рабочих органов с вибрационным электронным элементом направленного действия наиболее целесообразно в конструкции сельскохозяйственных машин, используемых на основной обработке тяжёлых почв в рисовых чеках и весенней обработке не вспаханной с осени почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Masienko, I. Theoretical study of the forced oscillation effect on subsoil tillage / I. Masienko, A. Vasilenko, L. Eranova // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020" 2020. - P. 01028.
2. Дроздов, С. Использование вибрации в почвообрабатывающих машинах / С. Дроздов // Известия....., 2011. - №32. - С. 20 - 23
3. Василенко, В. Влияние вибрации на угол трения почвы по рабочему органу / В. Василенко, Д. Афоничев // Известия Санкт-Петербургского....., 2013. - №3. - С. 123 - 126
4. Чеботарёв, М.И. Выбор рационального способа измельчения рисовой соломы / М.И. Чеботарёв, И.В. Масиенко // Рисоводство. - 2010. - № 16. - С. 97-101.
5. Masienko, I. Development prospects of mobile rice straw crushers/ В сборнике: E3S Web of Conferences, , 2019. - P. 00022
6. Masienko, I. Theoretical determination of the harvester propulsion type for rice harvesting / I. Masienko, I. Grigoryan, S. Shevchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. - 403(1). - P. 012100
7. Masienko, I. Patent analysis of design features of non-cereal crop choppers/ I. Masienko, A. Vasilenko, S. Schvchenko/ E3S Web of Conferences, , 2020. - №193. - P. 01029
8. Чеботарёв М.И. Прицепной измельчитель рисовой соломы ПИРС-2-2 / М.И. Чеботарёв, И.В. Масиенко, Г.А.

Григорян, В.С. Грицунов // Сельский механизатор, 2018. - № 10. - С. 38 - 39

9. Карпенко, В. Д. Устройство для разбрасывания соломы к зерноуборочному комбайну / В.Д. Карпенко, Б.Ф. Тарасенко, Л.В. Коваленко, С.А. Горовой, И.В. Масиенко // Патент на изобретение RU 2716204 C1, 06.03.2020. Заявка № 2019114596 от 13.05.2019.

10. Масиенко, И.В. Конструктивные особенности измельчителя рисовой соломы / И.В. Масиенко, В.М. Лебедев, Г.А. Григорян, С.М. Непшекуев, В.В. Татаринцев // Проблемы научной мысли, 2018. - Т.11. - №2. - С. 049 - 053

11. Чеботарёв М.М. К выбору технологии возделывания риса в республике Судан/ Чеботарев, М.И., Нийомувуньи А. // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам III Международной конференции. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев, 2019. - С. 111 - 112

REFERENCES

1. Masienko, I. Theoretical study of the forced oscillation effect on subsoil tillage / I. Masienko, A. Vasilenko, L. Eranova // In the collection: E3S Web of Conferences. Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020" 2020. P. 01028.

2. Drozdov, C. the Use of vibration in tillage machines/ news of the Orenburg state agrarian University, 32, P. 20-23, (2011)

3. Vasilenko, V. Influence of vibration on the angle of soil friction on the working body/ V. Vasilenko, D. Afonichev/ Saint-Petersburg State Forest Engineering University, 3, P. 123-126, (2013)

4. Chebotarev, M. I. The choice of a rational method for grinding rice straw/ M. I. Chebotarev, I. V. Masienko // Risovodstvo. - 2010. - №. 16. - P. 97-101.

5. Masienko, I. Development prospects of mobile rice straw crushers/ In: E3S Web of Conferences, P. 00022, (2019)

6. Masienko, I. Theoretical determination of the harvester propulsion type for rice harvesting/ I. Masienko, I. Grigoryan, S. Shevchenko // In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 403(1), p. 012100, (2019)

7. Masienko, I. Patent analysis of design features of non-cereal crop choppers/ I. Masienko, A. Vasilenko, S. Schvchenko // E3S Web of Conferences, 193, 01029, (2020)

8. Chebotarev M. I. Trailed rice straw chopper PIER-2-2/ Chebotarev M. I., Masienko I. V., Grigoryan G. A., Gritsunov V. S. // Selsky mechanizator - 2018.- № 10.- P. 38-39.

9. Karpenko, V. D. Device for spreading straw to a grain harvester / Karpenko V. D., Tarasenko B. F., Kovalenko L. V., Gorovoy S. A., Masienko I. V. // Patent for the invention RU 2716204 C1, 06.03.2020. Application №. 2019114596 of 13.05.2019.

10. Masienko, I. V. Constructive features of the rice straw chopper/ I. V. Masienko, V. M. Lebedev, G. A. Grigoryan, S. M. Nepshekuev, V. V. Tatarintsev // Problems of scientific thought. 2018. Vol. 11. - №. 2. - P. 049-053.

11. Chebotarev M. M. To the choice of rice cultivation technology in the Republic of Sudan/ M. I. Chebotarev, A. Niyomuvunyi // In the book: Institutional transformations of the Russian agro-industrial complex in the context of global challenges. Collection of abstracts based on the materials of the III International Conference. Rel. for the issue of A. G. Koshchaev. - 2019.- P. 111 - 112

Чеботарёв Михаил Иванович

Профессор кафедры

E-mail: mikhail.chebotarev.2017@mail.ru

Chebotarev Mikhail Ivanovich

Professor departments

E-mail: mikhail.chebotarev.2017@mail.ru

Масиенко Иван Викторович

Старший преподаватель кафедры

E-mail: ivan.masienko@yandex.ru

Masienko Ivan Viktorovich

Senior lecturer departments

E-mail: ivan.masienko@yandex.ru

Шевченко Сергей Юрьевич

Студент

E-mail: Vincere20@mail.ru

Shevchenko Sergey Yurievich

Student

E-mail: Vincere20@mail.ru

Василенко Артем Вячеславович

Студент

E-mail: vasilenko.2000@list.ru

Vasilenko Artem Vyacheslavovich

Student

E-mail: vasilenko.2000@list.ru

Все: ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина»
350044, Россия, г. Краснодар,
ул. Калинина, 13
E-mail: mail@kubsau.ru

All: Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education "Kuban State Agrarian University
named after I. T. Trubilin "13, Kalinina, Krasnodar,
350044, Russia

DOI10.33775/1684-2464-2021-51-2-83-89
УДК: 635.652

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕМЕНОВОДСТВА ЛУЩИЛЬНОЙ ФАСОЛИ СОРТА СНЕЖАНА СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «ФНЦ РИСА»

Минеральные удобрения, орошение и биопрепараты способствуют значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим, поставлена цель изучить эффективность орошения, различных доз минерального питания и применения биопрепарата Нитрагин КМ на посевах зерновой фасоли. Изучено влияние предпосевного внесения минеральных удобрений в условиях орошения и богары на фенологические и морфологические признаки, урожайность и продуктивность растений зерновой фасоли сорта Снежана ФГБНУ «ФНЦ риса». Анализ данных по урожайности семян фасоли показал, что наиболее эффективным агроприемом при семеноводстве этой культуры является внесение минеральных удобрений на капельном орошении. С повышением уровня минерального питания отмечено увеличение коэффициента размножения, в варианте без полива в пределах от 37 до 43 шт./шт., в вариантах с орошением от 53 до 73 шт./шт. Так, на всех делянках фасоли сорта Снежана, где применяли орошение, урожайность семян составила в среднем 3,09-3,43 т/га, что на 77,6-203,5 % выше по сравнению с богарными условиями. На богаре и при орошении наиболее высокая урожайность отмечена при внесении минеральных туков при норме $N_{30}P_{30}K_{30}$ 2,02 т/га и 3,69 т/га соответственно. Высокая концентрация солей минеральных удобрений, внесенных при посеве в борозды непосредственно в зону прорастания семян, отрицательно повлияла на всхожесть. Наибольшая изреженность посевов (119 тыс. растений/га) отмечена в вариантах, где вносили туки нормой $N_{60}P_{60}K_{60}$. Применение бактериального препарата Нитрагин КМ на посевах фасоли в неорошаемых условиях неэффективно. При орошении этот агроприём позволил увеличить урожайность семян фасоли сорта Снежана на 11 %.

Ключевые слова: фасоль зерновая, сорт, минеральные удобрения, орошение, богара, урожайность

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF SEED PRODUCTION OF SHELLED BEANS OF THE SNEZHANA VARIETE OF THE SELECTION FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC RICE CENTRE»

Mineral fertilizers, irrigation and biological products contribute to a significant increase in crop yields. In this regard, the goal is to study the effectiveness of irrigation, various doses of mineral nutrition and the use of the biological product Nitragin KM on grain bean crops. The influence of pre-sowing application of mineral fertilizers under irrigation and rainfed lands conditions on the phenological, morphological characteristics, yield and productivity of plants of grain beans of the Snezhana variety and its components is monitored. The analysis of data on the yield of bean seeds showed that the most effective agricultural practices in the seed production of this crop are the application of mineral fertilizers on drip irrigation. With an increase in the level of mineral nutrition, there was an increase in the reproduction coefficient, without irrigation in the range from 37 to 43 pcs./pc., in variants with irrigation from 53 to 73 pcs./pc. Thus, on all plots of the Snezhana bean variety, where irrigation was used, the seed yield averaged 3.09-3.43 t/ha, which is 77.6-203.5% higher compared to rain-fed conditions. On dry land and irrigation, the highest yield was observed when mineral tuks were applied at the $N_{30}P_{30}K_{30}$ norm, which was 2.02 t/ha and 3.69 t/ha, respectively. The high concentration of mineral fertilizer salts introduced during sowing in the furrows, directly in the seed germination zone, negatively affected the germination of seeds. The greatest sparseness of crops (119 thousand plants/ha) is noted in the variants where we introduce tuks with the norm $N_{60}P_{60}K_{60}$. The use of the bacterial preparation Nitragin KM on bean crops in non-irrigated conditions is ineffective. Under irrigation, this agro priem allowed to increase the yield of bean seeds of the Snezhana variety by 11%.

Key words: grain beans, variety, mineral fertilizers, irrigation, bogara, yield

Введение

Широкое распространение в мировом земледелии имеет фасоль обыкновенная. Возделыванием этой культуры занимаются более 70 стран в разных

почвенно-климатических условиях. Посевная площадь данной культуры в мире занимает около 27 млн. га, из них 4,8 тыс. га находится в России [1].

