

УДК 632.754.1

**ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ВРЕДНОЙ  
ЧЕРЕПАШКОЙ *EURYGASTER INTEGRICEPS* PUTON  
(HEMIPTERA, SCUTELLERIDAE): ДИАГНОСТИКА  
И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

© 2022 г. А. В. Капусткина, \* А. Н. Фролов \*\*

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
шоссе Подбельского, 3, С.-Петербург–Пушкин, 196608 Россия

\*e-mail: aleksandrakapustkina@gmail.com, \*\*e-mail: afrolov@vizr.spb.ru

Поступила в редакцию 14.02.2022 г.

После доработки 9.03.2022 г.

Принята к публикации 9.03.2022 г.

Клоп вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) – один из наиболее экономически опасных вредителей зерновых культур во многих странах мира. В статье представлен аналитический обзор мировой литературы, посвященной наносимому вредной черепашкой ущербу, и особенно вариабельности поврежденности зерна клопами и методам ее оценки. Хотя все известные в настоящее время методы диагностирования поврежденных клопами-черепашками зерен (в том числе визуальный, рентгенография, инфракрасная микроскопия и экспресс-метод сканирования) не лишены недостатков и требуют усовершенствования, наибольшими точностью и простотой применения при идентификации повреждений, наносимых вредной черепашкой, характеризуются инфракрасная микроскопия и компьютерное сканирование.

*Ключевые слова:* клоп вредная черепашка, *Eurygaster integriceps*, пшеница, вредоносность, поврежденность зерна, методы определения, устойчивые сорта.

**DOI:** 10.31857/S036714452201004X

Под названием «хлебные клопы» обычно понимают комплекс из более чем 20 представителей семейств черепашек (Scutelleridae), щитников (Pentatomidae) и слепняков (Miridae), питающихся семенами зерновых злаков. Среди этих насекомых особенно вредоносны виды рода *Eurygaster*, и в первую очередь вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Puton – наиболее экономически значимый вредитель зерновых культур в Евразии, в том числе на территории России, государств Восточной Европы, Западной и Средней Азии (Арешников, Старостин, 1992; Алехин, 2002; Moir, Szito, 2005; Popov et al., 2007; Павлюшин и др., 2010, 2015; Davari, Parker, 2018; Нейморовец, 2019). Вредная черепашка недаром отнесена к числу особо опасных вредных объектов (Перечень..., 2010), поскольку в годы массовых размножений клопы способны вызывать чрезвычайные ситуации в зерновых комплексах России, Турции, Ирана, Сирии и других стран (Javahery, 1995; Critchley, 1998; Алехин, 2002; El Bouhssini et al., 2002; Parker et al., 2002; Aja et al., 2004; Ozberk et al., 2005; Trissi et al., 2006; Павлюшин и др., 2010,

2015; Karimzadeh et al., 2011; Salis et al., 2013; Dizlek, Özer, 2017; Stankevych, Borta, 2019). Совершенно не удивительно, что такое пристальное внимание со стороны специалистов по защите растений и сельскохозяйственной энтомологии уделяется черепашке – одних лишь кандидатских диссертаций, посвященных изучению этого вредителя, выполнено на территории бывшего СССР более сотни, а докторских – не менее двух десятков (Фролов, 2019).

В то же время, несмотря на огромное количество работ, посвященных вредной черепашке, очень многие аспекты ее биологии все еще вызывают споры, например, вклад того или иного фактора в динамику численности вредителя. Несмотря на то, что биологии вредителя посвящено множество публикаций, точки зрения относительно роли большинства, если не практически всех факторов различаются кардинально, хотя очевидно, что условия для достижения определенного консенсуса давно созрели (Фролов, 2019). Такое состояние дел обусловлено не только широкой популяционной изменчивостью вредителя и разнообразием экологических и антропогенных условий, в которых он обитает, но и широким разбросом мнений специалистов о влиянии тех или иных факторов на развитие насекомого и даже о характере и степени наносимых им повреждений. Поэтому основной задачей настоящей статьи было рассмотрение основных проблем, связанных с вредной деятельностью клопов, и в первую очередь анализ ситуации, которая сложилась в настоящее время с методическими подходами, используемыми для оценки поврежденности зерна, их достоинств и недостатков, а также по возможности определение путей и способов их совершенствования, что в первую очередь необходимо для создания устойчивых к хлебным клопам сортов зерновых. Другой требующий детального рассмотрения важный вопрос – связь поврежденности зерна с численностью вредителя, а именно каких пределов может достигать поврежденность зерна клопами, как при отсутствии защитных мероприятий, так и при их проведении. Непосредственным поводом для написания данной статьи послужили критические замечания ряда отечественных специалистов, считающих, что статья А. В. Капусткиной и В. А. Хилевского, опубликованная в «Энтомологическом обозрении» в 2020 г., содержит завышенные показатели поврежденности зерна вредной черепашкой. Поскольку вопрос о степени повреждаемости зерновых культур хлебными клопами возникает среди специалистов по защите растений с удручающей регулярностью, требуется детально проанализировать и обобщить огромное количество научной информации об ущербе, наносимом зерну вредной черепашкой.

Известно, что степень поврежденности зерна клопами существенно варьирует в зависимости от самых разных факторов, и в первую очередь от времени, когда происходило питание насекомых на растении. Повреждения, нанесенные перезимовавшими имаго на ранних этапах органогенеза растений, вызывают количественные потери урожая за счет гибели продуктивных стеблей. В результате этого отмечается снижение натурности, количества и массы зерна, но при этом не затрагиваются его хлебопекарные качества. Питание личинок и взрослых особей нового (молодого) поколения происходит на формирующихся, развивающихся и зрелых зерновках. Пищеварительные ферменты вредной черепашки, введенные насекомым в эндосперм, существенно меняют физико-биохимические и молекулярно-генетические свойства зерна, что приводит к резкому ухудшению всех его потребительских качеств. Установлено, что характер влияния пищеварительных ферментов вредной черепашки на качество зерна варьирует в зависимости от очень многих факторов – приемов агротехники, метеоусловий,

сорта пшеницы, численности клопов на посевах, интенсивности повреждения и других (Karababa, Ozan, 1998; Sivri et al., 1999; Рябченко и др., 2000; Hariri et al., 2000; Trissi et al., 2006; Павлюшин и др., 2010, 2015; Salis et al., 2010; Konarev et al., 2011; Sanaey, Mirak, 2012; Özçandır, Özay, 2013; Mutlu et al., 2014; Allameh et al., 2015; Olanca et al., 2016; Dizlek, Özer, 2016, 2017; Stankevych, Borta, 2019; Конарев, 2020). О существенных негативных изменениях биохимического состава и ухудшении технологических и хлебопекарных свойств муки сообщается в случаях, когда клопами в партии зерна повреждено 2–15 % зерен (Critchley, 1998; Hariri et al., 2000; Теняева, 2004; Kinaci, Kinaci, 2004, 2007; Ozderen et al., 2008; Гапонов и др., 2009; Köksel et al., 2009; Емельянов, Критская, 2010; Павлюшин и др., 2010, 2015; Нецветаев и др., 2012; Torbica et al., 2014; Dizlek, Özer, 2016, 2017; Raparport et al., 2019), а при повреждении 6–20 % зерен отмечается снижение посевных качеств семян (Арешников, Старостин, 1992; Sheikh, Al Rahb, 1996; Лесовой, Фещин, 2000; Ozberk et al., 2005; Емельянов, Критская, 2010; Капусткина, 2011; Топчий, 2012; Бурлака, Каплин, 2015; Павлюшин и др., 2015; Капусткина, Нефедова, 2017). Кроме того, Б. Паркер с соавт. (Parker et al., 2011) сообщают, что сильное повреждение клопами-черепашками отрицательно отражается и на фуражных качествах зерна.

