

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-110-116

УДК 633.18:
632.732:581.573.4

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

П. И. Костылев¹,
Е. В. Краснова¹,
Е. Е. Радченко²,
Т. Л. Кузнецова²,
М. А. Чумаков²,
Л. М. Костылева³

¹Аграрный научный центр
«Донской»,
347740, Ростовская обл.,
г. Зерноград,
ул. Научный городок, д. 3
e-mail: p-kostylev@mail.ru

²Федеральный
исследовательский центр
Всероссийский институт
генетических ресурсов
растений имени Н. И. Вавилова,
190000, Россия
Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: eugene_radchenko@ram-
bler.ru

³Азово-Черноморский
инженерный институт
ВО Донской ГАУ,
347740, Ростовская область,
г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21

Ключевые слова:
рис, обыкновенная злаковая
тля, устойчивость

Поступление:
24.05.2017

Принято:
21.08.2017

**СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ РИСА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К
ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ**

Актуальность. Значительный урон посевам риса на юге России стала наносить обыкновенная злаковая тля *Schizaphis graminum* Rond. Одной из основных причин, лимитирующих вредоносность насекомого, является устойчивость растений, однако систематические исследования устойчивости коллекции риса к опасному вредителю не проводились. Цель работы – анализ наследственного разнообразия риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле. Материалы и методы. Материалом для исследований служили 200 образцов различного происхождения из коллекции лаборатории селекции и семеноводства риса Аграрного научного центра «Донской». В лабораторных условиях ювенильные растения заселяли краснодарской (филиал Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) популяцией насекомого и при гибели неустойчивого контроля (сорт ‘Танго’) проводили фенотипический скрининг с использованием шкалы от 0 (нет повреждений) до 10 (гибель растений). Часть образцов (18 устойчивых и гетерогенных по устойчивости к тле, а также 18 восприимчивых) оценили повторно. Результаты и выводы. Подавляющее большинство изученных форм оказались гетерогенными по устойчивости. Выявили 12 (5,5%) относительно устойчивых форм, повреждение которых составило 2,2–3,0 балла. После повторной оценки девяти устойчивых образцов лишь 3 из них оказались однородными: NSH-1 (Венгрия), ‘Муса Карем’ (Иран) и Златый × Стрелец (Россия). Стабильным (средняя поврежденность 3,5 балла) оказался и гетерогенный образец Olimpiada × Вираз, который сохранил лишь единичные восприимчивые растения. Некоторые образцы характеризовались широким спектром варьирования поврежденности растений от 2 до 10 баллов. Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов с низкой экспрессивностью и/или присутствием в популяции фитофага клонов с различной вирулентностью к изученным формам. Образцы NSH-1, ‘Муса Карем’ и Златый × Стрелец, которые не содержат восприимчивых компонентов, могут быть рекомендованы в качестве источников устойчивости к обыкновенной злаковой тле для селекции сортов риса.

**P. I. Kostylev¹,
E. V. Krasnova¹,
E. E. Radchenko²,
T. L. Kuznetsova²,
M. A. Chumakov²,
L. M. Kostyleva³**

¹Donskoy Agrarian Scientific Center, 3 Nauchny Gorodok St., Zernograd, 347740, Russia

²The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 190000, Russia 42-44 Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg.

³Azov-Blacksea Engineering Institute of Donskoy State Agrarian University, 21 Lenin St., Zernograd, 347740, Russia

Key words:
rice, greenbug, resistance

Received:
24.05.2017

Accepted:
21.08.2017

SCREENING OF RICE ACCESSIONS FOR GREENBUG RESISTANCE

Background. Greenbug (*Schizaphis graminum* Rond.) has been causing a significant damage to rice crops in Southern Russia in recent years. One of the main reasons that limit harmfulness of the insect is plant resistance; however, systematic studies of the rice collection for resistance to this dangerous pest have not been accomplished. This work aims at analyzing hereditary variation of rice in the context of greenbug resistance. **Materials and methods.** The material under study included 200 accessions of different origin from the collection of the Laboratory of Rice Breeding and Seed Production of the *Donskoy* Agrarian Scientific Center. Juvenile plants were infested with the Krasnodar (Kuban Experiment Station of VIR, Gulkevichi District) population of the insect. With the death of the susceptible reference (var. 'Tango'), phenotypic screening was performed using the scale from 0 (no damages) to 10 (plant death). Several accessions (18 resistant and heterogeneous in aphid resistance, and 18 susceptible ones) were assessed again.