В нашей стране семеноводство фасоли сосредото-

точено в основном в южной зоне. Для скороспелых сортов от всходов до созревания семян требуется – 85-89 дней, для среднеспелых – 90-115 и для позднеспелых – 115-130 и более. Фасоль теплолюбивая культура, но не жаростойкая: при температуре выше 30°C резко снижается завязываемость семян. В то же время она плохо переносит затенение. Для нее непригодны кислые, холодные почвы, также она требовательна к влаге. Ввиду сильно выраженного фототропизма фасоли (листья в солнечную погоду не притемняют почву) сорняки могут заглушить растения. Поэтому культуру в севообороте необходимо размещать на чистых участках, не засоренных однолетними и особенно – многолетними сорняками [3, 6]. Лучшими предшественниками в полевых севооборотах являются зерновые колосовые, а в овощных – пасленовые культуры или корнеплоды.

Высокие урожаи любых сортов могут быть получены только при условии высокой агротехники [9]. Выдающийся селекционер, академик П.П. Лукьяненко доказал, что создание разнообразия сортов – это еще не все. Он говорил, что наряду с этим необходимо изучать технологию выращивания культуры и внедрять ее в производство. Важность сорта переоценить нельзя. Часто считают, что новый, более урожайный сорт, во всех случаях может повысить урожайность на 3-6 ц/га, но такое увеличение дается в государственном сортоиспытании с высоким уровнем агротехники, где урожайность зерна может быть в два раза выше, чем в производственных хозяйствах [2, 10].

Последние полвека позволили увеличить прирост сельскохозяйственной продукции на 70-90 %. При этом повышение урожайности сопровождается значительными вложениями капитала и энергоресурсов [12]. В мировой практике наблюдается тенденция к снижению доз применяемых минеральных удобрений, возрастает роль их интегрированного использования (по экономическим и экологическим соображениям) с агротехническими приемами, направленными на поддержание естественного плодородия почв, мероприятиями по повышению биоразнообразия полезной почвенной микрофлоры. Наиболее эффективное и экологически безопасное применение минеральных удобрений возможно только при удов-

летворении потребности растений в широком спектре других компонентов, обеспечивающих развитие растений без ущерба для плодородия почв. Одним из них является инокуляция (заражение) комплексом почвенных микроорганизмов [11, 13].

Наши исследования, связанные с разработкой адаптивных технологий возделывания и стабилизацией производства высококачественных семян фасоли луцильной Снежана, актуальны, так как существует большой спрос на семена в регионе и за его пределами. В этой связи можно считать перспективной разработку технологии производства, направленную на повышение продуктивности сорта фасоли обыкновенной Снежана зернового направления в зависимости от доз минеральных удобрений, использование орошения и биопрепаратов.

Цель исследований

Определить эффективность влияния капельного полива на семенную продуктивность фасоли, изучить влияние доз минеральных удобрений и бактериального препарата Нитрагин КМ на параметры продукционного процесса фасоли.

Материалы и методы

Селекционная и семеноводческая работа проводилась в соответствии с «Методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству бобовых культур», учеты и наблюдения – по «Методике опытного дела в овощеводстве», статистическая обработка результатов опытов – по Б.А. Доспехову и В.А. Дзюбе, анализ метеорологических показателей – по данным агрометеорологического поста п. Белозерный, г. Краснодар [4, 5, 7, 8].

Площадь учетной делянки 10 м², повторность трехкратная. Размещение делянок систематическое с последовательным размещением вариантов. Удобрения (азофоску) вносили локально, в борозды, сделанные под посев. Норма внесения удобрений – согласно схеме опыта. Посев проводили вручную, по ленточной схеме (90 + 50) / 2 x 9-10 см. Норма высева семян 110-130 кг/га (130-150 г/дел.). Семена фасоли были высеяны 29 апреля, всходы получены через 8-9 дней – 7-8 мая. Капельное орошение, согласно схеме опыта, было включено 14 мая. Объем научных исследований представлен в таблице 1.

Таблица 1. Объем и схема опыта, сорт Снежана

Богара		Орошение	
N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₀₊ Нитрагин КМ	N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₀₊ Нитрагин КМ
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀₊ Нитрагин КМ	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀₊ Нитрагин КМ
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀₊ Нитрагин КМ	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀₊ Нитрагин КМ

В ходе фенологических наблюдений отмечали даты наступления следующих фаз: всходы, цветение, созревание (биологическая спелость). Морфологическое описание проводили по следующим признакам: высота куста и прикрепление нижнего

боба относительно поверхности почвы; окраска листьев, цветков; количество бобов на кусте, их форма, размер, окраска; форма, размер, окраска семян; их количество в бобе. На делянках зерновой фасоли учитывали плотность стояния растений, их

продуктивность, определяли урожайность и массу 1000 семян. Одновременно были взяты пробы для определения содержания в зерне сухого вещества, сахара, крахмала, аскорбиновой кислоты, белка и клетчатки. Визуально оценивали устойчивость к основному заболеванию – бактериозу фасоли.

Результаты и обсуждение

Следует отметить, что в 2020 году конец апреля (период проведения сева 29 апреля) был благоприятен для прорастания семян фасоли: температура воздуха достигала + 11,2°C, за счет выпавших осадков 19 мм влаги было достаточно, что привело к дружному появлению всходов.

Проведенные учеты густоты стояния растений показали, что этот показатель значительно варьировал в зависимости от нормы внесения минеральных удобрений, с повышением нормы внесения туков – снижалась загущенность посевов (табл. 2).

Наибольшую изреженность наблюдали в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ (всего 119,1 шт./га) что, вероятно, связано с действием высокой концентрации солей минеральных удобрений, внесенных при посеве в борозды, непосредственно в зону прорастания семян.

Таблица 3. Фенологические показатели сорта фасоли луцильной на вариантах опыта

Сорт	Вариант опыта	всходы	Количество дней до				
			цветения		биологической спелости		уборка
			начала	массового	начала	массового	
Снежана	орошение	07 май	35	39	72	83	99
	богара				66	76	

Капельное орошение, использование минеральных удобрений и бактериального препарата Нитрагин КМ оказали существенное влияние на рост растений фасоли и их продуктивность. Результаты биометрии показали, что внесение минеральных удобрений способствовало увеличению габитуса растений фасоли сорта Снежана (табл. 4). Так, в богарных условиях высота растений увеличивалась на 7-10 см, при орошении на 10-15 см. Влияние Нитрагина КМ на этот показатель практически не отмечено. Различия по варианту в среднем составили 1-4 см. Изучаемые агроприемы не оказывали никакого воздействия на высоту прикрепления нижнего боба. По всем вариантам этот показатель изменялся всего на 1-2 см и был равен 16-18 см от поверхности почвы.

Внесение минерального удобрения на делянках сорта Снежана способствовало увеличению количества бобов на растении от 2 до 5 штук на богаре и от 15 до 21 штук при орошении. В вариантах без

Таблица 2. Влияние норм локального внесения удобрений на густоту стояния растений фасоли луцильной

Вариант опыта	Густота стояния растений, тыс. шт./га
$N_0P_0K_0$	158,7
$N_{30}P_{30}K_{30}$	152,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	119,1

Фенологические наблюдения показали различия по срокам прохождения фаз развития растений у изучаемого образца луцильной фасоли (табл. 3). Так, межфазные периоды сорта Снежана составили от всходов до цветения 35-39 дней, биологическая спелость бобов в варианте без применения орошения наступила на 76 день после появления массовых всходов. Применение капельного полива дополнительно удлинит вегетационный период у сорта Снежана на 7 дней. По продолжительности вегетационного периода сорт Снежана относился к среднему сроку созревания.

полива получаемые семена были крупнее, чем на контроле. Масса 1000 семян составила 316-323 г, что на 46-53 г больше, чем в контрольном варианте. Капельный полив также оказал положительное влияние на этот показатель. Так, масса 1000 семян при выращивании в орошаемых условиях увеличивалось в среднем на 48 г по сравнению с богарой.

Это позволило на делянках вариантов с применением удобрений получить растения с продуктивностью 21,3-24,7 г, в богарных условиях всего 13,3-13,6 г. Применение бактериального препарата Нитрагин КМ на посевах фасоли сорта Снежана было эффективно только в орошаемых условиях в основном за счет увеличения количества семян в бобах. При этом наибольшая продуктивность была отмечена в вариантах с внесением удобрений при норме $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$, где она составила 24,3-25,8 г. на растение. Различия между этими вариантами было несущественным.

Таблица 4. Продуктивность растений фасоли сорта Снежана и ее элементы

Вариант опыта	Высота, см	Высота при-крепления пер-вого боба, см	На одно растение			Масса 1000, г	Урожай-ность т/га
			количество бобов, шт	масса бобов, г	масса семян, г		
Богара $N_0P_0K_0$	39	17	16	18	10,0	270	1,58
Богара $N_{30}P_{30}K_{30}$	49	17	18	21	13,3	316	2,02
Богара $N_{60}P_{60}K_{60}$	46	18	21	22	13,6	323	1,61
НСР ₀₅	4	2	2	2	0,98	24	0,15
Богара Нитрагин $N_0P_0K_0$	37	17	12	15	8,0	320	1,26
Богара Нитрагин $N_{30}P_{30}K_{30}$	43	17	12	12	7,3	347	1,10
Богара Нитрагин $N_{60}P_{60}K_{60}$	42	18	11	13	8,6	373	1,02
НСР ₀₅	4	2	1	1	0,79	31	0,10
Орошение $N_0P_0K_0$	46	16	21	32	19,8	373	3,12
Орошение $N_{30}P_{30}K_{30}$	56	17	36	43	21,3	343	3,23
Орошение $N_{60}P_{60}K_{60}$	61	18	42	44	24,7	338	2,93
НСР ₀₅	5	2	3	4	1,97	35	0,27
Орошение Нитрагин $N_0P_0K_0$	49	19	27	34	22,3	348	3,52
Орошение Нитрагин $N_{30}P_{30}K_{30}$	55	17	33	27	24,3	342	3,69
Орошение Нитрагин $N_{60}P_{60}K_{60}$	62	18	36	34	25,8	339	3,07
НСР ₀₅	5	2	3	3	2,1	34	0,30

Для размножения сортов важным показателем является количество семян в урожае с единицы площади, коэффициент размножения семян (табл. 5). У сорта Снежана этот показатель варьировал в зависимости от уровня минерального питания: в варианте

без полива от 37 до 43 шт./шт., в вариантах с орошением от 53 до 73 шт./шт. Наибольшее значение коэффициента размножения отмечено на обоих вариантах с внесением минеральной туковой нормы, как на богаре – 43, так и при орошении – 73 шт./шт.