Для снижения численности и уменьшения вреда от клопов-черепашек на посевах зерновых культур разработан широкий комплекс защитных мероприятий, включающий выращивание устойчивых сортов, применение химических инсектицидов и биологических препаратов, выпуск энтомофагов, использование половых феромонов и различные агротехнические приемы. При этом, к сожалению, до сих пор во многих хозяйствах отдают безусловное предпочтение химическим средствам защиты растений, которые хотя и способны быстро снизить численность вредной черепашки до экономически приемлемого уровня, однако отличаются целым рядом отрицательных побочных эффектов (возникновение резистентности, гибель полезных организмов, загрязнение окружающей среды и т. д.). В результате этого ежегодно на защиту посевов зерновых культур от клопов-черепашек в мире выделяется от 40 до 60–70 миллионов долларов США (Javahery, 1995; Tafaghodinia, Majdabadi, 2006; Gözüaçık et al., 2010; Рылько, 2011; Павлюшин и др., 2015; Dizlek, Özer, 2016; Tonk et al., 2017), а вредоносность их не обнаруживает тенденции к снижению. При высокой численности вредной черепашки потери урожая могут составлять 20–30 % для ячменя и 50–90 % для пшеницы, а при отсутствии защитных мероприятий экономические потери способны достигать 100 % (Hariri et al., 2000; Kivan, Kilic, 2005; Yazgaç, Kirci, 2017; Вилкова и др., 2018).

На территории России в зависимости от региона, цели выращивания и применяемых защитных мероприятий поврежденность зерна пшеницы вредной черепашкой обычно колеблется в пределах от 0,2–12 до 18–35 %, а в отдельные годы и в исключительных случаях этот показатель может достигать 40–73,4 % (Критская, 2006; Каменченко, Наумова, 2008; Алехин, 2009; Вилкова и др., 2012; Павлюшин и др., 2015; Капусткина, Хилевский, 2020). Широкие пределы варьирования поврежденности зерна пшеницы клопами-черепашками вызывают дискуссии о точности выявленной степени поврежденности партий зерна между различными исследователями, специалистами районных пунктов оценки качества зерна, зернового производства и хлебопекарных предприятий. В особенности часто сомнению подвергаются высокие показатели поврежденности зерна пшеницы. Это связано с тем, что для производителей зерна его качество имеет первостепенное значение, так как оно влияет на цену

и окупаемость затрат на производство. Наличие в партии пшеницы 2–4 % зерен, поврежденных клопом-черепашкой, автоматически относит ее 3-му классу, а при наличии 5–7 % – переводит в категорию непродовольственной. Помимо этого, наличие более 1 % поврежденных зерен в продаваемых за границу партиях значительно снижает экспортную цену (Алехин, 2009; Рылько, 2011; Кошкин, 2020).

Очевидно, что необходимым, хотя и не достаточным условием подтверждения объективности информации, получаемой при использовании того или иного диагностического подхода при анализе поврежденности зерна вредной черепашкой, является наличие устойчивой и статистически достоверной связи между степенью поврежденности зерна и численностью вредителя на посевах пшеницы. Так, в исследованиях Р. Джанхилала с соавт. (Canhilal et al., 2005), выполненных в Турции, была показана связь между численностью личинок и имаго нового поколения на посевах и поврежденностью зерна, хотя связать процент белоколосости растений с плотностью перезимовавших клопов авторам не удалось. С другой стороны, в проведенной в Иране работе Н. Санайя и Т. Мирака (Sanaey, Mirak, 2012) достоверная положительная связь поврежденности растений с плотностью перезимовавших клопов в расчете на 1 м<sup>2</sup> была убедительно доказана. А. В. Капусткина и В. А. Хилевский (2020), использовавшие визуальный учет численности вредителя, инфракрасную микроскопию и компьютерное сканирование для оценки поврежденности зерна, продемонстрировали наличие тесной положительной связи поврежденности зерна с численностью личинок клопов на посевах озимой пшеницы в Ростовской обл. Установленные в этой работе показатели поврежденности зерна не должны вызывать особых сомнений, поскольку численность клопа вредной черепашки в этом регионе даже в годы депрессии оставалась на весьма высоком уровне, а следовательно, и вредоносность насекомого также сохранялась высокой.

Тем не менее, рассмотрим вопрос о зависимости поврежденности зерна от численности клопов более внимательно. Уровень поврежденности зерна можно рассчитать путем сопоставления количества зерен, поврежденных одной особью в течение ее онтогенеза, с количеством сформировавшихся зерен на единицу площади. Сравнение оценок плотности насекомых и степени поврежденности зерен показало, что одна личинка вредной черепашки за период своего развития способна повредить от 40–55 (Boyasoglu, 1998; Kinaci, Kinaci, 2007) до 100–270 зерновок (Алехин, 2002; Емельянов, Критская, 2010). Доля поврежденных зерен на 1 м<sup>2</sup> в этом случае составит около 0.5–3.7 %, а потери урожая в зависимости от зоны возделывания – 0.3–3.3 ц/га (Емельянов, 1992; Bahrami et al., 2003; Нейморовец и др., 2016). При численности 10 личинок и имаго нового поколения на 1 м<sup>2</sup> посева поврежденность зерен достигает 7 %, а в контролируемых условиях при плотности 3–38.7 особи на 1 м<sup>2</sup> варьирует от 0.5 до 9.7 %. При этом потери урожая колеблются от 60–380 до 1531 кг (Canhilal et al., 2005; Canhilal, 2016)! Столь впечатляющая вариабельность поврежденности зерна и потерь урожая объясняется влиянием экологических условий и разной устойчивостью высейных сортов к вредной черепашке.