Results and conclusions. The overwhelming majority of the studied forms were heterogeneous in their resistance. Twelve relatively resistant forms (5.5%) with the resistance score 2.2–3.0 were identified. Only 3 of them turned out to be homogeneous after the repeated test for homogeneity: NSH-1 (Hungary), 'Musa Karem' (Iran), and Zlatyi × Strelets (Russia). The heterogeneous accession Olimpiada × Virazh (the average damage score 3.5) which contained only solitary susceptible plants was also resistant. Some accessions were characterized by a wide range of variation in plant damage with the scores varying between 2 and 10. Significant variability of this character can be caused by the manifestation of genes with low expressivity and/or presence of clones with different virulence to the studied forms within the herbivore population. The accessions NSH-1, 'Musa Karem' and Zlatyi × Strelets which do not contain susceptible components can be recommended for breeding rice varieties as sources of greenbug resistance.

Введение

Рис представляет собой основной продукт питания для более 30% населения планеты. К сожалению, в результате развития болезней и размножения насекомых существенные потери урожая зерна отмечаются практически ежегодно. Среди насекомых-вредителей в последние годы наиболее значительный урон на юге России стали наносить тли. На посевах риса отмечено 4 вида: обыкновенная злаковая (*Schizaphis graminum* Rond.), яблонно-злаковая (*Rhopalosiphum insertum* Walk.), обыкновенная черемуховая (*Rhopalosiphum padi* L.) и розанно-злаковая (*Metopolophium dirhodum* Walk.) тли. Наиболее вредоносна обыкновенная злаковая тля (Kovalev, Mirzin, 2013).

Насекомое зимует на озимых и дикорастущих злаках преимущественно в фазе яйца. Отрождение личинок, развивающихся в бескрылых самок-основательниц, обычно происходит в начале мая. Появляющиеся в конце мая крылатые расселительницы перелетают на другие растения, в том числе и на яровые злаки, где продолжают размножаться. С повышением среднесуточной температуры в колониях преобладают бескрылые самки. Наибольшая численность вредителя наблюдается в конце июня – июле. Число поколений (обычно 10–15) и плодовитость тлей (до 80 личинок) зависят преимущественно от погодных условий. После уборки яровых культур насекомые питаются на падалице, дикорастущих злаках, а затем мигрируют на всходы озимых. Осенью, с наступлением похолодания, появляются самки-полоноски, которые отрождают личинок, превращающихся в крылатых самцов и бескрылых самок. После спаривания самки откладывают зимующие яйца (Radchenko, 2008). Присущая тлям гетерогония (чередование в жизненном цикле, наряду с самцами и нормальными самками, которые откладывают зимующие яйца, до 20 и более поколений партеногенетических самок) обеспечивает комбинацию преимуществ бисексуального размножения и партеногенеза. При массовом размножении партеногенетических поколений весной и летом происходит быстрое увеличение популяций тлей. Каждая особь воспроизводит себе подобную, что благоприятствует сохранению в популяциях любой вариации кариотипа, все мутации фиксируются. Осеннее амфигонное поколение позволяет тлям выжить благодаря

продуцированию зимующих яиц и служит источником генетической изменчивости.

Насекомые живут большими колониями, как на верхней, так и нижней стороне листьев. К моменту выхода злаков в трубку плотность тлей быстро увеличивается, так что огромные колонии могут полностью покрывать листья. Наиболее уязвимая фаза растения при заселении тлей – выход в трубку. В период созревания яровых культур численность тлей на них резко уменьшается. Места повреждений на растениях обесцвечиваются, иногда краснеют. Кроме непосредственного вреда (серьезные изменения в биохимическом составе растений и физиологических процессах, снижение урожая зерна и его качества), насекомое переносит многие вирусные заболевания злаков (Kostylev, Artokhin, 2011).

