

СЕЛЕКЦИЯ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДНЫМ КЛОПАМ (*EURYGASTER SPP.*): НЕТ ЛИ РИСКА?

В.А. Крупнов

ГНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока,
Саратов, Россия, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Пшеница является повседневным ценнейшим продуктом питания, но она вызывает аллергию или целиакию примерно у 1 из 100 человек (прежде всего у детей). Во многих регионах вредные клопы сильно снижают урожай и качество зерна. В условиях потепления климата создаются благоприятные условия для расширения ареала распространения и «усиления вредоносности» клопов. В селекции из двух известных подходов (генетическая защита растений – материнского организма и генетическая защита потомства – семян) первый подход представляется менее рискованным для здоровья человека. Пшеница нуждается в такой защите от вредителей, при которой не снижаются не только реологические свойства клейковины, но также и питательная ценность зерна. Основной путь решения этой проблемы – это разработка интегрированной системы управления численностью клопов, включающей наряду с технологическими, биологическими, химическими методами и генетическую защиту, которые в комплексе позволили бы выращивать экологически безопасную пшеницу. Весьма актуально также создание сортов пшеницы с пониженным содержанием в зерне детерминантов аллергии и целиакии.

Ключевые слова: вредные клопы, устойчивость растений, устойчивость семян, потери урожая, снижение качества зерна, аллергия, целиакия.

Пшеница – исключительно ценный продукт питания: она богаче риса белком (в 1,5–2 раза), большая часть его представлена уникальной, вязкоэластичной клейковиной (глиадины и глютенины), что позволяет выпекать хлеб, изготавливать лапшу, спагетти и многие другие ценнейшие продукты повседневного питания. В зерне имеются все незаменимые аминокислоты, макро- и микроэлементы, витамины; в нем значительно больше, чем в зерне риса, компонентов диетических волокон, крайне важных для питания человека (Shewry, 2009; Okarter *et al.*, 2010). Производство пшеницы растет в тесной связи с ростом народонаселения на планете. В настоящее время валовой сбор зерна пшеницы превышает 600 млн т в год, т. е. приближается к 100 кг зерна на душу населения (<http://faostat.fao.org/>). В последнее время наметилась тенденция к увеличению потребления пшеницы в странах Юго-Восточной Азии, а также в США (Rubio-Tapia *et al.*, 2009; Atchison *et al.*, 2010).

Ущерб от клопов. На Ближнем и Среднем Востоке, в Центральной Азии, на Севере Африки, Востоке и Юго-Востоке Европы большой ущерб урожаю и качеству зерна пшеницы наносят клопы: клоп вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Puton.), маврский клоп (*E. maura* L.) и австрийский клоп (*E. austriacus* Schr.) (El Bouhssini *et al.*, 2009; Mehrabadi *et al.*, 2010). Эти клопы не менее вредоносны и в нашей стране, особенно на Северном Кавказе, в Нижнем и Среднем Поволжье и сопредельных регионах (Каменченко и др., 2010). Клопы имеют одну генерацию в год с обязательной диапаузой во взрослом состоянии, весьма теплолюбивы, наивысшую активность проявляют при 25–30 °C и выше (Iranipour *et al.*, 2010; Mehrabadi *et al.*, 2010), могут мигрировать на многие километры (Гриванов, Захаров, 1958) и подниматься в горы на высоту до 1800–2000 м (Parker *et al.*, 2011). Потепление климата способствует расширению ареала их распространения и вредоносности. При теплой солнечной погоде перезимовавшие

клопы спариваются и самки откладывают на листья пшеницы, ячменя, ржи, овса до 100–150 яиц и более.

В Нижнем Поволжье массовое размножение клопов, в особенности вредной черепашки, наблюдалось в 1900–1905, 1909–1912, 1938–1942, 1953–1958, 1964–1968, 1982–1984, 1998–2002, 2008–2010 гг., как правило, в сочетании с ранневесенней и летней засухой, теплой сухой осенью и глубоким снежным покровом, устанавливающимся с первой половины зимы (Гриванов, Захаров, 1958; Каменченко и др., 2010).