Для выявления ожидаемого уровня вредоносности энтомологического объекта весьма полезно оценить потребность вредящей стадии в корме, которая естественным образом связана с массой тела насекомого (Зубков, 1995). Зная среднюю массу ушедшего на зимовку имаго клопа нового поколения и показатели элементов продуктивности (количество зерен в колосе, массу одного зерна и т. д.), с помощью правила Р. Линде-

мана можно охарактеризовать примерные потери массы зерна пшеницы при развитии 1 особи вредной черепашки. Известно, что при массе тела клопа, равной 120–140 мг, перезимовка насекомого должна пройти успешно, а при массе 90–100 мг большая часть клопов погибнет. Накопленная масса тела, а также развитие жирового тела существенно влияют и на способность клопов к размножению (Moir, Szito, 2005; Павлюшин и др., 2010; Иванцова, 2013). Конечно, размерные и весовые показатели элементов продуктивности пшеницы варьируют весьма значительно в зависимости от вида, сорта, применяемых агротехнических мероприятий и условий произрастания растений. Поэтому масса одной зерновки весьма изменчива, причем вариация наблюдается даже в пределах одного колоса: самые легкие зерна чаще встречаются в верхней части колоса, а более крупные формируются в средней и нижней его частях. В качестве базовой величины логично использовать значения элементов продуктивности модельного сорта мягкой озимой пшеницы, например, предложенные А. П. Самофаловым с соавт. (Самофалов и др., 2018).

Согласно правилу Р. Линдемана, за весь период развития одна особь клопа вредной черепашки для успешного его завершения должна потребить примерно 1200–1400 мг корма, что соответствует массе 26–30 целиком съеденных полновесных зерен пшеницы. Однако клопы, характеризующиеся внекишечным пищеварением, постоянно меняют места питания, причем уровень потерь массы зерен при повреждении вредной черепашкой зависит как от фазы созревания, так и от стадии развития насекомого. В итоге средние значения потерь массы одной зерновки могут в зависимости от условий варьировать от 2.7 до 10.6 мг (Володичев, 1977). Получается, что одна особь вредной черепашки способна повредить от 109 до 518 зерен пшеницы, что составляет 0.5–2.8 % от общего количества зерновок на 1 м<sup>2</sup> посева. Таким образом, при численности клопов, варьирующей от 4 до 22 особей на 1 м<sup>2</sup> посева пшеницы, поврежденность зерна без применения инсектицидов может колебаться в очень широких пределах – от 2 до 61.9 %, что отлично согласуется с фактическими данными, представленными в статье А. В. Капусткиной и В. А. Хилевского (2020).

Что касается порой наблюдаемого высокого процента поврежденности зерна клопами на обработанных инсектицидами посевах пшеницы (Капусткина, Хилевский, 2020), то здесь следует отметить, что, во-первых, применение химических препаратов хотя и снижает ожидаемые в будущем потери урожая растений и численность фитофага на посевах, но не обеспечивает сохранности всех свойств зерна, ведь нанесенный ранее вред никуда не исчезает. Во-вторых, и после обработки на посевах пшеницы остается часть популяции вредной черепашки (тем более значительная, чем выше уровень резистентности насекомых к пестициду), которая продолжает развиваться на растениях вплоть до уборки, питаясь формирующимся зерном. На посевах, где эффективность применяемого препарата недостаточно высока, численность и вредоносность клопа могут сохраняться на весьма значительном уровне. В цитированной выше статье (Капусткина, Хилевский, 2020) подчеркивалось, что эффективность применявшихся инсектицидов бывала нестабильной и зависела от многих факторов (сроков применения, метеоусловий и т. д.). Так или иначе, вывод очевиден: использованные А. В. Капусткиной и В. А. Хилевским (2020) методы инфракрасной микроскопии и компьютерного сканирования продемонстрировали свою объективность при оценке степени поврежденности зерна вредной черепашкой, в связи с чем заслуживают широкого практического применения, в первую очередь там, где точность оценки поврежденности критически важна.

Пока на практике наиболее широко распространенным методом выявления зерна, поврежденного клопом-черепашкой, остается визуальный с использованием лупы или стереоскопических микроскопов (Алехин, 2002; Köksel et al., 2002; ГОСТ 30483–97, 2009; Дерев, 2009; Dizlek, Islamoglu, 2010; Бурлака, Каплин, 2015; Tonk et al., 2017; Aydoğan, Ünlü, 2020, и др.). Данный подход позволяет проводить оценку поврежденности зерна вредной черепашкой в момент уборки урожая. Суть этого подхода заключается в идентификации на поверхности зерен светло-желтых, четко очерченных, часто вдавленных пятен с темной «точкой» как индикаторов мест прокола стилетами клопа. Область повреждения при этом характеризуется рыхлой и мучнистой консистенцией, а при надавливании легко крошится. Кроме того, внешний вид зоны повреждения зерновки различен в зависимости от того, в какой период ее развития питалась вредная черепашка и каков при этом был возраст насекомого, причем места питания клопов на полустекловидных и мучнистых зерновках выявить довольно сложно. Поврежденные зерна часто сохраняют обычные размер и форму, в результате чего их невозможно отделить при очистке. Не зная всех этих особенностей, легко провести неправильную диагностику поврежденности черепашкой зерна пшеницы, т. е. здоровые, мучнистые и желтобокие зерновки можно отнести к категории поврежденных и наоборот. Исходя из сказанного, основной недостаток визуального подхода – его субъективность, низкая достоверность при диагностировании и сложность в оценке степени вреда, нанесенного зерну вредной черепашкой. В целом же, при использовании данного метода происходит, как правило, значительная недооценка процента поврежденности зерна клопами. Поэтому для более достоверной оценки поврежденности зерна зерновых культур вредной черепашкой предложены разные инструментальные методы.

Среди наиболее точных инструментальных подходов следует в первую очередь упомянуть мягколучевую микрофокусную рентгенографию (Архипов, Потрахов, 2008; Архипов и др., 2013; Прияткин и др., 2018; Назарова, Залетова, 2019). Рентгеновские снимки, полученные с помощью рентгенодиагностической установки ПРДУ-02 или ее аналогов, позволяют высоко достоверно, независимо от зоны питания вредной черепашки и визуальных признаков, выявлять поврежденные ею зерна, а также обнаруживать скрытую заселенность зерновок вредителями запасов и идентифицировать структурные дефекты. Правда, из-за того, что зерновки на приемнике излучения располагаются в одной плоскости, визуализация интенсивности повреждений и дефектов структуры семян, особенно при слабых повреждениях, не достигает 100%-ной точности (Demyanchuk et al., 2011; Прияткин и др., 2018).