Вспышку массового размножения насекомого на посевах риса на Северном Кавказе наблюдали в 2011 г. В Краснодарском крае заселение посевов обыкновенной злаковой тлей началось во второй декаде июня. Средняя численность вредителя составляла 3,8 экз./растение на площади 71,7 тыс. га. Обработки проводились на площади 35 тыс. га. В Республике Дагестан из общей площади 13 тыс. га заселение тлей было обнаружено на 1,5 тыс. га. Появление тли на рисовых чеках регистрировалось с конца третьей декады июня. Распространение вредителя составляло 20% со средней плотностью 3 экз./растение. Максимальная плотность 8 экз./растение отмечалась на площади 150 га (<https://www.rosselhoscenter.com>). С 2010 г. тля ежегодно вредит посевам риса в Ростовской области, что требует проведения химических обработок (Kostylev, Artokhin, 2014).

Одной из основных причин, лимитирующих вредоносность *Schizaphis graminum* на злаках, является устойчивость растений. Селекция устойчивых генотипов растений – радикальный, наиболее дешевый и экологически безопасный способ борьбы с тлями. Выявлены растительные белки, обладающие пестицидной активностью; широко обсуждается роль вторичных метаболитов растений – терпеноидов, фенолов, флавоноидов, алкалоидов и др. Генетический контроль биосинтеза ряда защитных соединений достаточно хорошо изучен – например, синтез присутствующих в растениях злаковых культур гидроксамовых кислот (ДИМБОА, ДИБОА) и родственных им со-

единений. В последнее время активно изучаются механизмы индуцируемой устойчивости растений к обыкновенной злаковой тле.

В подавляющем большинстве работ выявляют специфическую устойчивость зерновых культур к *S. graminum*. Дифференциальное взаимодействие насекомого с растениями-хозяевами исследовано довольно обстоятельно. В наших опытах (Radchenko et al., 2012a; 2012b) выявлен высокий общий и сезонный полиморфизм обыкновенной злаковой тли по вирулентности к образцам сорго и ячменя с разными генами устойчивости. Важную роль в сезонной вариации частот фенотипов вирулентности играют абиотические факторы, под воздействием которых может меняться относительная конкурентоспособность клонов тли и происходить дифференциальный отбор в популяции фитофагов, специфически приспособленных к виду растения-хозяина. Следовательно, для предотвращения массового размножения насекомого необходимо выращивать сорта с разными генами устойчивости.

Выявление новых генов устойчивости из коллекции культурных растений – самый простой способ пополнения их запаса. К сожалению, систематические исследования устойчивости коллекции риса к опасному вредителю не проводились. Цель работы – анализ наследственного разнообразия риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили 200 образцов различного происхождения из коллекции лаборатории селекции и семеноводства риса Аграрного научного центра «Донской». В их числе образцы, полученные из IRRI, ВИР, ВНИИ риса, а также гомозиготные формы гибридного происхождения собственной селекции. Каждому образцу был присвоен номер рабочей коллекции 2015 г.

Эксперименты проводили в 2016–2017 гг. в световом зале отдела генетики Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), где поддерживалась температура воздуха 20–25°C. В опытах использовали краснодарскую (филиал Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) популяцию насекомого. Обыкновенная злаковая тля вызывает некротизацию растительной ткани в

месте питания, что позволяет относительно просто тестировать устойчивость растений. Семена высевали рядами (по 15 зерен на рядок) в пластмассовые кюветы, наполненные нестерильной смесью почвы, песка и торфа. В каждую кювету помещали по два ряда неустойчивого контроля (сорт ‘Танго’, к-9422). В фазе двух листьев всходы заселяли тлями из расчета 5–10 особей на растение. При гибели контроля определяли поврежденность растений каждого образца по шкале: 0 – нет повреждений, 1 – повреждено 1–10% листовой поверхности, 2 – 11–20%, ..., 10 – 91–100%. Растения с баллами 1–4 относили к устойчивым, 5–8 – умеренно устойчивым, 9–10 – к восприимчивым (Radchenko, 2008). Часть образцов (18 устойчивых и гетерогенных по устойчивости к тле, 18 восприимчивых) оценили повторно.

