ИЗУЧЕНИЕ КИТАЙСКИХ ОБРАЗЦОВ РИСА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Е. В. Краснова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

А. В. Аксенов, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: p-kostylev@mail.ru

Рис – это важнейшая продовольственная культура на Земле. Выведение новых продуктивных сортов риса для условий юга России, и конкретно Ростовской области, возможно после тщательного изучения и использования в селекционной работе коллекционного материала из других регионов планеты. Генетическое сортовое разнообразие образцов из различных стран является основой для селекционных исследований, направленных на увеличение урожайности риса. Цель исследования состояла в изучении 15 коллекционных китайских образцов риса, анализе некоторых количественных признаков и отборе наилучших из них для селекции. Изучение образцов проводили в Пролетарском районе Ростовской области. Стандартами были взяты сорта Южанин и Боярин. В ходе изучения китайских образцов риса по морфо-биологическим признакам было установлено значительное разнообразие. Период вегетации от появления всходов до цветения растений колебался в пределах 85–130 дней; высота растений – от 63,3 до 101,7 см; длина метелок – от 15,7 до 21,7 см; масса 1000 зерен – от 16,3 до 34,0 г; число колосков на метелке – от 79 до 158 шт.; фертильность – от 86,8 до 98,3%. Установлена положительная корреляция высоты растений с длиной метелки, массой 1000 зерен, их количеством и массой на метелке, фертильностью. Масса зерна с метелки также коррелировала с этими признаками. Для селекционной работы были отобраны 6 образцов риса, хорошо вызревающих на юге Ростовской области: Ляонин 1, Ляонин 5, Ляонин 8, Ляонин 10, Ляонин 12 и Ляонин 15. Проведена гибридизация образцов с раннеспелым сортом Контакт.

Ключевые слова: рис, коллекция, сорт, источник, количественный признак, отбор.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Изучение китайских образцов риса в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68). С. 66–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-66-71.

THE STUDY OF CHINESE RICE SAMPLES UNDER THE CONDITIONS OF THE ROSTOV REGION

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

E. V. Krasnova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

A. V. Aksekov, agronomist of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: p-kostylev@mail.ru

Rice is the most important food crop on the Earth. The development of new productive rice varieties for the conditions of the south of Russia and specifically the Rostov region is possible after careful study and use of collection material from other regions of the planet in the breeding work. Genetic varietal diversity of samples from various countries is the basis for breeding study aimed at improving rice productivity. The purpose of the study was to study 15 collection Chinese rice samples, analyze some quantitative traits, and select the best ones for further breeding. The samples were studied in the Proletarsky district of the Rostov region. The varieties "Yuzhanin" and "Boyarin" were taken as the standard varieties. In the study of Chinese rice samples according to their morphological and biological traits there has been identified a significant diversity. The vegetation period "sprouting-flowering" ranged from 85–130 days; the trait "plant height" varied from 63.3 cm to 101.7 cm; the trait "length of a panicle" ranged from 15.7 to 21.7 cm; the trait "1000-kernel weight" varied from 16.3 to 34.0 g; the trait "number of spikelets per panicle" ranged from 79 to 158 pieces; the trait "fertility" was from 86.8 to 98.3%. There has been identified a positive correlation between "plant height" and length of a panicle, 1000-kernel weight, kernel number per panicle, and fertility. Kernel weight per panicle has also correlated with these traits. For future breeding work there have been selected 6 rice samples that could mature well in the south of the Rostov Region, namely "Lyaonin 1", "Lyaonin 5", "Lyaonin 8", "Lyaonin 10", "Lyaonin 12" and "Lyaonin 15". There has been carried out a hybridization of samples with the early ripening variety "Kontakt".

Keywords: rice, collection, variety, source, quantitative trait, selection.