Другой интроскопический метод диагностики поврежденности зерна черепашкой – микроскопия с использованием инфракрасных лучей (Вилкова и др., 1976; Павлюшин и др., 2010, 2015; ГОСТ 33538–2015, 2018; Armstrong et al., 2019). Принцип данного подхода основан на том, что инфракрасный свет, проходя сквозь зерно, задерживается в местах поврежденного стилетами клопов эндосперма, затемняя их и делая видимыми. Достоинства инфракрасной визуализации – возможность достоверно идентифицировать желтобокое зерно, выявить различные физиологические дефекты, объективно определить по специфике области повреждения зерна видовую принадлежность питавшегося насекомого и оценить интенсивность повреждения им зерновок (Павлюшин и др., 2010, 2015; Вилкова и др., 2018; ГОСТ 33538–2015, 2018). Помимо диагностирования мест повреждений хлебными клопами спектроскопические методы, основанные на использовании инфракрасного света ближнего и среднего диапазонов в

сочетании с мультиспектральной визуализацией, позволяют провести анализ качества зерна, определить его сортовую принадлежность и даже выявить среди зерен пораженные грибной инфекцией (Vrešak et al., 2016). Недостатками данного подхода считаются неразработанность алгоритмов компьютерной обработки полученных данных и низкая производительность работы, так как для оценки поврежденности зерна клопами необходимо тщательно осматривать под инфракрасными лучами каждое зерно в пробе по отдельности.

На базе инфракрасной микроскопии в ВИЗР был разработан экспресс-метод диагностики и анализа зерновых партий с использованием цветного планшетного сканера (Вилкова и др., 2006, 2018; Павлюшин и др., 2010, 2015; ГОСТ 33538–2015, 2018). По сравнению с предыдущим методом этот способ менее трудоемок, более прост и экономически выгоден в эксплуатации, что связано с возможностью проанализировать одновременно несколько проб зерна. Сканирующий эффект и цветовая трансформация в зависимости от плотности структуры эндосперма в местах питания насекомых делает отчетливо видимыми локализацию и глубину повреждения ими зерновок, что позволяет объективно проводить диагностику поврежденности зерна. Из недостатков метода можно отметить отсутствие программного обеспечения для автоматического анализа пробы зерна (длины, формы, цвета, различных дефектов и т. д.), а также влияние эффекта плоскости расположения зерна в пробе на степень визуализации интенсивности повреждений и дефектов структуры семян, особенно при слабых повреждениях.

Помимо названных, для оценки поврежденности зерна клопом вредной черепашкой применяют и другие методы: нингидриновый (Янишевская, Шерман, 1989), газоразрядной визуализации (Архипов и др., 2017; Прияткин и др., 2018), метод моделирования нагрузки поврежденности (Емельянов, 1992; Емельянов, Критская, 2010), лазерной фотометрии, компьютерной микрографии (Arkhipov et al., 2015; Прияткин и др., 2018), искусственных нейронных сетей (Babalik et al., 2007; Basati et al., 2018). Используются для диагностики также различные биохимические подходы (Konarev et al., 2011; Конарев и др., 2014; Vaccino et al., 2017) и методы оценки хлебопекарных качеств поврежденного зерна (метод фаринографа Vrabende, метод экстенсиметра Шопена, модифицированный SDS-седиментационный тест и др.) (Every, 1992; Бебякин и др., 2001; Нецветаев и др., 2012; Шаболкина и др., 2012). Однако названные методы, несмотря на все их достоинства, требуют хорошо оснащенной лаборатории с дорогостоящим оборудованием, штата высококвалифицированных специалистов, сложной подготовки зерновых проб для анализа, специализированных химических реактивов и разработки специальных алгоритмов компьютерной обработки данных анализа зерна. В связи с этим, ряд подходов к выявлению поврежденного клопами-черепашками зерна не нашел практического применения.

Краткая характеристика методических приемов выявления повреждений, причиняемых клопами-черепашками рода *Eurygaster*, дана в обзоре В. В. Нейморовца с соавт. (Нейморовец и др., 2016), основной вывод которого гласит, что используемые ныне методы все еще нуждаются в доработке с целью повышения точности учета повреждений и интерпретации полученных результатов. Проведенный нами анализ также свидетельствует, что пока еще не предложено идеального метода диагностирования поврежденности зерна вредной черепашкой. Применяемые подходы существенно различаются способами выявления поврежденности и разрешающей способностью (Вил-

кова и др., 1976, 2006; Володичев, 1978; Емельянов, 1992; Павлюшин и др., 2010, 2015; Dizlek, Islamoglu, 2010, 2015; Arkhipov et al., 2015; Dizlek, Özer, 2016; Прияткин и др., 2018, и др.), однако на практике в большинстве случаев оценка поврежденности зерна клопами-черепашками либо осуществляется традиционным визуальным методом, либо партии проверяют лишь на соответствие основным качественным характеристикам зерна и на скрытую зараженность вредителями запасов.

При этом очевидно, что использование визуального подхода, обеспечивающего получение в целом заниженных оценок поврежденности зерна вредной черепашкой в партиях зерновых культур, выгодно производителям пшеницы, особенно на фоне роста экспортных цен, так как высокие показатели поврежденности могут существенно снизить рыночную цену партии, а следовательно, привести к значительным убыткам как производителей пшеницы, так экспортеров.

Задача провести как можно более объективное диагностирование степени поврежденности зерна вредной черепашкой представляется весьма важной, если не в коммерческих, то в научных целях. Так, использование в селекции более совершенных подходов для оценки поврежденности зерна вредной черепашкой облегчит и ускорит работу, направленную на поиски доноров и источников для создания устойчивых к вредителю сортов. Известно, что возделывание таких сортов – один из наиболее эффективных и экономически оправданных подходов в защите зерновых культур от вредной черепашки, позволяющий существенно сократить применение пестицидов (Шапиро, 1985). Это особенно важно сейчас, когда в глобальном масштабе решаются задачи, направленные на повышение урожайности сельскохозяйственных культур при ограничении негативного воздействия на окружающую среду. К сожалению, насыщенность посевов устойчивыми сортами сельскохозяйственных культур пока еще не превышает 10 % (Javahery et al., 2000; Kinaci, Kinaci, 2007; El Bouhssini et al., 2009; Павлюшин и др., 2010, 2015; Paul et al., 2019), а в зерновом производстве она еще ниже. Недаром в утвержденной Правительством (Распоряжение..., 2019) стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации особое место отводится вопросам селекции и семеноводства зерновых культур.

Вопросам устойчивости зерновых культур к повреждениям клопами вредной черепашки в мире уделяется все больше внимания. Опубликовано множество научных работ, посвященных выявлению и изучению механизмов иммунитета пшеницы к клопам-черепашкам, оценке существующих сортов и поискам доноров и источников устойчивости в мировых коллекциях. В частности, скрининг зерновых культур на устойчивость к вредителю позволил выделить из генного банка ICARDA (The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) 1 сорт твердой пшеницы, 8 сортов мягкой пшеницы и 1 вид дикого сородича *Aegilops umbellulata* Zhuk с «хорошим уровнем устойчивости» к повреждениям перезимовавшими клопами (Ali et al., 2009; El Bouhssini et al., 2009). Многолетние исследования, выполненные отечественными учеными, позволили обосновать методологию создания устойчивых к вредителям форм растений, изучить и выявить механизмы иммуногенетических барьеров растений, а также предложить модель сорта пшеницы, устойчивого к вредной черепашке и другим хлебным клопам (Вилкова и др., 2004; Павлюшин и др., 2015).