Результаты и обсуждение

Все образцы повреждались тлей, хотя питание насекомых на растениях риса было менее интенсивным по сравнению с зерновыми колосовыми культурами и сорго; растительные ткани некротизировались медленно. Вместе с тем изученный генофонд риса весьма разнообразен по устойчивости к *S. graminum*. Подавляющее большинство образцов оказались гетерогенными по устойчивости и довольно отчетливо распадались на 2–3 класса. Средняя поврежденность растений варьировала от 2,21 до 10 баллов (рис. 1).

Большая часть образцов (26%) была неустойчива к вредителю (9,1–10 баллов). К ним относились сорта ‘Ортикон’, ‘ВНИИР 8847’, ‘Ароматный’, ‘Sokan’, ‘Нейтрон’, ‘Цезарио’, ‘Магнат’ и др.

Средняя поврежденность примерно одинакового числа образцов (11,4–13,4%) варьировала в пределах 4–9 баллов, 7% – 3,1–4 балла. Выявлено 12 (5,5%) относительно устойчивых форм, повреждение которых составило 2,2–3,0 балла (таблица).

После повторной оценки девяти устойчивых образцов лишь 3 из них оказались однородными: № 683 NSH-1 (Венгрия), № 818 ‘Муса Карем’ (Иран) и № 397 Златый × Стрелец (Россия) (таблица, рис. 2). Стабильным (средняя поврежденность 3,5 балла) оказался и гетерогенный образец № 515 Olimpiada × Вираз, который содержал лишь единичные восприимчивые растения.