Введение. Большая часть жителей планеты питается в основном рисом. Рис – это важнейшая продовольственная культура на Земле. Поскольку происходят климатические изменения, вызванные глобальным потеплением, быстро растет численность населения, а площади выращивания риса сокращаются из-за роста городов, недостаточное количество пищи стало большой проблемой для продовольственной безопасности. По выводам некоторых уче-

ных, суммарный мировой спрос на продовольственные продукты к 2025 г. увеличится на 50% (Khush, 2001). В 2019 г. мировое производство риса составило 499,3 млн т, что на 0,6 млн т ниже рекордного уровня в 2018 г. При этом на долю Китая приходится 146,7 млн т, около 30% от общего объема. Средняя урожайность в Китае составила около 6,5 т/га, что является одним из самых высоких показателей в Азии. В последнее время на повышение урожайности риса

повлияли два основных фактора: 1) улучшение габитуса растений (гены полукарликовости) и индекса урожайности; 2) гибридный гетерозис. Большое значение имеет и резистентность к стрессовым факторам среды (Xing and Zhang, 2010).

Богатейшее генетическое разнообразие сортов риса хранится в Национальном банке генов г. Шэньчжэнь (провинция Гуандун, Китай). Они несут потенциал высокой урожайности и толерантности к абиотическим и биотическим стрессорам, который можно использовать в селекционной работе. Китайские ученые более 30 лет сотрудничают с Международным научно-исследовательским институтом риса (IRRI, Филиппины), имеющим полиморфную мировую генетическую коллекцию риса (Rabara et al., 2015).

В результате партнерства в Китае было создано и внесено в реестр 49 сортов риса с высоким потенциалом урожайности риса и качества зерна. Коллекционный материал из других стран способствовал повышению устойчивости к болезням и насекомым-вредителям, в частности к пирикулярриозу, бурой и белоспинной цикадке и желтой рисовой огневке (Shi and Hu, 2017).

В России рис возделывается на общей площади более 200 тыс. га в таких регионах, как Северный Кавказ, Нижняя Волга, Дальний Восток. Ростовская область высевает рис на площади 14–15 тыс. га. Для этих зон нужно создавать раннеспелые урожайные сорта риса, устойчивые к неблагоприятным факторам и хорошо адаптированные к условиям среды. Для их создания необходимо привлекать разнообразные исходные образцы, являющиеся источниками и донорами нужных генов, что даст возможность более результативной селекционной работы.

Изучение мировой коллекции, поиск генетических источников хозяйственно-биологических признаков, выявление наиболее перспективных образцов и включение их в селекционный процесс позволяют ускорить решение проблемы (Игнатьев и др., 2019). Оценка исходного материала считается одним из важнейших звеньев селекционного процесса. Для определения ценности селекционных образцов их необходимо оценивать по большому количеству признаков (Кривошеев и др., 2019).

Поэтому увеличение урожайности риса с помощью селекционных программ, использующих разнообразный генетический фонд китайских сортов риса, является весьма актуальным и важным.

Цель работы – всестороннее изучение китайских образцов риса, оценка некоторых основных признаков и выделение лучших исходных форм для селекции толерантных к стрессорам урожайных сортов риса.

Материалы и методы исследований. В качестве изучаемого материала использовали 15 образцов риса, относящихся к подвиду *japonica*, из Провинциального научно-исследовательского института использования засоленных и щелочных земель провинции Ляонин (Китай), несущие гены солеустойчивости, резистентности к пирикулярриозу и др. Стандартами послужили сорта Боярин и Южанин. В работе были использованы методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники риса (2011). Образцы выращивали на полях ОП «Пролетарское» (Ростовская область) на однорядковых делянках длиной 2 м. Математическую обработку данных проводили по методике полевого опыта Б. А. Доспехова (2014).

Погодные условия 2018–2019 гг. характеризовались высокой суммой биологически активных температур – 3228–3535 °С и дефицитом осадков. Условия вегетации благоприятствовали росту, развитию и созреванию риса.

Результаты и их обсуждение. Изученные китайские образцы риса показали существенный полиморфизм ряда количественных признаков, таких как продолжительность вегетационного периода, высота растений, длина метелки, количество зерен в ней и их масса.

Время цветения является одним из важнейших агрономических признаков, ограничивающих созревание зерна и определяющих урожайность риса. У риса имеется два ключевых гена времени цветения – Hd1 и Ehd1, которые также контролируют развитие метелки (Endo-Higashi et al., 2011).

Все китайские образцы в условиях Пролетарска зацвели позже стандартов Боярин и Южанин, в основном в августе, а один – в сентябре. Жаркая погода способствовала созреванию даже позднеспелых форм.