В ряде работ сообщается о связи поврежденности зерна с некоторыми морфологическими признаками растений пшеницы. Так, отмечалось, что остистые, опушенные, высокорослые сорта с плотным колосом и красным зерном сильнее повреждаются



вредной черепашкой по сравнению с безостыми, неопушенными, белозерными, низкорослыми сортами с рыхлым колосом (Сусидко, Федько, 1997; Rezabeigi, 2007; Najafi Mirak, 2012; Бурлака, Каплин, 2015). Впрочем, другие исследователи придерживаются противоположного мнения. Так, в публикациях А. В. Капусткиной (2011) и В. А. Павлюшина с соавт. (Павлюшин и др., 2015) сообщалось, что безостый неопушенный рыхлый колос с ланцетовидными колосковыми чешуями сильнее повреждался насекомыми, чем остистый опушенный плотный колос с широкими колосковыми чешуями. Е. Кинаджи и Дж. Кинаджи (Kinaci, Kinaci, 2004) обнаружили также, что сорта зерновых культур с белым зерном сильнее повреждались клопами-черепашками, чем краснозерные сорта. Кроме того, было установлено, что устойчивые к вредной черепашке сорта характеризуются высоким содержанием в эндосперме фракций крупных крахмальных зерен (более 50 %). И наоборот, сорта, в эндосперме которых преобладает фракция мелких крахмальных зерен, сильнее повреждаются клопами (Шапири, Нефедова, 1985; Rezabeigi et al., 2007; Najafi Mirak, 2012; Павлюшин и др., 2015). С другой стороны, Т. Наджафи Мирак с соавторами (Najafi Mirak et al., 2008) не наблюдали существенной корреляции между устойчивостью пшеницы к повреждениям личинками вредной черепашки и морфофизиологическими признаками растений. Существует мнение, что зерно твердой пшеницы повреждается вредной черепашкой в меньшей степени, чем зерно мягкой (Paulian, Popov, 1980; Özkan et al., 1999; Rezabeigi, 2007), однако другие авторы придерживаются противоположного мнения (Kinaci et al., 1998; Kinaci, Kinaci, 2007). В целом считается, что сорта озимой пшеницы более устойчивы к повреждениям клопами-черепашками, нежели яровые (Sanaeu, Mirak, 2012). Высеv ранних сортов зерновых культур также позволяет снизить ущерб от повреждений клопов, сокращая численность насекомых (Павлюшин и др., 2010, 2015; Sanaeu, Mirak, 2012). Однако изучая устойчивость пшеницы к клопам-черепашкам, В. Дурич с соавт. (Đurić et al., 2014) показали, что раннеспелый сорт повреждался сильнее поздне- или среднеспелых сортов.

Таким образом, становится очевидно, что морфологические маркеры не обеспечивают надежного и эффективного отбора устойчивых к хлебным клопам форм зерновых культур. Поэтому в последнее время все больше внимания уделяется селекции, в том числе зерновых культур (Хлесткина и др., 2016), на основе использования молекулярных маркеров (Хлесткина, 2013). Указанная стратегия уже позволила обнаружить источники устойчивости к клопам среди первичных синтетических гексаплоидных пшениц, а также идентифицировать первый главный локус, связанный с устойчивостью мягкой пшеницы в фазу кущения к повреждениям перезимовавшими клопами-черепашками (El Bouhssini et al., 2009, 2013, 2021; Emebiri et al., 2017). Дальнейшая работа в этом направлении позволит не только выявлять ценные источники устойчивости пшеницы к данному виду, но и создавать на их основе устойчивые сорта. Кроме того, следует упомянуть о работах по созданию устойчивых к клопам-черепашкам сортов с использованием методов геномной инженерии (Гапоненко, 2006; Fadeev, Gaponenko, 2007).

Как уже говорилось выше, различия в степени и интенсивности поврежденности зерновок хлебными клопами во многом зависят от сорта и вида зерновой культуры, устойчивости к вредным насекомым, экологических условий зоны произрастания (Kinaci, Kinaci, 2007; Najafi Mirak et al., 2008; El Bouhssini et al., 2009; Hossaini et al., 2009; Đurić et al., 2014; Raparport et al., 2019). Важно отметить, что многие современные сорта пшеницы могут сохранять удовлетворительное качество зерна даже при вы-

сокой поврежденности клопом вредной черепашкой. Толерантная реакция пшеницы на негативное воздействие пищеварительных ферментов, возможно, связана со способностью частично восстанавливать поврежденную структуру высокомолекулярных белков (Каменченко и др., 2010; Шаболкина и др., 2012; Фоменко и др., 2015).

В целом, несмотря на большие усилия мирового научного сообщества в решении проблемы устойчивости зерновых культур к повреждениям вредной черепашкой, успехи в создании таких сортов пока еще довольно скромны. Особенно остро проблема создания устойчивых к вредной черепашке сортов зерновых культур стоит в нашей стране, которая является крупнейшим экспортером зерна пшеницы. При этом потребность российского рынка в семенах устойчивой к клопу пшеницы составляет примерно 1.5 миллиона тонн ежегодно. Пока работы в области устойчивости к клопу-черепашке главным образом сводятся к отбору толерантных генотипов, способных сохранять хорошие реологические показатели клейковины и высокие технологические показатели конечной продукции при повреждении клопами зерна (Шапиро, 1985; Жученко, 2004; Павлюшин и др., 2008, 2015; Крупнов, 2011).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рост и расширение производства зернового комплекса – одна из центральных задач сельского хозяйства России, от решения которой в значительной степени зависит продовольственная безопасность страны. На решение этой задачи направлена стратегия развития зернового комплекса РФ (Распоряжение Правительства РФ, 2019), предусматривающая усиление контроля за качеством зерновой продукции. Безусловно, одним из наиболее важных факторов, влияющих на качество зерна пшеницы, являются повреждения, наносимые клопами *Eurygaster integriceps* (Cul et al., 2006; Павлюшин и др., 2010, 2015). Вредная черепашка при благоприятных условиях развития способна нанести весьма существенный вред зерновым культурам – поврежденность ею зерна пшеницы может достигать 20 % и более, обнаруживая высоко достоверную связь с плотностью популяции вредителя (Капусткина, Хилевский, 2020).

Меняющиеся климатические условия, технологии выращивания и защиты растений, сортовой состав пшеницы по регионам и уровень их устойчивости к клопам оказывают, без сомнения, сильное влияние на развитие вредной черепашки и на наносимый ею ущерб (Moir, Szito, 2005; Павлюшин и др., 2015; Emebiri et al., 2017). Для снижения численности насекомого наиболее широко используются химические инсектициды, бесконтрольное применение которых приводит к серьезным негативным экологическим последствиям. Наилучший путь для минимизации применения химических средств защиты растений на посевах пшеницы – возделывание сортов, устойчивых к повреждению клопами. К сожалению, несмотря на огромный накопленный в данной области опыт и наличие современных технологий, усилия селекционеров, направленные на создание устойчивых к клопам сортов, пока еще оказываются совершенно недостаточными.