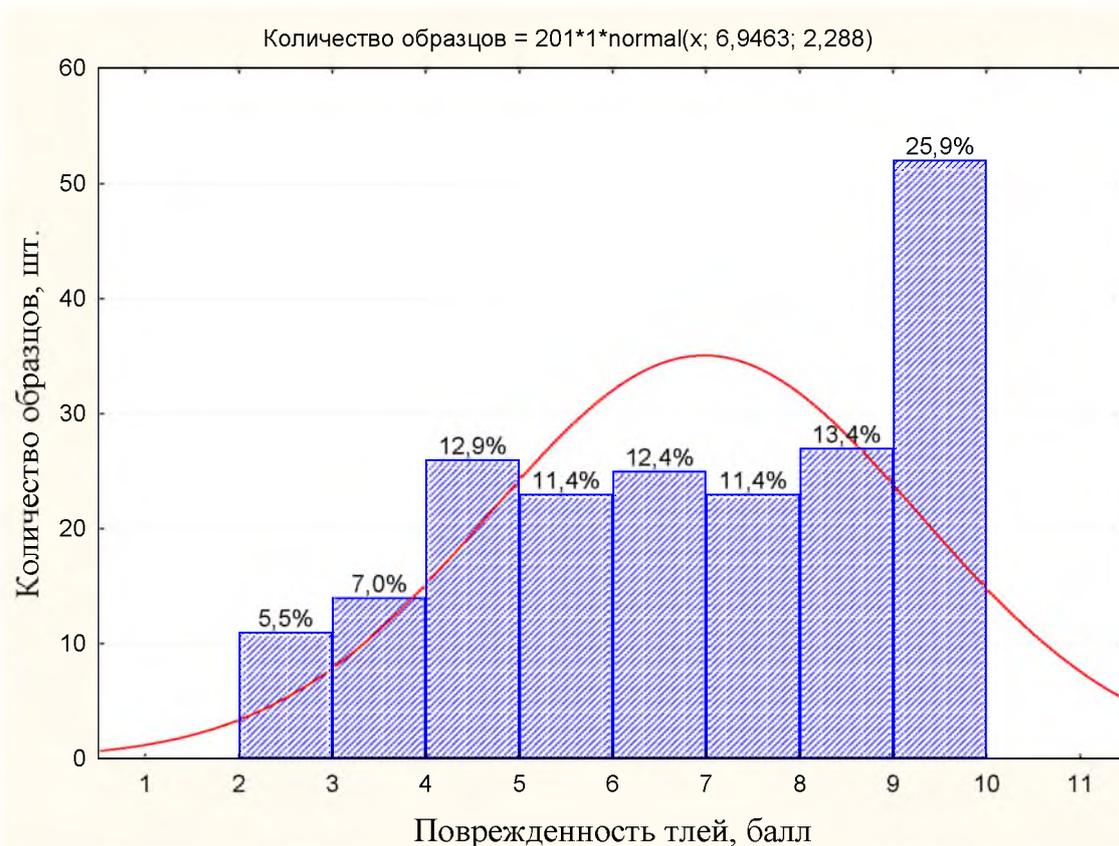


Рис. 1. Распределение образцов риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле
Fig. 1. Distribution of rice accessions according to their greenbug resistance

Таблица. Выделившиеся по устойчивости к обыкновенной злаковой тле образцы риса
Table. Greenbug resistant rice accessions

Номер образца рабочей коллекции	Образец, происхождение	Средний балл		Различия между учетами
		1 учет	2 учет	
к-9422, Танго, Краснодарский край (контроль)		9,0	9,5	0,5
817	к-8247, НР 101-9-В-В-1-2-1, Филиппины	2,2	5,6	3,4
683	NSH-1, Венгрия	2,2	2,5	0,3
856	Поккали, Индия	2,2	4,6	2,4
636	к-9254, Dedalo, США	2,3	8,0	5,7
694	к-4992, Saturn, США	2,4	6,7	4,3
705	к-6817, Szarvashi 70, Венгрия	2,4	7,3	4,9
818	к-5185, Муса Карем, Иран	2,4	3,5	1,1
397	Златый × Стрелец, Россия	2,5	3,5	1,0
605	МГР-2, Россия	2,6	4,2	1,6
714	к-5959, Альтаир, Россия	2,8	7,9	5,1
311	Крупнозерный 56, Россия	3,0	4,3	1,3
666	к-7289, Jukava, Япония	3,0	4,5	1,5
Стандартное отклонение		2,3	2,1	