Перезимовавшие клопы питаются на растениях в течение всего периода вегетации. При этом наблюдаются увядание и засыхание как листьев, так стеблей, а также уродливость и «белокolosость», изреживание стеблестоя. Чем больше клопов на колосе, тем выше потери урожая – снижение числа и массы 1000 зерен, натурной массы зерна. В годы массового размножения они могут полностью уничтожить урожай (Гриванов, Захаров, 1958; Kinaci E., Kinaci G., 2007).

Клопы наносят также большой вред качеству зерна: в нем снижается содержание белка и клейковины, резко ухудшается «сила» (вязкость, эластичность) клейковины (Sivri *et al.*, 1999; Rosell *et al.*, 2002; Aja *et al.*, 2004; Olanca *et al.*, 2009) и она становится непригодной для выпечки высококачественного хлеба (Кретович, Токарев, 1938; Kretovich, 1944; Марушев, 1968; Козьмина, 1976; Емельянов, 1992; Теняева, 2004; Kinaci E., Kinaci G., 2007), а также для изготовления макаронных изделий и других продуктов (Ozderen *et al.*, 2008; Гапонов и др., 2009; Salis *et al.*, 2010).

Взаимодействие фитофага и растения. В последнее время значительно продвинулось изучение механизмов взаимодействия клопов с формирующимся на материнском растении семенами (Hosseininaveh *et al.*, 2009; Mehrabadi, Bandani, 2009; Darkoh *et al.*, 2010; Mehrabadi *et al.*, 2010; Zibae *et al.*, 2011).

Снаружи зерновка защищена цветочной и колосковой пленками, однако эти барьеры (как и другие морфологические признаки) не представляют особых трудностей для клопа, его стилет (колюще-сосущий аппарат) преодолевает и плодовую, и семенную оболочки и внедряется в самых различных местах: от хохолка до зародыша.

Вокруг клопиных проколов резко изменяется цвет зерновки (белесые пятна, иногда с черной точкой в месте укула). Со слюной клоп вводит в зерно различные протеолитические и амилолитические ферменты, при этом α -амилаза превращает крахмал в мальтозу, которая затем гидролизуется глюкозидазой в глюкозу; оптимальная температура активности α -амилазы 30–35 °C (Mehrabadi *et al.*, 2009, 2010). Недавно из зерна пшеницы, поврежденного *Eurygaster integriceps*, выделен и идентифицирован еще один фермент – пролил эндопротеаза (prolyl endoprotease), который относится к отдельному классу сериновых протеаз (Darkoh *et al.*, 2010).

Основными протеолитическими ферментами клопов являются химотрипсин и трипсин, которые гидролизуют белки, оптимальная температура их активности около 30–35 °C (Hosseininaveh *et al.*, 2009). Высокомолекулярные глютеины, по-видимому, более чувствительны к протеолитическим ферментам, чем глиадины (Sivri *et al.*, 1998, 1999).

Обычно изучается влияние клопов только на муку и семолину, между тем огромную ценность представляют также отруби (покровы зерновки), составляющие не менее 15 % от массы зерна (Jerkovic *et al.*, 2010). Отруби богаты растворимыми и нерастворимыми диетическими волокнами и биологически активными компонентами, крайне важными для нормального функционирования кишечника и предупреждения сердечно-сосудистых болезней (Vitaglione *et al.*, 2008).

Против ферментов, вводимых клопами в зерновку, мобилизуются ингибиторы α -амилазы, химотрипсина, трипсина, в частности, весьма эффективные ингибиторы α -амилазы обнаружены в семенах тритикале (T-O±AI) (Mehrabadi *et al.*, 2010). Однако последствия взаимодействия между этими ферментами клопов и их ингибиторами неизвестны. Судя по данным исследований на трансгенных растениях, экспрессия рекомбинантных ингибиторов протеиназ может сопровождаться самыми неожиданными плейотропными эффектами (Schlüter *et al.*, 2010).