Оценку качества зерна селекционеры и производители проводят по минимальному количеству показателей, характеризующих его свойства (ГОСТ Р 52325–2005, 2009; ГОСТ 9353–2016, 2019), что очевидно не отвечает текущим условиям быстро развивающегося агропроизводства.

Для получения качественных урожаев зерновых культур важно продолжить усовершенствование запатентованных методов определения поврежденности зерна клопами и устранение выявляющихся у них недостатков. Новые методы должны быть максимально универсальными, с минимизированным мобильным комплектом оборудования, позволяющим проводить оценку зерна в полевых условиях, с разработанными алгоритмами компьютерной обработки данных.

Так или иначе, в настоящее время среди известных интроскопических лабораторных подходов к идентификации повреждений, наносимых вредной черепашкой, оптимальным сочетанием точности и минимизации затрат на проведение работ характеризуются методы инфракрасной микроскопии и компьютерного сканирования, разработанные в ФГБНУ ВИЗР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехин В. Т. 2002. Вредная черепашка. Защита и карантин растений **4**: 65–90.
- Алехин В. Т. 2009. Вредная черепашка и проблемы получения качественного зерна. Защита и карантин растений **5**: 6–7.
- Арешников Б. А., Старостин С. П. 1992. Вредная черепашка. М.: Агропромиздат, 63 с.
- Архипов М. В., Великанов Л. П., Желудков А. Г., Гусакова Л. П., Алферова Д. В., Потрахов Н. Н., Прияткин Н. С. 2013. Возможности биофизических методов в агрофизике и растениеводстве. Биотехносфера **6** (30): 40–43.
- Архипов М. В., Потрахов Н. Н. 2008. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: Технолит, 194 с.
- Архипов М. В., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П., Потрахов Н. Н., Кропотов Г. И. 2017. Неразрушающий контроль качества семян: возможности и перспективы. Труды Кубанского государственного аграрного университета **66**: 20–27.  
doi: 10.21515/1999-1703-66-20-27
- Бебякин В. М., Кулеватова Т. Б., Крупнова О. В. 2001. Новая методика тестирования зерна яровой мягкой пшеницы, поврежденного вредной черепашкой. Агро XXI **10**: 16–17.
- Бурлака Г. А., Каплин В. Г. 2015. Биоэкологическое обоснование защиты зерновых злаков от хлебных клопов (надсемейства Pentatomoidea) в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Кинель: РИЦ СГСХА, 145 с.
- Вилкова Н. А., Капусткина А. В., Конарев Ал. В., Фролов А. Н. 2018. Проблемы диагностики поврежденности зерна пшеницы хлебными клопами. Защита и карантин растений **9**: 3–8.
- Вилкова Н. А., Нефедова Л. И., Асякин Б. П., Фасулати С. Р., Конарев Ал. В., Юсупов Т. М. 2004. Научно обоснованные параметры конструирования устойчивых к вредителям сортов сельскохозяйственных культур. СПб.: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 76 с.
- Вилкова Н. А., Нефедова Л. И., Капусткина А. В. 2012. Поврежденность зерна пшеницы вредной черепашкой (*Eurygaster integriceps* Put.) в основных зонах возделывания. Вестник защиты растений **1**: 19–24.
- Вилкова Н. А., Нефедова Л. И., Худяков С. В. 2006. Способ диагностики поврежденности зерна пшеницы сосущими вредителями. Патент на изобретение № RU 2278502 C2, 27.06.2006. Заявка № 2004121732/13, 15.07.2004.
- Вилкова Н. А., Шапиро И. Д., Боршова Т. А. 1976. Использование инфракрасной микроскопии для диагностики повреждения и устойчивости зерновок к клопам. В кн.: Ю. Н. Фадеев (отв. ред.). Методы исследований патологических изменений растений. М.: Колос, с. 216–219.
- Володичев М. А. 1977. Вредоносность личинок клопа-черепашки. Защита растений **3**: 10–11.
- Володичев М. А. 1978. Рекомендации по определению потерь урожая от основных вредителей зерновых культур. М.: Россельхозиздат, 35 с.
- Гапоненко А. К. 2006. Способ создания растений пшеницы, устойчивой к клопу вредной черепашке (*Eurygaster integriceps* Puton). Патент на изобретение № RU 2277586 C2, 10.06.2006. Заявка № 2004138858/13, 30.12.2004.
- Гапонов С. Н., Васильчук Н. С., Шутарева Г. И. 2009. Влияние вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) на качество зерна твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.). Аграрный вестник Юго-Востока **2**: 23–26.

- ГОСТ 30483–97. 2009. «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси». М.: Стандартинформ, 19 с.
- ГОСТ 33538–2015. 2018. Защита растений. Методы выявления и учета поврежденных зерен злаковых культур клопами-черепашками. М.: Стандартинформ, 10 с.
- ГОСТ 9353–2016. 2019. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 11 с.
- ГОСТ Р 52325–2005. 2009. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 20 с.
- Деров А. Н. 2009. Вредоносность вредной черепашки на сортах озимой пшеницы. Зерновое хозяйство России **5**: 26–33.
- Емельянов Н. А. 1992. Экологические основы регуляции численности и вредоносности вредной черепашки в Юго-Восточном регионе Европейской части страны. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Саратов: Саратовский сельскохозяйственный институт им. Н. И. Вавилова, 688 с.
- Емельянов Н. А., Критская Е. Е. 2010. Вредная черепашка в Поволжье. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 380 с.
- Жученко А. А. 2004. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика) в 2 томах. Т. 1. М.: Агрорус, 690 с.
- Зубков А. Ф. 1995. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика. СПб., Пушкин: ВИЗР, 386 с.
- Иванцова Е. А. 2013. Биоэкология клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) в условиях Нижнего Поволжья. Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки **2** (6): 45–52.  
<https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2013.2.6>
- Каменченко С. Е., Лебедев В. Б., Наумова Т. В. 2010. Вредоносность клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*) и качество зерна. Аграрный вестник Юго-Востока **1** (4): 36–37.
- Каменченко С. Е., Наумова Т. В. 2008. Вредная черепашка и качество зерна пшеницы. Защита и карантин растений **9**: 30–32.
- Капусткина А. В. 2011. Проявление вредоносности вредной черепашки при повреждении семенного зерна пшеницы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СПб.–Пушкин: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАН, 20 с.
- Капусткина А. В., Нефедова Л. И. 2017. Жизнеспособность семян при повреждении пшеницы вредной черепашкой. Вестник защиты растений **2** (92): 22–28.
- Капусткина А. В., Хилевский В. А. 2020. Динамика численности и вредоносности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) в посевах зерновых культур степной зоны Предкавказья. Энтомологическое обозрение **99** (1): 71–78.  
<https://doi.org/10.31857/S0367144520010062>
- Конарев Ал. В. 2020. Пищеварительные гидролазы хлебных клопов: свойства, значение и возможные пути ограничения их активности. Вестник защиты растений **103** (2): 65–86.  
<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-2-13279>
- Конарев Ал. В., Долгих В. В., Сендерский И. В., Нефедова Л. И., Конарев А. В., Губарева Н. К. 2014. Свойства нативных и рекомбинантных протеиназ слюнных желез клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.), гидролизующих клейковину пшеницы. Вестник защиты растений **2**: 3–16.
- Кошкин Е. И. 2020. Патофизиология сельскохозяйственных культур. М.: РГ-Пресс, 304 с.
- Критская Е. Е. 2006. Агробиологическое обоснование использования поврежденного вредной черепашкой зерна яровой пшеницы на семена. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 23 с.
- Крупнов В. А. 2011. Селекция пшеницы на устойчивость к вредным клопам (*Eurygaster* spp.): нет ли риска? Вавиловский журнал генетики и селекции **15** (3): 572–578.
- Лесовой О. М., Фещин Д. М. 2000. Вредная черепашка в Украине. Защита и карантин растений **6**: 18–21.
- Назарова Н. Е., Залетова Т. В. 2019. Современные методы диагностики качества и обеззараживания зерна. В кн.: Е. А. Мелешкина (ред.). Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика», Москва, 19–20 февраля 2019 года. М.: Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, с. 261–267.
- Нейморовец В. В. 2019. Распространение видов рода *Eurygaster* (Heteroptera: Scutelleridae) на территории России. Вестник защиты растений **4** (102): 36–48.  
<http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-36-48>