Таблица 5. Коэффициент размножения луцильной фасоли в зависимости от орошения и уровня минерального питания растений

Уровень минерального питания	Снежана		Среднее
	Богара	Орошение	
$N_0P_0K_0$	37	53	45
$N_{30}P_{30}K_{30}$	42	62	52
$N_{60}P_{60}K_{60}$	43	73	58
Среднее	41	62	
Орошение (фактор А) $F_{\phi} 4324,55 \cdot F_T 4,74$			НСР ₀₅ 0,49
Минеральное питание (фактор В) $F_{\phi} 1204 \cdot F_T 3,88$			НСР ₀₅ 0,54
Взаимодействие (фактор АВ) $F_{\phi} 57,76 \cdot F_T 3,88$			НСР ₀₅ 0,93

Дисперсионный анализ полученных данных позволил выявить доли влияния на коэффициент размножения различных норм минерального питания и применения капельного полива, а также их взаимодействие. Изучение взаимодействия между коэффициентом размножения зерна фасоли и изучаемыми факторами позволили установить специфику вклада минерального питания и капельного полива. Согласно полученным данным, различия по коэффициенту

размножения семян являются достоверными ($F_{\phi} > F_T$) (табл. 6). Однако на изменчивость количества семян в урожае с единицы площади в большей степени (76,15 %) оказывает применение капельного полива, влияние минерального питания на коэффициент размножения – в меньшей степени, 17,76 % (рис. 1). Эффект взаимодействия изучаемых факторов на коэффициент размножения луцильной фасоли очень мал и составляет 5,45 %, погрешность 0,62 %.

Таблица 6. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа коэффициента размножения зерна фасоли

Виды варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Дисперсия	Критерий Фишера (F)	
				фактическое	табличное
Орошение (фактор А)	1	2178	2178	1452	4,74
Минеральные удобрения (фактор В)	2	508	254	169	3,88
Взаимодействие	2	156	78	52	3,88
Погрешность	12	18	1,5		
Общее	17	2860			

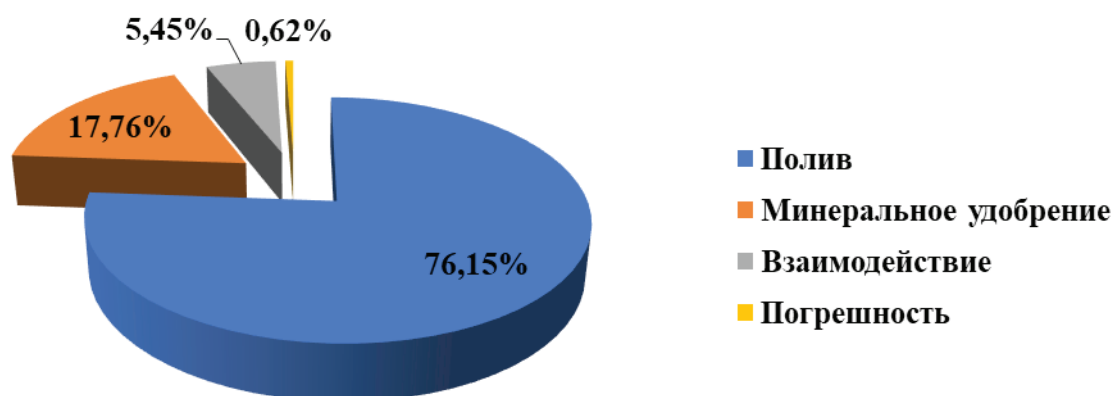


Рисунок 1. Коэффициент размножения зерновой фасоли

Анализ данных по урожайности семян фасоли показал, что наиболее эффективными агроприемами при семеноводстве этой культуры являются внесение минеральных удобрений и капельное орошение. Так, на всех делянках фасоли сорта Снежана, где применяли орошение, урожайность

семян составила в среднем 3,09-3,43 т/га, что на 77,6-203,5 % выше по сравнению с богарными условиями (табл. 7). На богаре и при орошении наиболее высокая урожайность отмечена при внесении минеральных туков при норме $N_{30}P_{30}K_{30}$, 2,02 т/га и 3,69 т/га соответственно.

Таблица 7. Влияние различных агроприемов на урожайность семян фасоли луцильной, т/га

Уровень минерального питания	Снежана			
	Богара	Богара Нитрагин КМ	Орошение	Орошение Нитрагин КМ
$N_0P_0K_0$	1,58	1,26	3,12	3,52
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,02	1,1	3,23	3,69
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,61	1,02	2,93	3,07
Среднее	1,74	1,13	3,09	3,43

Применение Нитрагина КМ на посевах фасоли сорта Снежана, выращиваемых в богарных условиях было малоэффективным. При орошении этот агроприем позволил увеличить урожайность семян в среднем от 6,5 % до 11 % по сравнению с вариантами, где этот препарат не применялся (рис. 2).

Зависимость между нормами вносимых удобрений, Нитрагина КМ, применением полива и биохимическими показателями качества зерна фасоли не установлена (табл. 8). Содержание сухого вещества в зерне находилось в пределах 88,0-89,1 %, крахмала – 22,3-36,69 %, белка – 13,13-20,69 %.

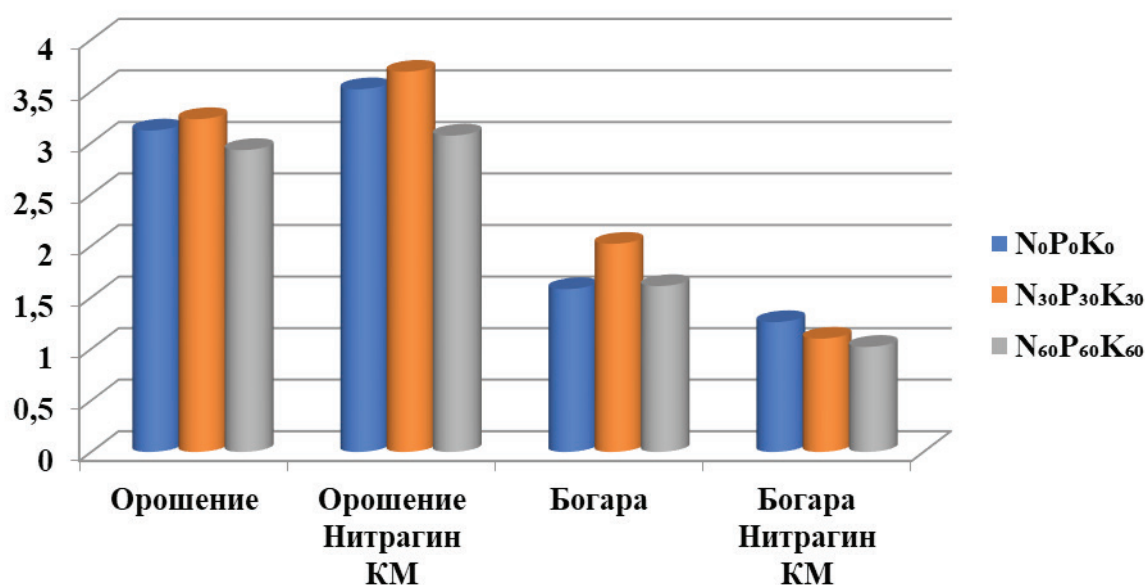


Рисунок 2. Влияние биопрепарата Нитрагин КМ на урожайность сорта Снежана (т/га)

Таблица 8. Результаты биохимического анализа бобов фасоли сорта Снежана

Вариант опыта	Содержание											
	сухого в-ва, %				крахмала, %				белка, %			
	богара	орошение	богара нитрагин	орошение нитрагин	богара	орошение	богара нитрагин	орошение нитрагин	богара	орошение	богара нитрагин	орошение нитрагин
N ₀ P ₀ K ₀	88,7	88,0	88,0	88,1	27,3	28,2	32,59	32,22	19,5	13,9	22,8	17,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	88,0	87,9	87,8	87,7	28,6	22,3	27,6	28,1	18,9	14,8	21,1	18,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	88,1	87,6	88,0	88,1	25,1	28,1	32,9	35,6	20,3	14,8	20,1	20,7

Выводы

Агроприёмы: капельное орошение, использование минеральных удобрений и бактериального препарата Нитраги КМ оказали существенное влияние на рост растений фасоли и их продуктивность. Внесение минерального удобрения азофоска марки 16:16:16, способствовало увеличению количества бобов на растении от 2 до 5 штук на богаре и от 15 до 21 штук при орошении. Масса 1000 семян составила 316-323 г, что на 46-53 г больше, чем в контрольном варианте; при выращивании в орошаемых условиях увеличивалась в среднем на 48 г по сравнению с богарой. С повышением уровня минерального питания отмечено увеличение коэффициента размножения в вариантах без полива от 37 до 43 шт./шт., в вариантах с орошением от 53

до 73 шт./шт. Максимально высокая урожайность семян получена при внесении удобрений нормой N₃₀P₃₀K₃₀: 2,02 т/га на богаре и 3,69 т/га при орошении.

Применение бактериального препарата Нитрагин КМ на посевах фасоли в неорошаемых условиях неэффективно. При орошении этот агроприем позволил увеличить урожайность семян фасоли сорта Снежана на 11 % по сравнению с вариантами, где этот препарат не применялся. Высокая концентрация солей минеральных удобрений, внесенных при посеве в борозды, непосредственно в зону прорастания семян, снижает густоту стояния растений. Наибольшая изреженность посевов (119 тыс. растений/га) отмечена в вариантах, где вносили туки нормой N₆₀P₆₀K₆₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васякин, Н.И. Зернобобовые культуры в Западной Сибири / Н.И. Васякин // Новосибирск, 2002. – С. 184.
2. Гриценко, В.В. Семеноводство полевых культур / В.В. Гриценко, З.М. Калошина // М.: Колос, 1984. – С. 210-213.
3. Горбатая, А. П. Продуктивность зернобобовых культур в связи со степенью развития органов проростков семян в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 2013. – 18 с.