Борьба с клопами. У клопов много врагов, представленных разными видами хищников, паразитов и патогенов, которые в природных

условиях накладывают значимый отпечаток на размножение популяций вредителя (Алехин, 2002; Canhilal *et al.*, 2008; Kutuk *et al.*, 2010). Однако этот путь биологического управления численностью клопов еще не получил развития (Алехин, 2002). Пока основным средством их уничтожения являются инсектициды. В середине прошлого века широко применяли опыливание посевов дустом ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан) (Гриванов, Захаров, 1958), который оказал огромное отрицательное влияние на окружающую среду, включая водную биоту. В последние годы посевы обрабатывают новыми менее опасными инсектицидами (децис-экстра, кинмикс, кинфос, моспилан, БИ-58 Новый др.) (Каменченко и др., 2010). При этом растут цены как на пестициды, так и на обработку ими посевов, загрязняется окружающая среда.

Как показал опыт трансгенной селекции кукурузы и других культур, использование Vt-протоксинов от *Bacillus thuringiensis* Berl. позволяет вполне успешно защищать растения от некоторых весьма опасных насекомых. Между тем против создания и внедрения на фермерские поля аналогичной трансгенной пшеницы решительно выступает общественность во многих странах, особенно в Европе (Shewry, 2009).

Подходы традиционной селекции. В связи с тем что клопы кормятся как на растениях, так и на зерне, предложены два подхода к селекции пшеницы на устойчивость к этим вредителям: 1) генетическая защита растений, т. е. материнского организма и 2) генетическая защита семян в процессе их формирования и созревания.

Первый подход основан на возможности выявления морфологических и физиологических признаков – детерминантов устойчивости к клопам вегетативных частей растений (побеги, листья, колос). Известны сообщения о влиянии на устойчивость к клопам остистости/безостости колоса, плотности прилегания чешуй к зерну и других признаков (Пайкин, Степаненко, 1958; Сусидко, Федько, 1977). Эти различия обычно наблюдаются в условиях естественного заселения растений на делянках сортов и линий в селекционных посевах, когда клоп имеет «право» выбора.

Как показывают исследования в ИКАРДА (The International Center for Agricultural Research

in the Dry Areas, ICARDA), расположенном на севере Сирии, для выявления сортов и линий, устойчивых к клопам, нужны контролируемые условия, при которых можно равномерно заселить клопами все растения на каждой делянке посева. В результате скрининга генотипов из мировой коллекции в поле в тканевых садках размером (6 × 9 × 3 м), в которые вносят вышедших из зимовки клопов из расчета 6 особей на 1 м², выявлены 1 образец твердой пшеницы и 8 образцов мягкой пшеницы с «хорошим уровнем устойчивости» растений в фазу трубкования (El Bouhssini *et al.*, 2009). Создание сортов с использованием этих образцов должно показать, насколько они ценны для повышения уровня устойчивости растений к клопам, а также насколько при этом типе устойчивости изменяется питательная ценность и безопасность продукции для человека.

В нашей стране большое внимание уделяется второму подходу (генетическая защита семян) как более доступному (Шапиро, Вилкова, 1976; Емельянов, 1992; Кузьменко, 2005). Этот подход основан на многочисленных работах, свидетельствующих о достоверных различиях между сортами по степени снижения качества зерна, поврежденного клопами. При этом о качестве зерна обычно судят на основе общепринятых методов оценки (анализ содержания белка и клейковины, ее реологических свойств и качества конечной продукции (хлеб, спагетти и другие изделия). У неустойчивых сортов уже при повреждении свыше 5 % зерна качество, как правило, снижается достоверно (Karababa, Ozan, 1998; Hariri *et al.*, 2000; Гапонов и др., 2009). Между тем у устойчивых сортов и линий снижение качества начинается при более высоком проценте повреждения. Например, сорта озимой пшеницы: Саратовская 90, Саратовская остистая, Смуглянка; яровой мягкой пшеницы: Саратовская 29, Саратовская 42, Саратовская 62, Саратовская 70, Прохоровка, яровой твердой пшеницы – Людмила, Краснокутка 10, Валентина – в период с 2000 по 2005 гг. при повреждении клопом до 15–20 % зерна показали высокий уровень качества клейковины (Каменченко и др., 2010). Не исключено, что такой высокий уровень устойчивости зерна к повреждениям вредителями связан с непрерывным отбором на урожай и высокое качество зерна,

который проводится с 1911 г. в условиях почти ежегодного нашествия на селекционные поля вредных клопов (Марушев, 1968; Мамонтова, 1980; Васильчук, 2001; Кузьменко, 2005).