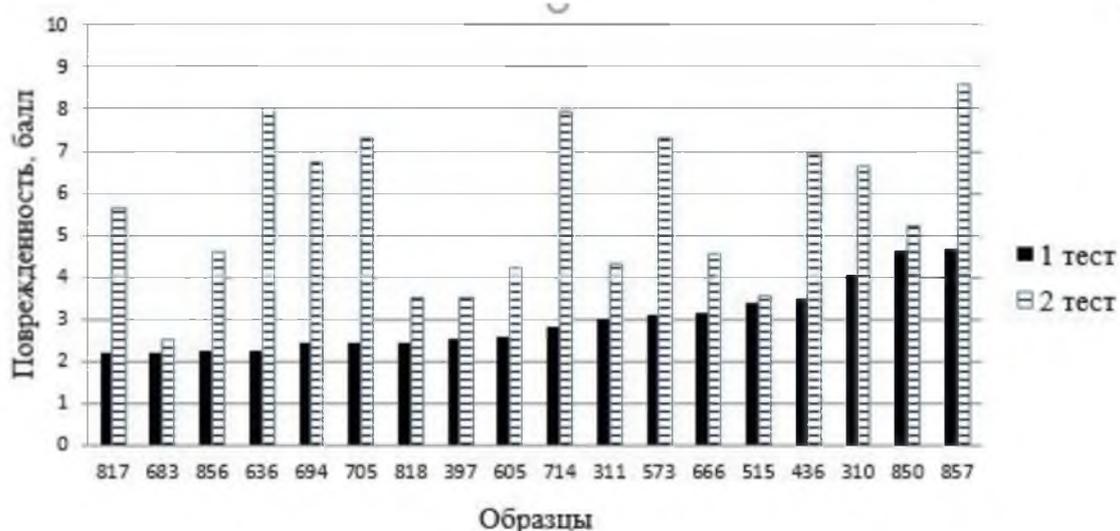


Рис. 2. Повторное тестирование устойчивых и гетерогенных по устойчивости к обыкновенной злаковой тле образцов риса

Fig. 2. Retesting of rice accessions resistant to greenbug and heterogeneous in greenbug resistance

Среди восприимчивых образцов (поврежденность при первом тестировании 10,0 баллов) однородными оказались № 345 ('Танго'), однако средняя поврежденность этих форм была несколько ниже (8,6–9,1 балла), что позволяет использовать их в качестве восприимчивых контролей (рис. 3).

Сходные оценки характерны также для образца № 584 (Бахус × Дончак) и контроля (8,6–9,1 балла).

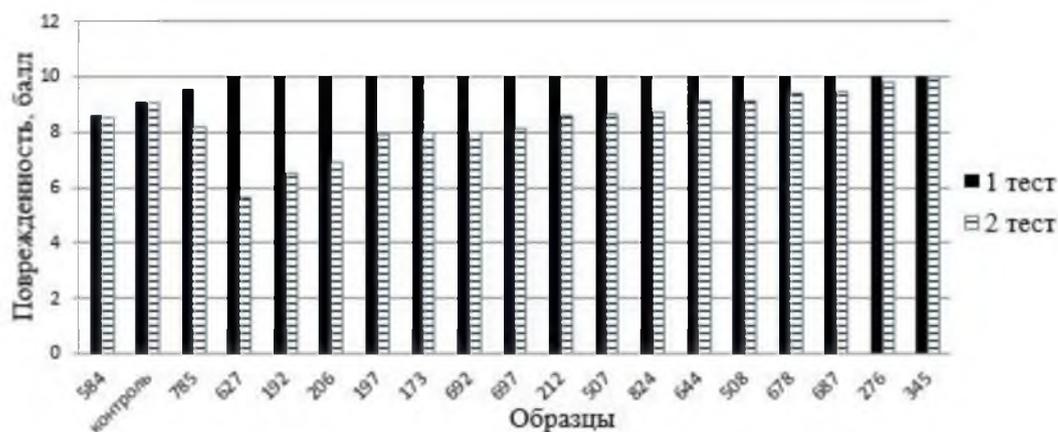


Рис. 3. Повторное тестирование неустойчивых к обыкновенной злаковой тле образцов риса

Fig. 3. Retesting of greenbug susceptible rice accessions

Заклучение

Итак, нам удалось выявить отчетливые различия между образцами риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле. Большинство форм гетерогенны по изученному признаку. Образцы NSH-1 (Венгрия), 'Муса Карем' (Иран) и Златый × Стрелец (Россия), которые не содержат восприимчивых компонентов, можно рекомендовать в качестве источников устойчивости к *Schizaphis*

graminum для селекции сортов риса. Некоторые образцы характеризовались широким спектром варьирования поврежденности растений от 2 до 10 баллов. Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов с низкой экспрессивностью и/или присутствием в популяции фитофага клонов с различной вирулентностью к изученным формам.

Особенность генетического контроля устойчивости зерновых культур к вредным

организмам – взаимодействие двух сопряженно эволюционирующих систем. Проблема продления срока «полезной жизни» генов устойчивости растений широко обсуждается в литературе уже несколько десятилетий. Рациональные стратегии селекции злаков на устойчивость к тлям (чередование во времени сортов с разными генами устойчивости, «мозаики» сортов, селекция мультилинейных сортов, «пирамидирование») предусматривают, прежде всего, расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. Процесс адаптации вредителей к устойчивым сортам может быть существенно замедлен за счет целесообразного территориального размещения генов устойчивости. К сожалению, анализ изменчивости популяций *S. graminum* по признаку

вирулентности к генам устойчивости риса в России никогда не проводился.