4. Дзюба, В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методическое пособие. – Краснодар, 2007. – 76 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Казыдуб, Н. Г. Селекция и семеноводство фасоли в южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Тюмень, 2013. – 32 с.
7. Литвинов, С.С. Методика опытного дела в овощеводстве / С.С. Литвинов // М., 2011. – 648 с.
8. Методические указания по селекции и первичному семеноводству овощных бобовых культур. – М., 1985. – 60 с.
9. Пархуць, Б.І. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу західного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеню канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2008. – 20 с.
10. Яковенко, Т.Н. Агробиологическое обоснование приемов возделывания фасоли при посеве ее в чистом виде и полосами с кукурузой на юге Украины: дис... канд. с.-х. наук. – К., 1992. – 197 с.
11. Food, Agriculture, Conservation And Trade Act of 1990 (FACTA) // Public Law. 1990. Government Printing Office. – Washington, DC. – P. 101-624.
12. Gold, M.V. Sustainable Agriculture: Definitions and Terms. – 1999. Available at the USDA National Agriculture Library; http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb_9902/htm.
13. Vance, C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources / C.P. Vance // Plant Physiology. – 2001. – V. 127. – P. 390-397.

REFERENCES

1. Vasyakin, N. I. Leguminous crops in Western Siberia / N. I. Vasyakin. –Novosibirsk, 2002. – P. 184.
2. Gritsenko, V. V. Seed production of field crops / V.V Gritsenko, Z.M. Kaloshina // М.: Kolos, 1984. – P. 210-213.
3. Gorbataya, A. P. Productivity of leguminous crops in connection with the degree of development of the organs of seed seedlings in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. ... candidate of agricultural sciences. – Krasnoyarsk, 2013. – 18 p.
4. Dzyuba, V. A. Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data. / V.A. Dzyuba // Methodological guidelines. – Krasnodar, 2007. – 76 p.
5. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience / B.A. Dospekhov // М.: Kolos, 1979. – 416 p.
6. Kazydub, N. G. Selection and seed production of beans in the southern forest-steppe of Western Siberia. Dissertation of the doctor of agricultural sciences. – Tyumen, 2013. – 32 p.
7. Litvinov, S. S. Methodology of experimental business in vegetable growing / S.S. Litvinov. – М., 2011. – 648 p.
8. Methodological guidelines for breeding and primary seed production of vegetable legumes. – М., 1985. – 60 p.
9. Parchute, B. I. Formuvannya produktivnost kasol zvychayno fallow from technologicznyh priom wirewound in umovah sahanaja Lastau: author. dis. to receive sciences. degree of Cand. agricultural sciences: 06.01.09. Vinnitsia, 2008. – 20 p.
10. Yakovenko, T. N. Agrobiological justification of bean cultivation techniques when sowing it in its pure form and in strips with corn in the south of Ukraine: dis... Candidate of agricultural sciences. – К., 1992. – 197 p.
11. Food, Agriculture, Conservation and Trade Act of 1990 (FACTA) // Public Law. 1990. – Government Printing Office. – Washington, DC. – P. 101-624.
12. Gold, M.V. Sustainable Agriculture: Definitions and Terms. – 1999. Available At The USDA National Agriculture Library; http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb_9902/htm.
13. Vance, C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources / C.P. Vance // Plant Physiology. – 2001. – Vol. 127. – P. 390-397.

Григорий Вячеславович Пищулин

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

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: arri_kub@mail.ru

Grigory Vyacheslavovich Pishchulin

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

All: FSC of rice
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-90-94
УДК: 635.64:631.563

В.Н. Чижиков, канд. с.-х. наук,
И.В. Козлова
г. Краснодар, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ПОСАДКАХ ТОМАТА

По результатам проведенных исследований установлена эффективность применения комплексных удобрений Бион Интеллект «Томат» и Зеромикс 3000 ррт на посадках томата сорта Рокер. Исследования проводились на опытно-производственном участке ФГБНУ «ФНЦ риса» в соответствии с «Методикой полевого опыта в овощеводстве и с соблюдением рекомендаций по выращиванию овощных культур». Изучаемые комплексные удобрения применялись в виде некорневой подкормки на посадках томата по фазам роста. Проведенными исследованиями установлено, что применение комплексных удобрений в виде некорневой подкормки на посадках томата по фазам вегетации привело к усилению ростовых процессов за счёт перераспределения ассимилятов, что повлияло на увеличение биомассы растений; длины главного стебля на 10-19 %; массы плодов на 23-49 %. Это позволило повысить урожайность на 15- 26 % (5,05 - 8,86 т/га) по сравнению с контролем. Следует отметить, что изучаемые комплексные удобрения оказали положительное влияние на биохимические показатели плодов томата сорта «Рокер». Применение удобрения Бион-Интеллект «Томат» позволило повысить в плодах томата содержание общего сахара на 1,84 % (контроль – 1,53 %); аскорбиновой кислоты 29,11 мг/100 г (контроле – 24,45 мг/100 г.), а у комплексного удобрения Зеромикс 3000 ррт они составили 2,38 % и 34,34 мг/100 г соответственно. Применение некорневой подкормки комплексными удобрениями вегетирующих растений позволило сдержать развитие болезней на начальном этапе, что оказало положительное влияние на формирование урожая.

Ключевые слова: томат, удобрения, некорневая подкормка, урожайность.

EFFICIENCY OF ROOT FEEDING WITH COMPLEX FERTILIZERS ON PLANTING TOMATO

Based on the results of the studies, the effectiveness of the use of complex fertilizers Bion Intellect "Tomato" and Zeromix 3000 ppm on the plantings of the Roker variety tomato was established. The research was carried out at the experimental-production site of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNTs Rice" in accordance with the "Methodology of field experience in vegetable growing and in compliance with the recommendations for growing vegetable crops. The studied complex fertilizers were used in the form of foliar feeding on tomato plantings in stages of growth. The studies carried out have established that the use of complex fertilizers in the form of foliar feeding on tomato plantings in the phases of the growing season led to an increase in growth processes due to the redistribution of assimilates, which influenced an increase in plant biomass; the length of the main stem by 10-19%; fruit mass by 23-49%. This made it possible to increase the yield by 15-26% (5.05-8.86 t / ha) in comparison with the control. It should be noted that the studied complex fertilizers had a positive effect on the biochemical parameters of the fruits of the "Roker" tomato variety. The use of Bion-Intellect "Tomat" fertilizer made it possible to increase the total sugar content in tomato fruits by 1.84% (control - 1.53%); ascorbic acid 29.11 mg / 100 g (control - 24.45 mg / 100 g), and in the complex fertilizer Zeromix 3000 ppm they were 2.38% and 34.34 mg / 100 g, respectively. The use of foliar feeding with complex fertilizers of vegetative plants made it possible to restrain the development of diseases at the initial stage, which had a positive effect on the formation of the yield.

Key words: tomato, fertilizers, foliar feeding, productivity.

Введение

Формирование высокопродуктивных посевов в современных интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур требует научно-обоснованного подхода как к созданию системы удобрений, которая будет полноценно обеспечивать вегетирующие растения элементами питания, так и к применению физиологически активных веществ, способствующих более эффективному использованию удобрений [1, 2, 3].

С экономической и экологической точек зрения обоснованным считается внесение в почву только макроэлементов. Компенсация недостающих мезо- и микроэлементов происходит преимущественно за счет внесения растворов микроудобрений с помощью листовых подкормок. В настоящее время накоплено большое количество информации о физиологической роли этих элементов питания [4, 5, 6].

Показано, что некорневые обработки микроэлементами влияют на самые разнообразные био-

химические процессы: азотный и углеводный обмен, дыхание, фотосинтетическую активность. Это отражается на фенотипических признаках, связанных с ростом отдельных органов растений. Такой способ применения микроэлементов нашел широкое применение в практическом земледелии. Многочисленные результаты подтверждают положительное влияние микроэлементов на продуктивность сельскохозяйственных культур при их применении в виде некорневой подкормки [5, 7, 8, 9].

Несмотря на большой объем накопленных данных, все еще остаются открытыми вопросы оптимальных доз микроэлементов под конкретную культуру. Элементы продуктивности растений, определяющие величину урожайности, формируются на различных этапах развития растений, что требует обеспечения сбалансированности минерального питания макро и микроэлементами в критические фазы роста и развития, когда наблюдается повышенная потребность в определенном соотношении микроэлементов [1, 4, 7]. Проведение листовых подкормок может стать решающим приемом в процессе формирования урожая, позволяя повысить эффективность использования минеральных удобрений за счет активизации метаболизма растений.

Сегодня на рынке представлено большое разнообразие препаратов, содержащих в своем составе различные наборы микроэлементов, но вопрос по их агрономической эффективности на посевах томата представляет научно-практический интерес и требует изучения [1, 12].

Цель исследований

Определить эффективность применения комплексных удобрений Бион Интеллект «Томат» и Зеромикс 3000 ppm в виде некорневой подкормки на посадках томата.

Материалы и методы

Научно-исследовательская работа выполнялась на опытно-производственном участке отдела овощекртофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» пос. Белозерный. Исследовательская работа проводилась в соответствии с «Методикой полевого опыта в овощеводстве» С.С. Литвинова [10]. Агротехнические мероприятия проводились согласно рекомендациям по выращиванию овощных культур [11]. Статистическая обработка результатов опытов проводилась методами математической статистики [12].

Опыты закладывали на семеноводческих посевах томата сорта Рокер. Сорт среднеспелый, вегетационный период от всходов до начала созревания 110-115 дней. Растение детерминантное, куст компактный, хорошо облиственный. Плоды овальной формы, плотные, массой 90-100 г с прочной кожицей и плодоножкой без сочленения. Предназначен для потребления в свежем виде, цельноплодного консервирования и переработки на то-

матопродукты. Пригоден для одноразовой уборки и редких сборов [11].