Изученный набор образцов значительно варьировал по вегетационному периоду – в диапазоне от 85 до 130 дней от залива почвы водой до цветения. Это на 14–59 дней больше, чем у сорта-стандарта Боярин. При этом большинство китайских образцов (13) зацвело через 90–110 дней от залива, один, более ранний Ляонин 5, – через 85 дней и один, поздний Ляонин 9, – через 130 дней (рис. 1).

Рис. 1. Распределение китайских образцов риса по количеству дней от залива до цветения (г. Пролетарск, 2018–2019 гг.)

Fig. 1. Distribution of Chinese rice samples according to the number of days from pouring to flowering (Proletarsk, 2018–2019)

Стандартные сорта ФГБНУ «АНЦ «Донской» зацвели значительно раньше: Боярин – через 71 день от залива почвы, Южанин – через 79 дней.

Продолжительность периода вегетации от залива до цветения положительно коррелировала с количеством стерильных колосков в метелке ($r = 0,59 \pm 0,21$). Отрицательная связь установлена с высотой растений ($r = -0,41 \pm 0,24$), массой зерен на метелке ($r = -0,27 \pm 0,25$), числом выполненных зерен ($r = -0,29 \pm 0,25$) и фертильностью ($r = -0,59 \pm 0,21$). У относительно более раннего сорта Ляонин 5 фертильность колосков была очень высокой (98,3%), превосходя величины стандартов на 7,4–9,3%.

Высота растений является одним из основных признаков, влияющих на потенциал урожайности риса. Величина этого признака варьировала в диапазоне от 63,3 до 101,7 см (рис. 2). У сорта Боярин определена высота 81,7; Южанин – 92,2 см. Большинство образцов (12) имело высоту 70–100 см, присущую полукарликовым сортам с высоким индексом урожая. Такой уровень высоты риса является оптимальным для современных технологичных сортов. Отмечены положительные корреляции высоты растений с массой зерна с метелки ($r = 0,50 \pm 0,23$), массой 1000 зерен ($r = 0,57 \pm 0,21$), количеством зерен ($r = 0,39 \pm 0,24$), фертильностью ($r = 0,46 \pm 0,23$).

Рис. 2. Частоты распределения образцов по признаку «высота растений» (г. Пролетарск, 2018–2019 гг.)

Fig. 2. Frequencies of the samples' distribution according to the trait "plant height" (Proletarsk, 2018–2019)

Длина метелки является одним из аспектов ее архитектуры и обычно измеряется как признак, связанный с урожайностью зерна риса. Вместе с коли-

чеством колосков она определяет количество семян в метелке, следовательно, может увеличивать урожайность риса (Дзюба и др., 2019).

Рис. 3. Частоты распределения образцов по признаку «длина метелки» (г. Пролетарск, 2018–2019 гг.)

Fig. 3. Frequencies of the samples' distribution according to the trait "length of a panicle" (Proletarsk, 2018–2019)

Изученные китайские образцы имели сходные по форме наклонные поникающие метелки, что за-

висит от небольшой толщины центрального стержня, длины боковых ветвей и количества колосков

на них. Средние величины длины метелки колебались в интервале от 15,7 у образца Ляонин 9 до 21,7 см у Ляонин 15 (рис. 3), в то время как у стандартного сорта Боярин метелка была длиной 14,8; Южанин – 17,8 см. У сорта Боярин формировались плотные, компактные и прямостоячие метелки. Длина метелки имела средние положительные корреляции с массой зерна с метелки ($r = 0,42 \pm 0,23$), числом зерен на метелке ($r = 0,55 \pm 0,21$) и фертильностью ($r = 0,47 \pm 0,23$).

Исследования, посвященные таким компонентам урожайности зерна, как количество семян в метелке и их масса, выявили несколько генов, связанных с ними (GS3, GS5, GW2, GW5, GW8, Gn1, GL3) (Zuo et al., 2014).