Высокое качество зерна детерминируется в основном высокомолекулярными глютеинами (Payne *et al.*, 1979; Rakszegi *et al.*, 2008). Поэтому неслучайно отмечается ассоциация устойчивости качества зерна к клопу с определенными субъединицами высокомолекулярных глютеинов (Fatehi *et al.*, 2009; Hossaini *et al.*, 2009). Не исключено, что чем выше уровень «силы» клейковины, тем выше запас прочности у клейковины в случае повреждения клопами.

В детерминации качества зерна определенную роль играет глиадин (Khatkar *et al.*, 2002; Теняева, 2004). Сообщается об отрицательном влиянии источника корма на жизнеспособность и плодовитость фитофага (Шапиро, Вилкова, 1976; Теняева, 2004). Неблагоприятное влияние глиадина на кишечник (индукция энтеропатии) подтверждается экспериментами на молодых крысах (Stepankova *et al.*, 2003). Некоторые сорта мягкой пшеницы, устойчивые к клопам, занимают огромные площади, например, под сортом Саратовская 29 они превышали 21 млн га (Мамонтова, 1980), как эти сорта влияют на состав популяций клопов, не известно.

При этих двух подходах к селекции на устойчивость к вредителям зерна нельзя не учитывать две очень важные особенности пшеницы.

Аллергия и целиакия. Пшеница входит в первую восьмерку аллергенов (the «big eight» food allergens), которые провоцируют 90 % реакций пищевой аллергии (Shewry, 2009). Основными проявлениями пшеничной аллергии могут быть астма, анафилаксия, носовая аллергия, крапивница, экзема, атопия, чувствительность к аспирину и пшеничная аллергия, ревматоидные артриты (Inomata, 2009; Morita *et al.*, 2009; Shewry, 2009). Аллергия на пшеничную муку и изделия из нее проявляется у генетически предрасположенных людей с частотой от 1 : 70 до 1 : 200 (Caputo *et al.*, 2010).

Пшеница является также фактором целиакии (celiac disease), которая представляет собой атрофию ворсинок слизистой оболочки тонкой кишки и нарушение всасывания пищи, содержащей в клейковине белки. Хрониче-

скими симптомами целиакии являются боли в кишечнике, диарея, головная боль, замедление роста, остеопороз, бесплодие, лимфома и другие болезни. Встречается она у генетически предрасположенных детей и взрослых не реже, чем аллергия, в большинстве районов мира (Vader *et al.*, 2003; Wieser, Koehler 2008; Camarca *et al.*, 2009; Cummins, Roberts-Thomson, 2009; Vaccino *et al.*, 2009; Xie *et al.*, 2010; Zingone *et al.*, 2010). К сожалению, в доступных публикациях нам не удалось найти информации о частоте встречаемости аллергии и целиакии в нашей стране.

Эффекторами целиакии могут быть субъединицы низко- и высокомолекулярных глютеинов, α/β -, γ -, ω -глиадинов (van Herpen *et al.*, 2006; Stepniak *et al.*, 2008; Van den Broeck *et al.*, 2010). Эти особенности зерна пшеницы нельзя не учитывать в селекции. Не ведет ли отбор на сохранение хороших реологических показателей клейковины и технологических показателей конечной продукции из поврежденного зерна к накоплению генов (аллелей) – детерминантов еще более сильных аллергенов и антипитательных свойств у новых сортов? Не ведет ли повреждение клопами зерна к модификациям в экспрессии эпитопов аллергии и целиакии? Ведь только в клейковине различают около 100 индивидуальных белков (Shewry, 2009). Анализ 36 современных сортов и 50 старых ландрасов свидетельствует о тенденции к возрастанию частоты встречаемости в современных сортах детерминантов целиакии, в частности эпитопа Glia- $\alpha 9$ (Van den Broeck *et al.*, 2010).