Для изучения влияния некорневых подкормок на продуктивность был заложен полевой опыт по следующей схеме: 1. контроль – без листовых подкормок; 2. листовые подкормки удобрением Бион-Интеллект «Томат» 0,1 л/га (6-ти кратное опрыскивание проводились со следующей периодичностью: 3-4 настоящих листа; начало цветения; при формировании 1-2 цветочных кистей; 3-4 кисти; 5-6 кисти; 7-8 кисти); 3. Зеромикс 3000 ppm 0,3 л/га + Маджестик 0,15 л/га (3-х кратная обработка).

На опытном участке перед посевом рассады было внесено минеральное удобрение нитроаммофоска в основной прием, которое вносилось локально в борозды за день до высадки рассады в дозе – $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Изучаемые комплексные удобрения вносили на опытные делянки в виде некорневой подкормки ранцевым опрыскивателем с расходом рабочей жидкости 150 л/га согласно схеме опыта.

Комплексным удобрением Бион-Интеллект «Томат» опрыскивали растения шесть раз за вегетацию: после высадки рассады (01 мая); в начале цветения (18 мая); массовое цветение и формирование боковых побегов (05 июня); завязывание и налив плодов на главном стебле (19 июня); завязывание и налив плодов на боковых побегах (08 июля); начало созревания плодов (21 июля).

Комплексное удобрение Зеромикс 3000 ppm было внесено согласно схемы опыта.

В течение вегетации на делянках опыта проводили фенологические наблюдения: отмечали даты посева, всходов, высадки рассады, цветения, начала и массового созревания плодов, уборки урожая. При уборке определяли массу товарных зрелых плодов на делянке, среднюю массу плода, количество кистей и плодов на растении [10].

В каждом варианте опыта площадь учетной делянки составляла 30 м². Повторность – трехкратная. Общая площадь под опытами на томате – 270 м². Размещение делянок систематическое. Предшественник – бахчевые культуры. Способ выращивания рассады – кассетный. Выращивание рассады проводилось в пленочной теплице с аварийным обогревом. Для выращивания рассады применяли кассеты, посев семян провели 19 марта, глубина заделки 1,5-2 см. Всходы были получены 31 марта. Подкормку рассады проводили через каждые 7-10 дней комплексным удобрением «Terraflex» – 20 г/10 л. Высадка рассады в открытый грунт – 29 апреля. Схема посадки рассады ленточная – (90+50) x 35 см, количество растений – 41 ± 5 тыс. шт./га. Орошение на опыте производилось с использованием капельной системы полива.

Через две недели после высадки рассады проводили обработку посадок баковой смесью препаратов: Циркон – 50 мл/га; Конфидор – 125 мл/га.

Против вредителей и болезней применяли препараты: Кунфу супер – 100 мл/га, Ордан – 3 кг/га, Борей – 200 мл/га, Танос – 0,5 кг/га, Редомил Голд – 2,5 кг/га. Против бактериальной и вирусной инфекции применяли Формайод – 0,3 л/га и Фитолавин – 1,5 л/га. Проведено четыре опрыскивания в следующие даты: 18.05; 04.06; 16.06 и 29.06.

Работы на опытном поле по уходу за растениями проводились в оптимальные агротехнические сроки согласно рекомендациям по выращиванию томата [12].

В период массового плодообразования – начала созревания плодов неоднократно проводили визуальную оценку изучаемого материала. При этом фиксировали степень и динамику поражения посадок вирусными и грибковыми заболеваниями. Учет урожая проводили весовым методом [10].

По основным климатическим факторам, определяющим условия роста и развития сельскохозяйственных культур, район расположения опытного участка характеризуется умеренно-континентальным климатом (КУ–0,35), достаточно теплым. Продолжительность солнечного сияния около 2000 ч в год. Сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период составляет 3400–3600 °С, что является положительным свойством климата, позволяющим выращивать целый ряд теплолюбивых сельскохозяйственных культур в том числе томаты [2, 3].

Погодные условия периода вегетации томата в 2020 году были экстремальными. Они имели скачкообразный характер: сильное пересыхание почвы в начальный период в сочетании с высокими температурами сменялась прохладным дождливым периодом; высокая температура воздуха во время цветения сменялась низкой в период налива и созревания плодов. Обильное выпадение осадков 21–22 июля, сопровождающееся шквалистым ветром и градом нанесли урон посадкам томата (посадки в течение двух суток были затоплены водой, были отбиты листья, побиты стебли и плоды, поломаны верхушки растений) (рис.1). Размер кристаллов

льда достигал 3–4 см в диаметре. При массовом повреждении потери составили 26–35 %. Переизбыток влаги в почве дал толчок к растрескиванию плодов и дальнейшему их загниванию, увеличив тем самым количество нетоварных плодов и уменьшив фактическую урожайность. При таких потерях было экономически не целесообразно начинать уборку при наличии 75 % поспевших плодов на кусте. Было принято решение начать уборку раньше и провести ее в два срока.



Рисунок 1. Повреждение растений томата после прохождения ливневого дождя и града.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что обработка растений препаратами Бион-Интеллект «Томат» и Зеромикс 3000 не влияет на сроки и продолжительность прохождения фаз вегетации у томата сорта Рокер (цветение наступило 15 мая в обоих вариантах, а начало созревания 02–03 июля), но при этом влияет на рост и плодообразование растений (табл.1).

Применение комплексных удобрений способствовало увеличению главного стебля на 10 – 19 %, боковых побегов – 7 – 32 % и массы плодов – 23 – 49 % к контролю.

Таблица 1. Биометрические показатели томата при некорневой подкормки

Вариант	Длина главного стебля, см	Количество			Средняя масса плода, г
		боковых побегов, шт.	кистей, шт.	плодов, шт.	
Контроль	46	7,0	13,8	25,0	47,7
Бион-Интеллект «Томат»	51	7,5	12,7	23,3	59,1
Зеромикс 3000	55	9,3	14,3	24,0	71,5
НСП ₀₅	3,4	0,15	0,32	0,52	7,06

В результате увеличения средней массы плодов, повышалась продуктивность растений и урожайность томата (табл. 2).

Надо отметить, что в результате 2-х стрессовых факторов: градобоя и сильного переувлаж-

нения почвы в июле увеличилось количество нетоварной продукции (наблюдалось сильное растрескивание плодов и дальнейшее их загнивание). Это в целом негативно повлияло на урожайность томата, которая составила 33,37 т/га,

в контрольном варианте. Применение изучаемых комплексных удобрений позволило активизировать ростовые процессы за счет перераспределения ассимилятов. Их влияние отразилось на

увеличении массы плодов, что повлияло на повышение продуктивности растений на 0,30 – 0,60 кг/раст. и урожайности на 5,05 – 8,86 т/га по сравнению с контролем.

Таблица 2. Продуктивность и урожайность томата при некорневой подкормки

Вариант	Продуктивность растения кг	Урожайность		
		т/га	прибавка	
			т/га	%
Контроль	0,8	33,37	-	-
Бион-Интеллект «Томат»	1,1	38,42	5,05	15,0
Зеромикс 3000	1,4	42,23	8,86	26,0
НСР ₀₅		3,671		

При фитопатологическом обследовании посадок томата установлено, что наиболее вредоносным заболеванием в текущем году был фитофтороз южный, а также вирусные болезни, подавляющие ассимиляционную и генеративную деятельность растений в наиболее важный период – цветения и налива плодов. Отмечалось также проявление альтернариоза. Из вирусных болезней преобладал вирус мозаики томата. Своевременная обработка

посадок томата фунгицидами сдержала распространение фитофтороза.

Фитопатологическое обследование посадок томата показало, что обработка вегетирующих растений комплексными удобрениями не оказала существенного влияния на распространение вирусов, но в начальный период заражения фитофторозом сдерживала его распространение (табл. 3).

Таблица 3. Фитосанитарная оценка и динамика распространения заболеваний на посадках томата сорта Рокер

Вариант	Степень развития фитофтороза, %		Распространенность вирусов	
	22.06.2020 г.	07.07.2020 г.	22.06.2020 г.	07.07.2020 г.
Контроль	6	15	слабая	слабая
Бион-Интеллект «Томат»	4	15	слабая	слабая
Зеромикс 3000	2	15	слабая	слабая

Качество плодов не в последнюю очередь зависит от биохимических показателей. Содержание сухого вещества в плодах томата колебалось в пределах 4,34-5,31%, кислотность 0,36-0,42 % (табл. 4).

Выявлена зависимость накопления в плодах сахара и аскорбиновой кислоты от применения

препаратов Бион-Интеллект «Томат» и Зеромикс 3000, так на контроле содержание сахара 1,53 %, аскорбиновой кислоты 24,45 мг/100 г, а на вариантах с применением удобрений сахара 1,84-2,38 %, аскорбиновой кислоты 29,11-34,34 мг/100 г.

Таблица 4. Результаты биохимического анализа плодов томата

Вариант	Содержание в плодах					
	Сухого вещества, %	Общего сахара, %	Моно-сахара, %	Ди-сахара, %	Кислотность, %	Аскорбиновой кислоты, мг/100 г
Контроль	4,46	1,53	1,45	0,08	0,42	24,45
Бион-Интеллект «Томат»	4,34	1,84	1,82	0,02	0,39	29,11
Зеромикс 3000	5,31	2,38	2,21	0,18	0,36	34,34

Выводы

Проведение некорневой подкормки комплексными удобрениями Бион-Интеллект «Томат» и Зеромикс 3000 ррт в разные фазы роста растений томата способствовало повышению длины главного стебля (10-19 %), количеству боковых побегов (7-32 %), массы плодов (23-49 %) и уро-

жайности томатов (15-26 %) по сравнению с контролем.