Исследования, нацеленные на восстановление генетического разнообразия возделываемых сортов риса по устойчивости к вредным организмам, проводятся уже достаточно длительное время (Heinrichs et al., 1985; Jackson, 1997). Известны и успешные примеры маркер-опосредованной селекции сортов риса, устойчивых к сосущим вредителям, – прежде всего, к рисовым цикадкам (Kostylev et al., 2017). Вместе с тем, в мировой литературе не обсуждается чрезвычайно актуальная для России проблема устойчивости риса к тлям. Мы надеемся, что начатые нами селекционно-генетические исследования в известной мере восполнят существующий пробел.

References/Литература

- Heinrichs E. A., Medrano F. G., Rapusas H. R. Genetic evaluation for insect resistance in rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 1985. 356 p.
- Jackson M. T. Conservation of rice genetic resources: the role of the International Rice Genebank at IRRI. *Plant Mol. Biol.*, 1997, vol. 35, no. 1, pp. 61–67. DOI: 10.1023/A:1005709332130
- Kovalev V. S., Mirzin A. S. Plant protection system of rice. *Plant protection and quarantine*, 2013, no. 7, pp. 48–50 [in Russian] (Ковалев В. С., Мырзин А. С. Система защиты риса // Защита и карантин растений. 2013. № 7. С. 48–50).
- Kostylev P. I., Artokhin K. S. Pests of rice in Rostov region. *Plant protection and quarantine*, 2014, no. 10, pp. 30–33 [in Russian] (Костылев П. И., Артохин К. С. Вредители риса в Ростовской области // Защита и карантин растений. 2014. № 10. С. 30–33).
- Kostylev P. I., Artokhin K. S. Weeds, diseases, and pests of rice agrocenosis in the south of Russia. Moscow: Pechatnyj gorod, 2011, 368 p. [in Russian] (Костылев П. И., Артохин К. С. Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов юга России. М.: Печатный город, 2011. 368 с.).
- Kostylev P. I., Red'kin A. A., Krasnova E. V. Rice development for planthoppers resistance (review). *The new science: from the idea to the result. International scientific post-conference periodical (Surgut, 22 January 2017)*. Vol. 3. Sterlitamak, 2017, pp. 214–216 [in Russian] (Костылев П. И., Редькин А. А., Краснова Е. В. Селекция риса на устойчивость к цикадкам (обзор) // Новая наука: от идеи к результату. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (Сургут, 22 января 2017). Ч. 3. Sterlitamak, 2017. С. 214–216).
- Pests and diseases of rice (Vrediteli i bolezni risa)*. Вредители и болезни риса. <https://www.rosselhocenter.com/2012-01-18-20-33-07/292-vrediteli-i-bolezni-risa> Дата обращения 16.05.2017
- Radchenko E. E. Cereal aphids // In: The study of the genetic resources of cereal crops for resistance to harmful organisms. Moscow: Rosselchozakademia, 2008, pp. 214–257 [in Russian] (Радченко Е. Е. Злаковые тли // В кн.: Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. М.: Россельхозакадемия, 2008. С. 214–257).
- Radchenko E. E., Kuznetsova T. L., Alpatieva N. V. Dynamics of the genetic structure of the Krasnodar greenbug population under host plant alteration. *Russ. J. Genet.: Applied Research*, 2012a, vol. 2, no. 6, pp. 473–479. DOI: 10.1134/S2079059712060111
- Radchenko E. E., Kuznetsova T. L., Zubov A. A. Long-term seasonal polymorphism of the Krasnodar greenbug population for virulence to sorghum varieties carrying different resistance genes. *Russ. J. Ecology*, 2012b, vol. 43, no. 3, pp. 204–209. DOI: 10.1134/S1067413612030137.