Заключение

Во многих регионах России огромный урон урожаю и качеству зерна пшеницы наносят вредные клопы. Химическая защита от них требует непрерывного возрастания затрат на приобретение и внесение инсектицидов и далеко не безопасна для окружающей среды. При урожайности зерна не выше 1–1,5 т/га не каждый фермер решается использовать пестициды, особенно при низких ценах на товарное зерно. Заманчивы перспективы генетической и биологической защиты растений от клопов, но из-за отсутствия финансирования эти направления не развиваются в должных масштабах.

Селекция сводится в основном лишь к отбору на сохранение хороших реологических показателей клейковины и технологических показателей конечной продукции из поврежденного зерна. Сорты с этим типом устойчивости к клопам отвечают требованиям внутреннего рынка по содержанию клейковины. Однако питательная ценность этого зерна сомнительна. Россия является одним из крупнейших экспортеров пшеницы, и на мировой рынок нужно поставлять зерно, не поврежденное клопами. В селекции на устойчивость к клопам на переднем плане должна быть генетическая защита растений от переживавших клопов. Такие сорта должны стать одним из звеньев интегрированной системы управления численностью клопов, включающей наряду с технологическими и биологическими методами и химические средства. Россия – это страна, где традиционно уровень потребления хлеба высокий. Поэтому весьма актуально изучение содержания в отечественных сортах детерминантов аллергии и целиакии.

Литература

- Алехин В.Т. Вредная черепашка // Защита и карантин растений. 2002. № 4. С. 3–16.
- Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 123 с.
- Гриванов К.П., Захаров Л.З. Вредители полевых культур. Саратов: Сарат. кн. изд-во, 1958. 236 с.
- Гапонов С.Н., Васильчук Н.С., Шутарева Г.И. Влияние вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Puton.) на качество зерна твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) // Аграрный вестн. Юго-Востока. 2009. № 2. С. 23–26.
- Емельянов Н.А. Экологические основы регуляции численности и вредоносности вредной черепашки в Юго-Восточном регионе Европейской части страны: Автореф. дис. ... д-ра с-х. наук. СПб, 1992. 45 с.
- Каменченко С.Е., Лебедев В.Б., Наумова Т.В. Вредоносность клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*) // Аграрный вестн. Юго-Востока. 2010. № 1(4). С. 36–37.
- Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Колос, 1976. 375 с.
- Кретович В.Л., Токарев Р.Р. Биохимические изменения в зерне пшеницы, поврежденной клопом черепашкой // Биохимия. 1938. Т. 3. Вып. 3. С. 387–396.
- Кузьменко А.И. Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы (практическая селекция). Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2005. 300 с.
- Мамонтова В.Н. Селекция и семеноводство яровой пшеницы. М.: Колос, 1980. 287 с.
- Марушев А.И. Качество зерна пшениц Поволжья. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1968. 212 с.
- Пайкин Д.М., Степаненко Л.Е. Об устойчивости сортов пшениц к вредной черепашке // Бюл. науч.-техн. информ. по защите растений. ВИЗР. 1958. № 2. С. 3–6.
- Сусидко П.И., Федько И.А. Устойчивость озимой пшеницы к вредной черепашке // Защита растений. 1977. № 1. С. 23–24.
- Теняева О.Л. Глиадиновый комплекс зерна озимой пшеницы, устойчивой к вредной черепашке (*Eurygaster integriceps* Put.): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2004.
- Шапиро И.Д., Вилкова Н.А. Значение пищевого фактора в проблеме вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) // Тр. ВИЗР. Вопросы экологии вредных насекомых. Л., 1976. Вып. 48. С. 14–29.
- Aja S., Perez G., Rosell C.M. Wheat damage by *Aelia* spp. and *Eurygaster* spp.: effects on gluten and water-soluble compounds released by gluten hydrolysis // J. Cereal Sci. 2004. V. 39. P. 187–193.
- Atchison J., Head L., Gates A. Wheat as food, wheat as industrial substance; comparative geographies of transformation and mobility // Geoforum. 2010. V. 41. P. 236–246.
- Camarca A., Anderson R.P., Mamone G. *et al.* Intestinal T cell responses to gluten peptides are largely heterogeneous: implications for a peptide-based therapy in celiac disease // J. Immunol. 2009. V. 182. P. 4158–4166.
- Canhilar R., Reid W., Kutuk H., El-Bouhssini M. Susceptibility of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), to various entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) (PDF) // J. Agric. Urban Entom. 2008. V. 24. P. 19–26.
- Caputo I., Lepretti M., Martucciello S., Esposito C. Enzymatic strategies to detoxify gluten: implications for celiac disease // Enzyme Res. V. 2010. Article ID 174354, 9 pages, 2010. doi:10.4061/2010/174354.
- Cummins A.G., Roberts-Thomson I.C. Prevalence of celiac disease in the Asia-Pacific region // J. Gastroen. Hepatol. 2009. V. 24. P. 1347–1351.
- Darkoh C., El-Bouhssini M., Baum M., Clack B. Characterization of a prolyl endoprotease from *Eurygaster integriceps* Puton (Sunn pest) infested wheat // Arch. Insect. Biochem. Physiol. 2010. V. 74. P. 163–178.
- El Bouhssini M., Street K., Joubi A. *et al.* Sources of wheat resistance to Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton, in Syria // Genet. Resources and Crop Evol. 2009. V. 56. P. 1065–1069.
- Fatehi F., Behamta M.R., Zali A.A. Evaluating the resistance to sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.)