- Нейморевец В. В., Конарев Ал. В., Нефедова Л. И., Гричанов И. Я. 2016. Методы выявления повреждений колоса и зерен злаковых культур клопами-черепашками рода *Eurygaster* (обзор). Защита и карантин растений **2**: 28–36.
- Нецветаев В. П., Рыжкова Т. А., Болховитина Е. А. 2012. Выявление зависимости хлебопекарного качества зерна мягкой пшеницы от воздействия клопа вредная черепашка. Современные проблемы науки и образования **6**: 545.
- Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И. 2010. Вредная черепашка: распространение, вредоносность, методы контроля. Защита и карантин растений **1** (Приложение): 53–84.
- Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И., Капусткина А. В. 2015. Вредная черепашка и другие хлебные клопы. СПб.: ВИЗР, 280 с.
- Павлюшин В. А., Фасулати С. Р., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И. 2008. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия. СПб.: ВИЗР, 120 с.
- Перечень особо опасных для продукции растительного происхождения вредных организмов. 2010. Вестник защиты растений **4**: 73–74.
- Прияткин Н. С., Архипов М. В., Гусакова Л. П., Потрахов Н. Н., Кропотов Г. И., Цибизов И. А., Винеров И. А. 2018. Интроскопические методы исследования качества семенного материала: состояние проблемы и перспективы использования. Агрофизика **2**: 29–39.  
<https://doi.org/10.25695/AGRPH.2018.02.05>
- Распоряжение Правительства РФ от 10 августа 2019 г. № 1796-р. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года.  
[URL: <http://static.government.ru/media/files/y11pA0ZfdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf>].
- Рылько Д. 2011. Вред от черепашки. Агроинвестор **5**: 26–27.
- Рябенко Н. А., Лошак А. И., Домашнева Е. В., Сидоренко Н. А. 2000. Молекулярно-генетические особенности вредоносности вредителей на зерновых культурах. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук **4**: 23–25.
- Самофалов А. П., Подгорный С. В., Скрипка О. В. 2018. Оптимальные параметры элементов продуктивности модельного сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного типа для условий юга Ростовской области. Зерновое хозяйство России **6**: 64–68.  
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-64-68>
- Сусидко П. И., Федько И. А. 1997. Устойчивость озимой пшеницы к вредной черепашке. Защита растений **1**: 23–24.
- Теняева О. Л. 2004. Глиадиновый комплекс зерна озимой пшеницы, устойчивой к вредной черепашке (*Eurygaster integriceps* Put.). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 28 с.
- Топчий Т. В. 2012. Хлібні клопи. Видовий склад та сезонна динаміка чисельності у соргових посівах озимої пшениці. Карантин і захист рослин **6**: 2–5.
- Фоменко М. А., Грабовец А. И., Мельникова О. В. 2015. Особенности селекции озимой мягкой пшеницы по нейтрализации воздействия фермента клопа вредная черепашка на качество зерна. Известия Оренбургского государственного аграрного университета **2** (52): 35–38.
- Фролов А. Н. 2019. Закономерности динамики численности вредителей и фитосанитарный прогноз. Вестник защиты растений **3** (101): 4–33.  
[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3\(101\)-4-33](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3(101)-4-33)
- Хлесткина Е. К. 2013. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции. Вавиловский журнал генетики и селекции **17** (4/2): 1044–1054.
- Хлесткина Е. К., Пшеничникова Т. А., Усенко Н. И., Отмахова Ю. С. 2016. Перспективные возможности использования молекулярно-генетических подходов для управления технологическими свойствами зерна пшеницы в контексте цепочки «зерно – мука – хлеб». Вавиловский журнал генетики и селекции **20** (4): 511–527.  
<https://doi.org/10.18699/VJ15.140>
- Шаболкина Е. Н., Сычёва О. М., Сюков В. В. 2012. Использование модифицированных методик оценки качества зерна пшеницы на фоне поражения клопом-черепашкой. Вавиловский журнал генетики и селекции **16** (4–2): 965–969.
- Шапиро И. Д. 1985. Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: Зоологический институт АН СССР, 321 с.
- Шапиро И. Д., Нефедова Л. И. 1985. Строение эндосперма – как критерий устойчивости пшеницы к вредной черепашке (*Eurygaster integriceps* Put.). В кн.: И. Д. Шапиро, Н. А. Вилкова (ред.). Устойчивость сель-

скохозяйственных растений к вредителям и проблемы защиты растений. Л.: Всесоюзный научно-исследовательский институт защиты растений ВАСХНИЛ, с. 28–34 (Сборник научных трудов Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений).