По массе зерна с метелки китайские сорта варьировали от 0,82 у образца Ляонин 9 до 4,52 г у образца Ляонин 14 (Боярин – 2,20 г; Южанин – 3,15 г). У большинства образцов (84%) на метелке формировалось от 2 до 4 г зерна. Крупные метелки, массой более 3,5 г, оказались у образцов Ляонин 1, Ляонин 8, Ляонин 11, Ляонин 12, Ляонин 14. Установлены положительные корреляции массы зерна с метелки с массой 1000 зерен ($r = 0,71 \pm 0,18$), количеством зерен на метелке ($r = 0,94 \pm 0,09$), плотностью метелки ($r = 0,64 \pm 0,20$) и ее фертильностью ($r = 0,57 \pm 0,20$).

Масса 1000 семян – это важнейший количественный признак, поскольку определяет внешний вид, влияет на качество крупы и является одним из наиболее стабильных компонентов урожая риса. Небольшие семена имеют низкую энергию роста всходов и трудности при механической уборке.

Эта величина колебалась в диапазоне от 16,3 до 34,0 г (рис. 4), причем у стандарта Боярин она составляла 29,1 г, а у Южанина – 31,1 г. У образца Ляонин 9 зерновки не успели полностью налиться до окончания уборки, поэтому имели аномально низкую массу – 16,3 г. Наиболее крупные зерновки выявлены у образца Ляонин 14 (34 г). Большинство образцов (47%) показали массу 1000 зерен 26–28 г, то есть несколько ниже, чем у российских сортов. Все образцы имели овальные зерновки длиной 7–8, шириной – 3–3,5 мм.

Масса 1000 зерен положительно коррелировала с высотой растений ($r = 0,57 \pm 0,21$), массой зерен с метелки ($r = 0,71 \pm 0,18$), количеством зерен на метелке ($r = 0,52 \pm 0,22$) и фертильностью ($r = 0,61 \pm 0,21$), однако отрицательно – с количеством пустозерных колосков на метелке ($r = -0,55 \pm 0,21$) и продолжительностью периода вегетации «залив – цветение» ($r = -0,49 \pm 0,22$).

Рис. 4. Частоты распределения образцов по признаку «масса 1000 зерен» (г. Пролетарск, 2018–2019 гг.)
Fig. 4. Frequencies of the samples' distribution according to the trait "1000-kernel weight" (Proletarsk, 2018–2019)

Одним из самых важных признаков продуктивности риса является количество колосков на метелке. Среди всех измеряемых признаков, влияющих на урожайность, размер метелки имеет наиболее тесную положительную корреляцию с урожайностью зерна. Это свидетельствует о возможности максимального повышения урожайности путем селекции сортов с хорошо озерненными метелками (150–200 колосков) (Laza et al., 2004).

Между изученными сортами наблюдались большие различия по количеству колосков в метелке. Все китайские образцы имели небольшие и средние метелки. Величина этого признака у них колебалась в диапазоне от 79 до 158 колосков (рис. 5). У Боярина сформировалось 96, у Южанина – 114 колосков. Наименьшее количество колосков (79,3 шт.) сформировалось на метелках у относительно более раннеспелого образца Ляонин 5, наибольшее (158

шт.) – у Ляонин 8, который значительно превысил стандарты.

Корреляционный анализ выявил положительные связи количества колосков на метелке с признаками «длина метелки» ($r = 0,37 \pm 0,24$), «масса зерен на метелке» ($r = 0,82 \pm 0,15$), «количество зерен на метелке» ($r = 0,84 \pm 0,14$) и «плотность метелки» ($r = 0,85 \pm 0,14$).

Количество выполненных зерен в метелке было меньше, чем колосков (от 39,5 до 153,3 шт.), так как часть оставалась стерильными. Фертильность колосков колебалась в диапазоне от 86,8 до 98,3% (у стандартов – 89–91%), за исключением самого позднеспелого образца Ляонин 9 (37%). Выделены образцы Ляонин 10, Ляонин 8 и Ляонин 5 с высокой фертильностью: 97, 97,3 и 98,3% соответственно, то есть выше российских сортов-стандартов на 7–8%. Это существенный резерв повышения урожайности зерна.