- and its relationship with high-molecular-weight glutenin subunit in wheat // *Asian J. Plant Sci.* 2009. V. 8. P. 82–85.
- Hariri G., Williams P.C., El-Harameinc F.J. Influence of pentatomid insects on the physical dough properties and two-layered flat bread baking quality of syrian wheat // *J. Cereal Sci.* 2000. V. 31. P. 111–118.
- Hossaini S.F., Haghparast R., Bahrami N., Haggi Y. Study of genetic variation of resistance to sunn pest using SPT index // *Asian J. Plant Sci.* 2009. V. 8. P. 380–384.
- Hosseiniaveh V., Bandani A., Hosseiniaveh F. Digestive proteolytic activity in the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* // *J. Insect. Sci.* 2009. V. 9. P. 70–78.
- Inomata N. Wheat allergy // *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.* 2009. V. 9. P. 238–244.
- Iranipour S., Pakdel A.K., Radjabi G. Life history parameters of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, held at four constant temperatures // *J. Insect. Sci.* 2010. V. 10. P. 106.
- Jerkovic A., Kriegel A.M., Bradner J.R. *et al.* Strategic distribution of protective proteins within bran layers of wheat protects the nutrient-rich endosperm // *Plant Physiol.* 2010. V. 152. P. 1459–1470.
- Karababa E., Ozan A.N. Effect of wheat bug (*Eurygaster integriceps*) damage on quality of a wheat variety grown in Turkey // *J. Sci. Food Agric.* 1998. V. 77. P. 399–403.
- Khatkar B.S., Fido R.J., Tatham A.S., Schofield J.D. Functional properties of wheat gliadins. I. Effects on mixing characteristics and bread making quality // *J. Cereal Sci.* 2002. V. 35. P. 299–306.
- Kinaci E., Kinaci G., Yildirim A.F., Atli A. Sunn pest problems in Central Anatolia and the role of wheat varieties in integrated control // *Euphytica.* 1998. V. 100. P. 63–67.
- Kinaci E., Kinaci G. Genotypic variations in yield and quality of wheat damaged by sunn pest (*Eurygaster spp.*) // *Pak. J. Bot.* 2007. V. 39. P. 397–403.
- Kretovich V.L. Biochemistry of the damage to grain by wheat bug // *Cereal Chem.* 1944. V. 21. P. 1–16.
- Kutuk H., Canhilal R., Islamoglu M. *et al.* Predicting the number of nymphal instars plus new-generation adults of the Sunn pest from overwintered adult densities and parasitism rates // *J. Pest Sci.* 2010. V. 83. P. 21–25.
- Mehrabadi M., Bandani A.R. Study on salivary glands α -amylase in wheat bug *Eurygaster maura* (Hemiptera: Scutelleridae) // *Am. J. Appl. Sci.* 2009. V. 6. P. 555–560.
- Mehrabadi M., Bandani A.R., Saadati F. Inhibition of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, α -amylases by α -amylase inhibitors (T- α AI) from Triticale // *J. Insect. Sci.* 2010. V. 10. P. 179.