Применение комплексных удобрений оказало положительное влияние на биохимические показатели: содержание общего сахара 1,84-2,38 % (1,53 % на контроле); аскорбиновой кислоты 29,11-34,34 мг/100 г (24,45 мг/100 г на контроле).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиш, Р.А. Овощеводство юга России: учебник / Р.А. Гиш, Г.С. Гикало. – Краснодар; ЭДВИ, 2012. – 632 с.
2. Система земледелия Краснодарского края на аэроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – 352 с.
3. Тюрин, В.Н. Агроландшафтные системы Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: территориальная организация, продуктивность, устойчивость: монография / В.Н. Тюрин, А.А. Мищенко, Л.А. Морева; под ред. В.Н. Тюрина. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2016. – 236 с.
4. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2013. – 271 с.
5. Аутко, А.А. В мире овощей / А.А. Аутко. – Минск, УП «Технопринт», 2004. – 568 с.
6. Обзор рынка томатов в России. – Режим доступа: <http://openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-tomatov-v-rossii> (дата обращения: 03.02.2021).
7. Котов, В.П. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур: учебное пособие / Котов, В.П., Андрицкая Н.А., Завьялова Т.И. – СПб.: Лань, 2010. – 122 с.
8. Nurzyński, J. The nutrient content on substratum and leaves of greenhouse tomato / Nurzyński J., Jarosz Z. // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 11(6), 2012. – №11(6). – С. 35-45
9. Nurzyński, J. Zmiany zawartości N, P, K, Ca, Mg w podłożach i w liściach pomidora w okresie wegetacji / Nurzyński J., Kalbarczyk M., Nowak L. // Roczn. AR Pozn. CCCLVI, Ogrodn. 37, 2004. – № 37. – С. 167 - 172
10. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М: 2011. – 648 с.
11. Грушанин, А.И. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани / Грушанин А.И., Есаулова Л.В., Бут Н.Н. – Краснодар, 2016. – 35 с.
12. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 703 с.

REFERENCES

1. Gish, R.A. Vegetable growing of the south of Russia: textbook / R.A. Gish, G.S. Gikalo. – Krasnodar; EDWI, 2012. – 632 p.
2. The system of agriculture of the Krasnodar Territory on an aerolandscape basis. – Krasnodar, 2015. – 352 p.
3. Tyurin, V.N. Agrolandscape systems of the Northwestern Caucasus and Ciscaucasia: territorial organization, productivity, sustainability: monograph / V.N. Tyurin, A.A. Mishchenko, L.A. Moreva; ed. V.N. Tyurin. – Krasnodar: Kuban state. un-t, 2016. – 236 p.
4. Sheujen, A.Kh. Agrochemical basis for the use of fertilizers / A.Kh. Sheujen, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – Maikop: JSC Polygraph-Yug, 2013. – 271 p.
5. Autko, A.A. In the world of vegetables / A.A. Autko. – Minsk, Unitary Enterprise “Technoprint”, 2004. – 568 p.
6. Review of the tomato market in Russia. – Access mode: <http://openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-tomatov-v-rossii> (date of access: 03.02.2021).
7. Kotov, V.P. Biological bases of obtaining high yields of vegetable crops: textbook / Kotov, V.P., Andrikskaya N.A., Zavyalova T.I. – SPb.: Lan, 2010. – 122 p.
8. Nurzyński, J. The nutrient content on substratum and leaves of greenhouse tomato / Nurzyński J., Jarosz Z. // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 11 (6), 2012. – №11(6). – P. 35-45
9. Nurzyński, J. Zmiany zawartości N, P, K, Ca, Mg w podłożach i w liściach pomidora w okresie wegetacji / Nurzyński J., Kalbarczyk M., Nowak L. // Roczn. AR Pozn. CCCLVI, Ogrodn. 37, 2004. – № 37. – P. 167 - 172
10. Litvinov, S.S. Field experiment technique in vegetable growing. – M: 2011. – 648 p.
11. Grushanin, A.I. Technology of growing tomatoes in open ground in the Kuban / Grushanin A.I., Esaulova L.V., But N.N. – Krasnodar, 2016. – 35 p.
12. Sheujen, A.Kh. Agrochemical research methodology and statistical evaluation of results: textbook. allowance. 2nd ed. revised and add. / A.Kh. Sheujen, T.N. Bondareva. – Krasnodar: KubSAU, 2015. – 703 p.

Виталий Николаевич Чижиков

Заведующий лабораторией агрохимии и почвоведения
E-mail: agrohimi-vt@yandex.ru

Ирина Викторовна Козлова

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

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»,
350931, Россия, Краснодар,
пос. Белозёрный, 3 Россия

Vitaliy Nikolaevich Chizhikov

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

Irina Viktorovna Kozlova

Research associate of the Department
E-mail: k.irina1967@mail.ru

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

DOI 10.33775/1684-2464-2021-51-2-95-100
УДК: 631.52:635.34

С.В. Королева, канд. с.-х. наук,
О.Г. Пистун,
Н.В.Полякова,
г. Краснодар, Россия

ЛЕЖКОСТЬ ГИБРИДОВ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

При создании гибридов позднего срока созревания для юга России, где условия возделывания сопровождаются высокими температурами и коротким световым днем, особую важность приобретают гибриды, сочетающие жаростойкость, высокую урожайность и хорошую лежкость (сохраняемость) в течение 5-6 месяцев хранения. Лучшие результаты по хранению получают в контролируемых условиях в холодильной камере при температуре от 0°C до +1°C. В связи с тем, что капуста в мелких хозяйствах хранится не в регулируемых условиях, что приводит к потере продукции, было важно провести оценку гибридов по признаку сохранности в подобных условиях. Опыт закладывали в 2019 и 2020 гг. Срок хранения в холодильной камере с активной вентиляцией при температуре 3-5°C составил 4 месяца. В первый год исследований было протестировано 8 перспективных гибридов, во второй – 5. Данный режим хранения кочанов белокочанной капусты позволил сохранить продукцию на 51,0 - 73,3 %, в зависимости от генотипа. Стандарт Доминанта показал лежкость на уровне 53,4-64,1 %, перспективный гибрид (Гес1х Хн861) - на уровне 57,4-63,3 %. Во второй год исследований выделился гибрид (Гес1 хТран1), сохранившийся на 73,3 % и имеющий хороший товарный вид кочанов после зачистки. Для более объективной характеристики лежкости перспективных комбинаций необходимо провести оценку при оптимальном режиме хранения в диапазоне от 0°C до +1°C.

Ключевые слова: капуста белокочанная, гибриды F_1 , лежкость

STORABILITY OF WHITE CABBAGE HYBRIDS UNDER CONTROLLED CONDITIONS AT INCREASED TEMPERATURE

When developing late-ripening white cabbage hybrids for the south of Russia, where cultivation conditions are accompanied by high temperatures and short daylight hours, specimens combining heat resistance, high yield and good storability (persistence) for 5-6 months are of particular importance. The best storage results are obtained under controlled conditions in a refrigerator at temperatures from 0°C to + 1°C. Due to the fact that cabbage in small farms is not stored under regulated conditions, which leads to a loss of production, it was important for us to assess the hybrids for the safety characteristic in such conditions. The experiment was laid in 2019 and 2020. Shelf life in a refrigerating chamber with active ventilation at a temperature of 3-5°C was 4 months. In the first year of research, 8 promising hybrids were tested, in the second - 5. This mode of storage of cabbage heads allowed to preserve production by 51.0-73.3 %, depending on the genotype. The Dominant standard showed storability at the level of 53.4-64.1 %, the promising hybrid (Ges1x Xn861) - at the level of 57.4-63.3 %. In the second year of research, a hybrid (Ges1 xTran1) stood out, preserved by 73.3 % and having a good presentation of the heads of cabbage after stripping. For a more objective characterization of storability of promising combinations, it is necessary to assess with an optimal storage regime in the range from 0°C to + 1°C.

Key words: white cabbage, F_1 hybrids, storability, storage

Введение

Капуста белокочанная (*Brassica oleracea* L.) является для России основной культурой и важнейшим источником антиоксидантов и витаминов, доступных в течение всего года. Из рекомендуемой Институтом питания РАН общей среднегодовой нормы потребления овощей 122 кг на капусту приходится 27,5 кг. Из них 23,7 кг - на белокочанную, 2,5 кг - на цветную и 1,3 кг - на краснокочанную, савойскую, брюссельскую, кольраби и др. Высокое содержание витамина С хорошо сохраняется при длительном хранении позднеспелых сортов [3]. Благодаря

этому капуста ценна в питании, ее доля в рационе в настоящее время доходит до 25-30 % всех овощей. Особенно широко она возделывается в странах с умеренно-прохладным климатом, где под ней занято 50 % и более овощного поля. Распространенность капусты объясняется высокой урожайностью, хорошей транспортабельностью и способностью кочанов долго сохраняться в свежем виде. За последнее десятилетие сортимент капусты в мире значительно обновился [11]. Селекционно-семеноводческие фирмы Голландии, Японии, России создали целые сортотипы высокоурожайных гибри-

дов F1 разных сроков созревания и назначения – от ультраскороспелых до очень позднеспелых, предназначенных, как для потребления в свежем виде, так и для квашения, длительного хранения. И все же во многих странах проблема круглогодичного снабжения населения свежей капустой и продуктами ее переработки остается нерешенной [12, 13]. Для круглогодичного обеспечения населения продукцией этой культуры важно не только получить высокий урожай, но и сохранить его с минимальными потерями товарных и питательных качеств [8, 15]. Продукция, предназначенная на длительный срок хранения, должна выращиваться в соответствии с рекомендациями для предоставленной зоны. Требования к лежким гибридам очень высокие, в связи с тем, что эта группа занимает основные площади в товарном производстве по РФ. Для южных регионов с высокими температурами и коротким световым днем, особую важность имеют жаростойкие гибриды [3, 9]. В связи с тем, что капуста в мелких фермерских хозяйствах хранится не в специализированных условиях, и режим хранения не выдерживается, что приводит к потере продукции, было важно провести оценку гибридов по признаку сохранности в подобных условиях. Обязательным условием, в свете современных требований к выращиваемому сортименту белокочанной капусты, является устойчивость к поражению табачным трипсом, сосудистым бактериозом и фузариозом [4]. Повышенная лежкость или высокая сохраняемость кочанов в определенных условиях без потерь в массе при хранении определяется рядом ее биологических особенностей, которые характерны для сортипта лангендейская, на базе которого получены лежкие гибриды. Они выделяются длительным периодом покоя кочанов, высокой их лежкостью при зимнем хранении [1]. Кочаны очень плотные, с высоким содержанием сухого вещества, сахаров, сырого белка, аскорбиновой кислоты. Глубокое влияние различных факторов на результаты хранения и естественную убыль массы, использование приемов, снижающих ее, дают возможность управлять качеством, снижением потерь ценной продукции, что обеспечивает повышение эффективности хранения [8]. При длительном хранении позднеспелых гибридов белокочанной капусты степень пигментации листьев уменьшается (кочаны отбеливаются), и устойчивость к болезням снижается. У гибридов с большим количеством зеленых кочанных листьев (10-12) «отбеливание» протекает медленнее и лежкость лучше [10]. У лежких образцов толщина клеточных стенок паренхимной ткани листьев значительно больше, чем у не лежких, что обуславливается сохранностью сухих веществ и целлюлозы [16].