Рис. 5. Частоты распределения образцов по признаку «число колосков на метелке» (г. Пролетарск, 2018–2019 гг.)
Fig. 5. Frequencies of the samples' distribution according to the trait "number of spikelets per panicle" (Proletarsk, 2018–2019)

Важный показатель продуктивности риса – это плотность метелки, определяемая количеством колосков на каждом сантиметре ее длины. У китайских образцов плотность метелки колебалась от 4,4 до 9,4 шт./см, в то время как у Боярина она составляла 6,5, а у Южанина – 6,4 шт./см. Больше всего было образцов, у которых плотность метелки была 6–7 шт./см. Наиболее плотные метелки формировались у образцов Ляонин 12, Ляонин 8, Ляонин 14 (7,1–9,4 шт./см). Этот признак показал положительные корреляции с количеством колосков ($r = 0,85 \pm 0,14$) и массой зерен на метелке ($r = 0,64 \pm 0,20$).

Для дальнейшего изучения и использования в селекционной работе отобрали 6 образцов, хорошо вызревающих в условиях Ростовской области: Ляонин 1, Ляонин 5, Ляонин 8, Ляонин 10, Ляонин 12, Ляонин 15. Они имели следующие пределы изменчивости: по периоду до цветения – 85–97 дней; высоте растений – 83–102 см; длине метелки – 18–22 см; числу колосков на метелке – 79–158 шт.

Эти образцы, по сообщению китайских коллег, обладают генами резистентности к пирикулярриозу (*Pi*) и толерантности к засолению почвы (*Salto*).

Для создания нового сортового материала, адаптированного к почвенно-климатическим условиям Ростовской области, в 2018 г. была осуществлена гибридизация некоторых китайских образцов с местным раннеспелым сортом Контакт и получены хорошо вызревшие гибридные зерновки по комбинации

ям скрещивания Ляонин 12 × Контакт, Ляонин 15 × Контакт.

В 2019 г. другие образцы (Ляонин 5 и Ляонин 10) также удалось скрестить с раннеспелым сортом Контакт. Из гибридных расщепляющихся популяций можно будет отобрать лучшие растения для создания линий с комбинацией признаков российских и китайских сортов.

Выводы

1. Изученный набор из 15 китайских образцов риса может произрастать и вызревать в северных для него условиях Ростовской области.

2. Образцы показали широкую изменчивость по периоду вегетации «залив водой – цветение» – 85–130 дней; высоте растений – 63,3–101,7 см; длине метелки – 15,7–21,7 см; массе зерна с метелки – 0,82–4,58 г; массе 1000 зерен – 16,3–34,0 г; числу колосков на метелках – 79–158 шт.

3. Установлены положительные корреляции высоты растений с длиной метелки, массой зерна с метелки, массой 1000 зерен, количеством колосков, фертильностью. Масса зерна с метелки коррелировала с массой 1000 зерен, количеством зерен, плотностью метелки и фертильностью.

4. Для селекционной работы отобраны следующие среднеспелые образцы риса: Ляонин 1, Ляонин 5, Ляонин 8, Ляонин 10, Ляонин 12 и Ляонин 15. Получены их гибриды с раннеспелым сортом Контакт.

Библиографические ссылки

1. Дзюба В. А., Есаулова Л. В., Чухирь И. Н., Коротенко Т. Л., Зеленский А. Г. Генетика признаков соцветия риса // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-44-48.
2. Игнатъев С. А., Регидин А. А., Грязева Т. В., Горюнов К. Н. Результаты изучения морфо-биологических признаков образцов люцерны из Северной Америки // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 42–46. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-42-46.
3. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Горбачева А. Г., Ветошкина И. А. Подбор исходного материала для различных направлений селекции кукурузы на основе многокритериальной оценки // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3(63). С. 44–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-44-47.
4. Endo-Higashi N., Izawa T. Flowering time genes Heading date 1 and Early heading date 1 together control panicle development in rice // Plant Cell Physiol. 2011. Vol. 52. Pp. 1083–1094.
5. Khush G. S. Challenges for meeting the global food and nutrient needs in the new millennium // Proceedings Nutrient Society. 2001. Vol. 60. Pp. 15–26. DOI: 10.1079/PNS200075.
6. Laza M. R. C., Peng S., Shigemitsu A. K., Saka H. Effect of panicle size on grain yield of IRRI-released indica rice cultivars in the wet season // Plant Production Science. 2004. Vol. 7(3). Pp. 271–276. DOI: 10.1626/pps.7.271.