- Mehrabadi M., Bandani A.R., Saadati F., Ravan S. Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Putton (Hemiptera: Scutelleridae), digestive α -amylase, α -glucosidase and β -glucosidase // *J. Asia Pacific Entomol.* 2009. V. 12. P. 79–83.
- Morita E., Matsuo H., Chinuki Y. *et al.* Food-dependent exercise-induced anaphylaxis -importance of omega-5 gliadin and HMW-glutenin as causative antigens for wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis // *Allergol. Int.* 2009. V. 58. P. 493–498.
- Okarter N., Liu C.-S., Sorrells M.E., Liu R.H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat // *Food Chem.* 2010. V. 119. P. 249–257.
- Olanca B., Sivri D., Koksels H. Effects of suni-bug (*Eurygaster spp.*) damage on size distribution of durum wheat (*Triticum durum* L.) proteins // *Eur. Food Res. Techn.* 2009. V. 229. P. 813–820.
- Ozderen T., Olanca B., Sanal T. *et al.* Effects of suni-bug (*Eurygaster spp.*) damage on semolina properties and spaghetti quality characteristics of durum wheats (*Triticum durum* L.) // *J. Cereal Sci.* 2008. V. 48. P. 464–470.
- Parker B.L., Amir-Maafi M., Skinner M. *et al.* Distribution of Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), in overwintering sites // *J. Asia-Pacific Entom.* 2011. V. 14. P. 83–88.
- Payne P.I., Corfield K.G., Blackman J.A. Identification of a high molecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with breadmaking quality in wheats of related pedigree // *Theor. Appl. Genet.* 1979. V. 55. P. 153–159.
- Rakszegi M., Pastori G., Jones H.D. *et al.* Technological quality of field-grown transgenic lines of commercial wheat cultivars expressing the 1Ax1 HMW glutenin subunit gene // *J. Cereal Sci.* 2008. V. 47. P. 310–321.
- Rosell C.M., Aja S., Bean S., Lookhart G. Effect of *Aelia spp.* and *Eurygaster spp.* damage on wheat proteins // *Cereal Chem.* 2002. V. 79. P. 801–805.
- Rubio-Tapia A., Kyle R.A., Kaplan E.L. *et al.* Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease // *Gastroenterology.* 2009. V. 137. P. 88–93.
- Salis L., Goula M., Valero J., Gordun E. Prolamin proteins alteration in durum wheat by species of the genus *Eurygaster* and *Aelia* (Insecta, Hemiptera) // *Spanish J. Agr. Res.* 2010. V. 8. P. 82–90.
- Shewry P.R. Wheat // *J. Exp. Bot.* 2009. V. 60. P. 1537–1553.
- Sivri D., Koksels H., Bushuk W. Effect of wheat bug (*Eurygaster maura*) proteolytic enzymes on electrophoretic properties of gluten proteins // *N.Z. J. Crop Hort. Sci.* 1998. V. 26. P. 117–125.
- Sivri D., Sapirstein H.D., Koksels H., Bushuk W. Effects of wheat bug (*Eurygaster maura*) protease on glutenin proteins // *Cereal Chem.* 1999. V. 76. P. 816–820.
- Schlüter U., Benchabane M., Munger A. *et al.* Recombinant protease inhibitors for herbivore pest control:

- a multitrophic perspective // *J. Exp. Bot.* 2010. V. 61. P. 4169–4183.
- Stepankova R., Kofronová O., Tucková L. *et al.* Experimentally induced gluten enteropathy and protective effect of epidermal growth factor in artificially fed neonatal rats // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2003. V. 36. P. 96–104.
- Stepniak D., Wiesner M., Ru A.H. *et al.* Large-scale characterization of natural ligands explains the unique gluten-binding properties of HLA-DQ2 // *J. Immunol.* 2008. V. 180. P. 3268–3278.
- Vaccino P., Becker H.A., Brandolini A. *et al.* A catalogue of *Triticum monococcum* genes encoding toxic and immunogenic peptides for celiac disease patients // *Mol. Gen. Genom.* 2009. V. 281. P. 289–300.
- Vader L.W., Stepniak D.T., Bunnik E.M. *et al.* Characterization of cereal toxicity for celiac disease patients based on protein homology in grains // *Gastroenterology.* 2003. V. 125. P. 1105–1113.
- van den Broeck H.C., de Jong H.C., Salentijn E.M. *et al.* Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease // *Theor. Appl. Genet.* 2010. V. 121. P. 1527–1539.
- van Herpen T.W.J.M., Goryunova S.V., van der Schoot J. *et al.* Alpha-gliadin genes from the A, B, and D genomes of wheat contain different sets of celiac disease epitopes // *BMC Genomics.* 2006. V. 7. P. 1–13.
- Vitaglione P., Napolitano A., Fogliano V. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut // *Trends in Food Sci. Techn.* 2008. V. 19. P. 451–463.
- Xie Z., Wang C., Wang K. *et al.* Molecular characterization of the celiac disease epitope domains in α -gliadin genes in *Aegilops tauschii* and hexaploid wheats (*Triticum aestivum* L.) // *Theor. Appl. Genet.* 2010. V. 121. P. 1239–1251.
- Wieser H., Koehler P. The biochemical basis of celiac disease // *Cereal Chem.* 2008. V. 85. P. 1–13.
- Zibae A., Bandani A.R., Malagoli D. Purification and characterization of phenoloxidase from the hemocytes of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) // *Compar. Biochem. Physiol. Part B: Biochem. and Mol. Biol.* 2011. V. 158. P. 117–123.
- Zingone F., Capone P., Ciacci C. Celiac disease: Alternatives to a gluten free diet // *World J. Gastrointest. Pharmacol. Ther.* 2010. 1(1). P. 36–39. Available from: URL: <http://www.wjgnet.com/2150-5349/full/v1/i1/36.htm> DOI: <http://dx.doi.org/10.4292/wjgpt.v1.i1.36>.

WHEAT BREEDING FOR RESISTANCE TO SUNN PEST (EURYGASTER SPP.): IS THERE ANY RISK?

V.A. Krupnov

Agricultural Research Institute for South-East Regions, Saratov, Russia,
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Summary

Wheat is among the most valuable daily foodstuff items. However, it induces allergy or celiac disease in approximately one of hundred persons. most often, in children. In many regions, harmful sunn bugs considerably reduce crop yield and grain quality. Climate warming provides favorable conditions for expansion of the geographic range of these bugs and enhances their harmfulness. There are two major approaches to tackle this problem: genetic protection of plants, the maternal organisms, and genetic protection of seeds, the progeny. The former approach appears to be less risky for human health. Wheat requires such protection against sunn bugs that would impair neither gluten rheology nor the nutritional value of grain. The basic way is the development of an integrated system for controlling bugs that would include, in addition to technological, biological, and chemical methods, genetic protection. Taken together, these components would allow growing environmentally safe wheat. It is also relevant to develop wheat cultivars with reduced contents of allergy and celiac disease determinants.

Key words: sunn pest, plant resistance, seed resistance, yield loss, grain quality deterioration, allergy, celiac disease.