Оптимальная температура для хранения 0-1°C, при данной температуре лежкие гибриды хранятся до 6-7 месяцев и теряют в массе не более 10 % [7, 14]. Хранение при более высокой температуре

повышает метаболизм в кочанах и снижает выход товарной продукции.

Приступают к уборке лежкой капусты, когда ночные температуры опускаются не ниже -2°C, при более низких температурах -5 и -7°C наблюдается промерзание кочанов, что в дальнейшем делает ее не пригодной для хранения.

Особые требования предъявляются к продукции, закладываемой на хранение. Следует учитывать, что при уборке капусты нельзя удалять зеленые, плотно прилегающие наружные кроющие листья кочана, так как они являются естественной защитой кочана от болезней.

Во время выращивания капусты необходимо учитывать технологические элементы, которые влияют на качество продукции и, соответственно, на ее сохранность. Одним из главных требований является выравненность и средний размер кочанов, это обусловлено тем, что мелкие кочаны при длительном хранении теряют до 10 % от массы, а крупные кочаны имеют свойство растрескиваться [17]. Зачистка кочанов «добела» при закладке на хранение не рекомендуется, так как перед реализацией убирается часть товарных листьев. Поэтому, следует оставлять 4-6 плотно прилегающих зеленых кроющих листьев, кочерыгу 2-3 см, а иногда и розеточные листья, что защитит кочан от механических повреждений и микробиологической порчи, а часть пластических веществ поступит из них в кочан [5].

Для подбора сортов и гибридов следует учитывать положение зоны выращивания капусты. При создании селекционерами лежких гибридов на юге ставится задача расширения южного сортипта среднепозднего-позднего сроков созревания за счет гибридов, адаптированных к высоким температурам и обладающих комплексной устойчивостью к наиболее опасным болезням и вредителям.

Цель исследований

Провести оценку перспективных гибридов на лежкость в течение 4-х месяцев хранения при температуре 3-5°C.

В связи с тем, что капуста в мелких фермерских хозяйствах хранится не в регулируемых условиях, что приводит к потере продукции, было важно провести оценку гибридов по признаку сохранности в условиях не соответствующих оптимальным. Обязательным условием, в свете современных требований к выращиваемому сортименту белокочанной капусты, является устойчивость к поражению табачным трипсом, сосудистым бактериозом и фузариозом.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2019 и 2020 годах. Образцы гибридов капусты были получены на опытных участках ФГБНУ «ФНЦ риса». Полевые опыты проводились в соответствии с рекомендациями по капусте белокочанной, разработанными в ГНУ КНИИОКХ. Способ выращивания – через

рассаду в открытом грунте. Посев в 1 декаде мая в кассету № 96. Высадка рассады в возрасте 30 дней в грунт 13-15 мая. Способ орошения – капельный полив. Схема посадки в поле – (90+50) / 2х50 см. Основное удобрение вносили под весеннюю культивацию в дозе 100 кг по д.в. NPK, азотное удобрение – в виде аммиачной селитры вносили при посадке из расчета 70 кг N по д.в.

Погодные условия в первый и второй годы выращивания имели свои особенности, что неоднозначно повлияло на массу кочанов, закладываемых на хранение. В период уборки в 3-й декаде октября температура воздуха была выше рекомендуемой, перед закладкой на хранение кочаны взвешивали и закладывали в двукратной повторности по 5 шт. в холодильную камеру, температура поддерживалась в диапазоне 2-5°C, поэтому сравнительная оценка сохранности кочанов была проведена после 4-х месяцев хранения. В период вегетации растений проводили фенологические наблюдения по основным фазам: единичные и массовые всходы, начало «завивки» кочана, единичная и массовая техническая спелость. При уборке, были проведены учеты на повреждение вредителями, в частности, табачным трипсом. Высадка в поле – 13 и 15 июня, в двукратной повторности. Рассадку позднеспелых гибридов выращивали в кассетах № 96. Схема посадки в поле – (90+50) / 2х50 см. Предпосевное удобрение (нитроаммофоску) вносили под весеннюю культивацию из расчета 100 кг по д.в., аммиачную селитру вносили в рядки из расчета – 200 кг/га или 70 кг N по д.в. В период вегетации была проведена подкормка через капельный полив из расчета 10 кг N по д.в. Температура в период уборки в первый и второй год исследования была выше на 7-10°C, чем рекомендуется. Срезанные кочаны взвешивали и закладывали в двукратной повторности по 5 шт. в холодильную камеру, температура поддерживалась в диапазоне 3-5°C, поэтому сравнительная оценка сохранности кочанов была проведена после 4-х месяцев хранения. Убыль массы определяли методом фиксированных проб. Пробы взвешивали при закладке на хранение и снятии с хранения, в результате по разности веса определяли процент убыли. Для определения отходов при анализе кочаны зачищали от поврежденных листьев и взвешивали. Убыль массы и отходы при зачистке составляли общие потери. По полученным данным определяли срок хранения и процент лежкости каждого гибрида за время хранения (от массы при укладке и снятии с хранения). Полученные данные обрабатывали статистически [2].

В качестве стандарта был взят лежкий гибрид F1 Доминанта селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева.

Результаты и обсуждение

В 2019 году погодные условия при выращивании поздней капусты были относительно благоприятными, этому способствовали регулярно выпадающие осадки в летний период, более низкая температура

в июле – сентябре по сравнению с предыдущими годами. На данном фоне гибриды показали потенциальную продуктивность. С другой стороны, высокая вредоносность капустной моли и табачного трипса позволила оценить устойчивость к вредителям.

В 2020 году погодные условия при выращивании поздней капусты были менее благоприятными, чем в 2019 году, когда на лучших образцах получили урожайность более 100 т/га. Очень высокая температура в начале вегетации в июне – июле по декадам в пределах 24,9-27,9°C привела к задержке роста и формирования розетки листьев, кроме того, повреждение листового аппарата градом, также задержало начало формирования кочанов, увеличило продолжительность вегетационного периода и, на до полагать, отрицательно повлияло на массу кочана и урожайность.

Гибриды сравнивали с высоко урожайным на юге гибридом Доминанта F₁. Надо отметить, что гибрид Доминанта F₁ слабо поражается трипсом и в отдельные благоприятные годы формирует довольно крупные кочаны 3-3,5 кг, что отвечает требованиям торговых сетей.

Результаты исследований показали, что убыль массы у 6 гибридов из 8 была на уровне стандарта и варьировала в пределах 18,2 – 22,8 % , 2 гибрида имели более высокие значения 28,1-30,9 %, что указывает на более интенсивные процессы метаболизма у последних (табл. 1).

На отход при зачистке оказывают влияние несколько факторов, в том числе, скорость отбеливания кочанов, толщина внешних листьев, также поражение болезнями при хранении, наличие трипса в кочанах и степень повреждения данным вредителем. Из таблицы следует, большинство гибридов имели более низкий отход при зачистке (18,5-22,4 %), чем стандарт (32,4 %), и только два гибрида приблизились к стандарту по этому показателю – №№ 143, 152.

В связи с тем, что температура была выше рекомендуемой для хранения, показатель лежкости в опыте варьировал по гибридам в интервале от 51 до 66 % при лежкости стандарта 53,4 %. При этом, 7 гибридов имело существенное превышение над стандартом, а гибрид № 143 уступал стандарту. Самые высокие показатели лежкости, свыше 60 % имели 4 гибрида: №№ 112, 156, 157, 140.

Содержание сухого вещества в изучаемых гибридах капусты различалось. Больше всего сухого вещества накапливалось в комбинации (270 Хн1ф111-2-х Пар3п221-2) – 9,2 %, что было выше, чем у стандарта Доминанта F₁, но в то же время этот гибрид показал самую низкую лежкость в опыте, это еще раз подтверждает зависимость лежкости гибридов от многих факторов.

В 2020 году на хранение было заложено 5 перспективных гибридов. Из таблиц 1, 2 следует, что содержание сухого вещества в этот год у стандарта и (Гес1х Хн861) было ниже, чем в 2019 году.

Таблица 1. Оценка лежкости гибридов после 4-х месяцев хранения, 2019-2020 гг.

Название гибрида, номер	Масса до хранения, кг	После хранения		После зачистки		Общие потери, %	Лежкость, %	Сухое вещество, %	Прибавка к St
		масса кг	Убыль массы, %,	Масса, кг	Потери, %				
Пар3п 221хЯс111(112)	18,7	14,6	22,2	11,9	18,5	36,4	63,6	8,5	10,2
Гес1х Хн861(156)	18,8	14,8	21,3	11,9	19,5	36,7	63,3	8,2	9,9
Пар 3п212 х Тен 4-272(117)	19,3	13,3	30,9	10,9	19,0	43,5	56,5	8,0	3,1
270Хн1ф111х Пар3п22(143)	16,8	12,1	28,1	8,6	28,9	49,0	51,0	9,2	-2,4
Гес1х270Хн111(157)	20,2	16,6	18,2	13,4	19,3	34,0	66,0	8,2	12,6
Гес1хАгр82(152)	21,1	17,1	18,8	12,1	29,1	42,7	57,3	7,8	3,9
270Хн1ф111х Агрф2(145)	16,2	12,5	22,8	9,6	22,4	40,8	59,2	8,5	5,8
2704аХн111х Агр82(140)	18,6	15,0	19,6	11,9	20,7	36,0	64,0	7,5	10,6
Доминанта, ст	13,7	10,8	21,0	7,3	32,4	46,6	53,4	8,1	-
НСР _{0,5}									2,15

Таблица 2. Оценка лежкости гибридов после 4-х месяцев хранения, 2020-2021 гг.