7. Rabara R. C., Ferrer M. C., Calayugan M. I., Duldulao M. D., Jara-Rabara J. Conservation of rice genetic resources for food security // *Adv. Food. Technol. Nutr. Sci. Open J.* 2015. Vol. 1. Pp. 51–56. DOI: 10.17140/AFTNSOJ-SE-1-108.
8. Shi X. H., Hu R. F. Rice variety improvement and the contribution of foreign germplasms in China // *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16, i. 10. Pp. 2337–2345. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61615-5.
9. Xing Y., Zhang Q. Genetic and Molecular bases of rice yield // *Annual Review in Plant Biology*. 2010. Vol. 61. Pp. 421–442. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112209.
10. Zuo S., Kang H., Li Q., Chen Z., Zhang Y., Liu W. et al. Genome-wide association analysis on genes controlling panicle traits of varieties from international rice core collection bank and its breeding utilization // *Chin. J. Rice Sci.* 2014. Vol. 28. Pp. 649–658. DOI: 10.3969/j.issn.1001-7216.2014.06.011.

References

1. Dzyuba V. A., Esaulova L. V., Chukhir I. N., Korotenko T. L., Zelensky A. G. Genetika priznakov sotsvetiya risa [Genetics of rice inflorescence signs] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii* [Grain economy of Russia]. 2019. № 1(61). S. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-44-48.
2. Ignatiev S. A., Regidin A. A., Grayzeva T. V., Goryunov K. N. Rezul'taty izucheniya morfo-biologicheskikh priznakov obraztsov lyutserny iz Severnoy Ameriki [The study results of morphological and biological traits of alfalfa samples from North America] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii* [Grain Economy of Russia]. 2019. № 2(62). S. 42–46. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-42-46.
3. Krivosheev G. Y., Ignatiev A. S., Gorbacheva A. G., Vetoshkina I. A. Podbor iskhodnogo materiala dlya razlichnykh napravleniy selektsii kukuruzy na osnove mnogokriterial'noy otsenki [Selection of initial material for various areas of maize breeding based on multicriteria estimation] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii* [Grain Economy of Russia]. 2019. № 3(63). S. 44–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-44-47.
4. Endo-Higashi N., Izawa T. Flowering time genes Heading date 1 and Early heading date 1 together control panicle development in rice // *Plant Cell Physiol.* 2011. Vol. 52. Pp. 1083–1094.
5. Khush G. S. Challenges for meeting the global food and nutrient needs in the new millennium // *Proceedings Nutrient Society*. 2001. Vol. 60. Pp. 15–26. DOI: 10.1079/PNS200075.
6. Laza M. R. C., Peng S., Shigemitsu Akita S., Saka H. Effect of panicle size on grain yield of IRRI-released indica rice cultivars in the wet season // *Plant Production Science*. 2004. Vol. 7(3). Pp. 271–276. DOI: 10.1626/pp.7.271.
7. Rabara R. C., Ferrer M. C., Calayugan M. I., Duldulao M. D., Jara-Rabara J. Conservation of rice genetic resources for food security // *Adv. Food. Technol. Nutr. Sci. Open J.* 2015. Vol. 1. Pp. 51–56. DOI: 10.17140/AFTNSOJ-SE-1-108.
8. Shi X. H., Hu R. F. Rice variety improvement and the contribution of foreign germplasms in China // *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16, i. 10. Pp. 2337–2345. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61615-5.
9. Xing Y., Zhang Q. Genetic and Molecular bases of rice yield // *Annual Review in Plant Biology*. 2010. Vol. 61. Pp. 421–442. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112209.
10. Zuo S., Kang H., Li Q., Chen Z., Zhang Y., Liu W. et al. Genome-wide association analysis on genes controlling panicle traits of varieties from international rice core collection bank and its breeding utilization // *Chin. J. Rice Sci.* 2014. Vol. 28. Pp. 649–658. DOI: 10.3969/j.issn.1001-7216.2014.06.011.

Поступила: 06.03.20; принята к публикации: 17.03.20.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ данных, написание текста статьи; Краснова Е. В. – руководство технологическими процессами, выращивание растений, структурный анализ; Аксенов А. В. – закладка опыта, посев сортов и образцов, отбор растений для анализа, промеры и подсчеты, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.