Название гибрида	Масса до хранения, кг	После хранения		После зачистки		Общие потери, %	Сухое вещество, %		Лежкость, %	Прибавка к St, %
		Масса, кг	Убыль массы, %	Масса, кг	Потери, %		До хранения	После хранения		
Агр82хЮби122	13,6	10,4	23,5	8,9	14,4	34,6	7,0	9,7	65,4	1,3
Бс1фхБр272-21-1	18,4	13,0	29,4	10,7	17,7	41,8	6,0	8,7	58,2	-5,9
Гес1х Хн861	17,6	15,2	13,6	10,1	33,5	42,6	7,3	8,5	57,4	-6,7
Гес1 хТран1	12,0	10,2	15,0	8,8	13,7	26,7	7,5	8,4	73,3	9,2
Гес1хЮби122	14,5	10,2	29,7	7,9	22,5	45,5	7,8	9,3	54,5	-9,6
Доминанта, ст.	14,5	11,0	24,1	9,3	15,5	35,9	7,7	9,5	64,1	-
НСР _{0,5}									5,3	

После хранения содержание сухого вещества увеличилось на 0,9-2,7 %, это было связано с активной вентиляцией в камере, что привело к потере влаги кочана. Минимальная убыль массы, как видно из результатов, 13,6-15,0 % отмечается по двум гибридам (Гес1х Хн861), (Гес1 хТран1), однако, для первого гибрида потери массы при зачистке были максимальными по опыту, а для второго минимальными, что определило разный уровень их лежкости. В итоге, гибрид (Гес1 хТран1) показал самые высокие результаты - 73,3 % и существенно превысил стандарт, гибрид (Агр82хЮби122) был на уровне стандарта, а 3 гибрида существенно уступили стандарту (табл. 2).

В период хранения наибольшую потерянную массу составили подсушенные верхние кроющие листья, которые были вызваны повышенной температурой в хранилище - до 5 °С и снижением относительной влажности воздуха из-за активной вен-

тиляции. В данных условиях лучше сохранялись кочаны с более толстым листом.

Выводы

Режим хранения кочанов белокочанной капусты в холодильной камере с активной вентиляцией при температуре 3-5°С в течение 4-х месяцев позволил сохранить продукцию на 51,0-73,3 %, в зависимости от генотипа.

Содержание сухого вещества в кочанах в процессе хранения увеличилось на 0,9-2,7 %. Стандарт Доминанта показал лежкость на уровне 53,4-64,1 %, перспективный гибрид (Гес1х Хн861) - на уровне 57,4-63,3 %.

Во второй год исследований выделился гибрид (Гес1 хТран1), сохранившийся на 73,3 % и имеющий хороший товарный вид кочанов после зачистки.

Для более объективной характеристики лежкости перспективных комбинаций необходимо провести оценку при оптимальном режиме хранения в диапазоне от 0°С до +1°С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов, В.А. и др. Технология возделывания и хранения новых сортов и гибридов овощных культур (Рекомендации). – М., 2004. – 45 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. 5-е изд., доп. и перераб. – Б.А. Доспехов.-М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
3. Иваненко, А.С. Теоретические основы и технология хранения овощей и плодов /А.С. Иваненко. – Тюмень, 2007. – 276 с
4. Королева, С.В. Особенности селекции капусты белокочанной для юга РФ в свете современных требований / С.В. Королева //Овощи России. – 2014.- №4. – С. 52-56.
5. Крашенинник, Н.В. Что важно знать при уборке овощных культур / Н.В. Крашенинник // Картофель и овощи. – 2013. - №8. - С.9-11.
6. Лизгунова, Т.В. Культурная флора СССР. Т. X1. Капуста. Л.:Колос. Ленингр. отд.-ние. - 1984. - 328 с.
1. Литвинов, С.С. Хранение белокочанной капусты / С.С. Литвинов, А.В. Романова, М.В. Шатилов // Картофель и овощи. – 2014. – №1. – С.26-28.
7. Минаков, И.А. Экономика сельского хозяйства. – М.: Колос. – 2000. – 328с.
8. Полегаев, В.И. Технология хранения кочанов в виде вырезанных сердцевин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии (Российская Федерация). – 1993.
9. Шпак, Л.И. Лежкие гетерозисные гибриды капусты в Молдове / Л.И. Шпак, Г.Ф. Монахос // Картофель и овощи. - 2013. - №8. - С. 29-31.
10. Han, G.J. Changes in the quality characteristics of storing time of *Aralia continentalis* Kitagawa Kimchi / G.J. Han, M.S. Jang // Korean journal of food and cookery science. – 2006. – V. 22. – № 5. – P. 681-689.
11. Huang, C.C. A study on controlled atmosphere storage of cabbage with sealed plastic tent / C.C. Huang, H.S. Huang, C.Y. Tsai. – 2002.
12. Kumah, P. Cold storage: an option in reducing pesticide residue levels in cabbage (*Brassica oleracea*) heads / P. Kumah, P.K. Amoako, I. A. Idun //I nternational Symposium on Urban and Peri-Urban Horticulture in the Century of Cities: Lessons, Challenges, Opportunitites 1021. – 2010. – P. 427-432.
13. Prange, R.K. Controlled atmosphere and lighting effects on storage of winter cabbage / R.K. Prange, P. D. Lidster // Canadian Journal of Plant Science. – 1991. – V. 71. – №. 1. – P. 263-268.
14. Robinson, J. E. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits / J. E. Robinson, K.M. Browne, W. G. Burton // Annals of applied Biology. – 1975. – V. 81. – №. 3. – P. 399-408.
15. Shim, J.Y. Physicochemical Quality Changes in Chinese Cabbage with Storage Period and Temperature / J.Y. Shim, D.G. Kim, J.T. Park, L.M. Kandpal, S. Hong, B.K. Cho, W.H. Lee // Journal of Biosystems Engineering. - 2016. - 41(4). - 373–388. <https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.373>
2. Voća, Sandra Bioactive compounds, pigment content and antioxidant capacity of selected cabbage cultivars Ante / Sandra Voća, Šic Žlabur, Jana & Dobričević, Nadica & Benko, Bozidar & Pliestić, Stjepan & Filipović, Matea & Galić // Journal of Central European Agriculture. - 2018. - 19. – P. 593-606. 10.5513/JCEA01/19.3.2077.

REFERENCES

1. Borisov, V.A. et.al. Technology of cultivation and storage of new varieties and hybrids of vegetable crops (Recommendations). - M., 2004. - 45 p.
2. Armor, B.A. The methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. 5 th ed. and reslave B.A. Dospekhov.-M .: Agropromizdat, 1985.-351 p.
3. Ivanenko, A.S. Theoretical foundations and technology of storage of vegetables and fruits / A.S. Ivanenko. - Tyumen, 2007.- 276 p.
4. Koroleva, S.V. Features of white cabbage breeding for the south of the Russian Federation in the light of modern requirements / S.V. Koroleva // Vegetables of Russia. - 2014.- № 4. - P. 52-56.
5. Krasheninnik, N.V. What is important to know when harvesting vegetable crops / N.V. Krasheninnik // Potatoes and vegetables. – 2013.-№3. - P.9-11.
6. Lizgunova, T.V. Cultural flora of the USSR. V. X1. Cabbage. L.: Kolos. Leningrad department, 1984. - 328 p.
7. Litvinov, S.S. Storing white cabbage / S.S. Litvinov, A.V. Romanova, M.V. Shatilov // Potatoes and vegetables. - 2014. - № 1. - P. 26-28.
8. Minakov, I.A. Agricultural Economics. - M.: Kolos. - 2000. - 328p.
9. Polegaev, V.I. Technology of storing heads of cabbage in the form of cut cores // News of the Timiryazev Agricultural Academy (Russian Federation). - 1993.
10. Shpak, L.I. Storable heterotic cabbage hybrids in Moldova / L.I. Shpak, G.F. Monakhos // Potatoes and vegetables. -2013. - № 8 - P. 29-31
11. Han, G.J. Changes in the quality characteristics of storing time of *Aralia continentalis* Kitagawa Kimchi / G.J. Han, M.S. Jang // Korean journal of food and cookery science. – 2006. – V. 22. – № 5. – P. 681-689.
12. Huang, C.C. A study on controlled atmosphere storage of cabbage with sealed plastic tent / C.C. Huang, H.S. Huang, C.Y. Tsai. – 2002.
13. Kumah, P. Cold storage: an option in reducing pesticide residue levels in cabbage (*Brassica oleracea*) heads / P. Kumah, P.K. Amoako, I. A. Idun //I nternational Symposium on Urban and Peri-Urban Horticulture in the Century of Cities: Lessons, Challenges, Opportunitites 1021. – 2010. – P. 427-432.

14. Prange, R.K. Controlled atmosphere and lighting effects on storage of winter cabbage / R.K. Prange, P. D. Lidster // Canadian Journal of Plant Science. – 1991. – V. 71. – №. 1. – P. 263-268.
15. Robinson, J. E. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits / J. E. Robinson, K.M. Browne, W. G. Burton // Annals of applied Biology. – 1975. – V. 81. – №. 3. – P. 399-408.
16. Shim, J.Y. Physicochemical Quality Changes in Chinese Cabbage with Storage Period and Temperature / J.Y. Shim, D.G. Kim, J.T. Park, L.M. Kandpal, S. Hong, B.K. Cho, W.H. Lee // Journal of Biosystems Engineering. - 2016. - 41(4). - 373–388. <https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.373>
17. Voća, Sandra Bioactive compounds, pigment content and antioxidant capacity of selected cabbage cultivars Ante / Sandra Voća, Šic Žlabur, Jana & Dobričević, Nadica & Benko, Bozidar & Pliestić, Stjepan & Filipović, Matea & Galić // Journal of Central European Agriculture. - 2018. - 19. – P. 593-606. 10.5513/JCEA01/19.3.2077.

Светлана Викторовна Королева

Заведующая, ведущий научный сотрудник отдела
овощеводства
E-mail: agrotransfer@mail.ru

Svetlana Viktorovna Koroleva

Head of Vegeculture Growing Department,
Leading Researcher
E-mail: agrotransfer@mail.ru

Ольга Геннадьевна Пистун

Младший научный сотрудник отдела
овощеводства

Olga Gennadievna Pistun

Junior Researcher of Vegeculture
Growing Department

Нелли Владимировна Полякова

Младший научный сотрудник отдела
овощеводства

Nelli Vladimirovna Polyakova

Junior Researcher of Vegeculture
Growing Department

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

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

Подписано в печать
22.06.2021
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.