- Янишевская Л. В., Шерман Л. В. 1989. Способ определения поврежденности семян зерновых культур клопами. Авторское свидетельство на изобретение SU 1459642 A1, 23.02.1989. Заявка № 3917564/30-15, 02.07.1985.
- Aja S., Perez G., Rosell C. M. 2004. Wheat damage by *Aelia* spp. and *Eurygaster* spp: effects on gluten and water-soluble compounds released by gluten hydrolysis. *Journal of Cereal Science* **39** (2): 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.10.001>
- Ali L., El Bouhssini M., Al-Salti M. N., Valkoun J., Nachit M., Abdallah O., Singh M. 2009. Evaluation of some wheat and its wild relative accessions for resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.). *Arab Journal of Plant Protection* **27** (1): 73–78.
- Allameh A., Kadivar M., Shahedi M. 2015. The effect of bug damage on physicochemical, electrophoretic and quality factors of wheat gluten. *Journal of Food Biosciences and Technology* **5** (1): 13–22.
- Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Kulkov A. M. 2015. Visualization of internal structural defects of wheat seeds using micro CT. In: *Micro-CT User Meeting. Abstract Book*. Bruges, Belgium: Bruker micro-CT, p. 177–179.
- Armstrong P., Maghirang E., Ozulu M. 2019. Determining damage levels in wheat caused by Sunn pest (*Eurygaster integriceps*) using visible and near-infrared spectroscopy. *Journal of Cereal Science* **86**: 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.02.003>
- Aydoğan S., Ünlü L. 2020. Determination of damage rate of Sunn pest (*Eurygaster* spp.) and wheat sting bug (*Aelia* spp.) in some bread wheat varieties in Konya, Turkey. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* **34** (3): 193–199. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2020.216>
- Babalik A., Baykan O. K., Botsali F. M. 2007. Recognition of Sun-pest infected wheat kernels using artificial neural networks. In: *2007 IEEE 15th Signal Processing and Communications Applications*. Eskisehir, Turkey: IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), p. 1–4. <https://doi.org/10.1109/SIU.2007.4298865>
- Bahrami N., Radjabi G. H., Reza beygi M., Kamali K. 2003. Study on economic injury level of sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) on wheat in rainfed regions of Kermanshah province. *Applied Entomology and Phytopathology* **70** (2): 29–45.
- Basati Z., Rasekh M., Abbaspour-Gilandeh Y. 2018. Using different classification models in wheat grading utilizing visual features. *International Agrophysics* **32** (2): 225–235. <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0008>
- Boyacıoğlu H. 1998. Böcek zarar görmüş buğdaylar: problemin tarihçesi, etki alanı, etki mekanizması ve zararın tahminlenmesinde kullanılan yöntemler. *Un Mamülleri Dünyası (İstanbul)* **7** (1): 34–47.
- Canhilal R. 2016. Economic threshold in the management of the sunn pest. *Scientific Papers. Series A. Agronomy* **59**: 241–246.
- Canhilal R., Kutuk H., Kanat A. D., İslamoğlu M., El-Haramein F., El Bouhssini M. 2005. Economic threshold for the sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae), on wheat in southeastern Turkey. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* **22** (3–4): 191–201.
- Critchley B. R. 1998. Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection* **17** (4): 271–287. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00022-2)
- Cul A., Akbay C., Direk M. 2006. Sunn pest control policies and effect of sunn pest damage on wheat quality and price in Turkey. *Quality and Quantity* **40** (3): 469–480. <https://doi.org/10.1007/s11135-005-1096-3>
- Davari A., Parker B. L. 2018. A review of research on Sunn Pest {*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)} management published 2004–2016. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **21** (1): 352–360. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.01.016>
- Demyanchuk A. M., Velikanov L. P., Arkhipov M. V., Grundas S. 2011. X-ray method to evaluate grain quality. In: J. Gliński, J. Horabik, J. Lipiec (eds). *Encyclopedia of Agrophysics. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht: Springer, p. 1005–1009. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1\\_199](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_199)
- Dizlek H., İslamoğlu M. 2010. Buğday kitesindeki süne emgi oranının belirlenmesinde ülkemizde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi* **24** (1): 81–90.

- Dizlek H., İslamoğlu M. 2015. Effects of Sunn Pest (*Eurygaster maura* L., Heteroptera; Scutelleridae) sucking number on physical and physicochemical characteristics of wheat varieties. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **88**: 10–15.  
<https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.003>
- Dizlek H., Özer M. S. 2016. The effects of sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damage ratios on bread making quality of wheat with and without additives. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods* **9** (1): 79–91.  
<https://doi.org/10.3920/QAS2015.0806>
- Dizlek H., Özer M. S. 2017. Improvement bread characteristics of high level sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damaged wheat by using transglutaminase and some additives. *Journal of Cereal Science* **77**: 90–96.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.003>
- Đurić V., Mladenov N., Hristov N., Kondić-Špika A., Aćin V., Racić M. 2014. The effect of Sunn pest infested grains on wheat quality in different field conditions. *Romanian Agricultural Research* **31**: 323–330.
- El Bouhssini M., Amri A., Lhaloui S. 2021. Plant resistance to cereal and food legume insect pests in North Africa, West and Central Asia: challenges and achievements. *Current Opinion in Insect Science* **45**: 35–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.11.009>
- El Bouhssini M., Canhilal R., Aw-Hassan A. 2002. Integrated management of sunn pest: a safe alternative to chemical control. *ICARDA Caravan* **16**: 37–38.
- El Bouhssini M., Ogbonnaya F. C., Chen M., Lhaloui S., Rihawi F., Dabbous A. 2013. Sources of resistance in primary synthetic hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to insect pests: Hessian fly, Russian wheat aphid and Sunn pest in the fertile crescent. *Genetic Resources and Crop Evolution* **60**: 621–627.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-012-9861-3>
- El Bouhssini M., Street K., Joubi A., Ibrahim Z., Rihawi F. 2009. Sources of wheat resistance to Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton, in Syria. *Genetic Resources and Crop Evolution* **56**: 1065–1069.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-009-9427-1>
- Emebiri L. C., Tan M.-K., El-Bouhssini M., Wildman-O., Jighly A., Tadesse W., Ogbonnaya F. C. 2017. QTL mapping identifies a major locus for resistance in wheat to Sunn pest (*Eurygaster integriceps*) feeding at the vegetative growth stage. *Theoretical and Applied Genetics* **130**: 309–318.  
<https://doi.org/10.1007/s00122-016-2812-1>
- Every D. 1992. Relationship of bread baking quality to levels of visible wheat-bug damage and insect proteinase activity in wheat. *Journal of Cereal Science* **16** (2): 183–193.  
[https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80150-1](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80150-1)
- Fadeev V. S., Gaponenko A. K. 2007. Development of an efficient wheat genetic transformation system for the creation of transgenic wheat resistant to Sunn Pest. In: B. L. Parker, M. Skinner, M. El Bouhssini, S. G. Kumari (eds). *Sunn Pest Management: A Decade of Progress 1994–2004*. Beirut: The Arab Society for Plant Protection, p. 381–389.
- Gözüaçık C., Karaca V., Duman M., Mutlu Ç., Kara K., Melan K. 2010. Güneydoğu Anadolu bölgesi'nde süne, *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae)'nin ergin parazitoidleri ve etkinlikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **14** (1): 1–8.
- Hariri G., Williams P. C., Jaby El-Haramein F. 2000. Influence of pentatomid insects on the physical dough properties and two-layered flat bread baking quality of Syrian wheat. *Journal of Cereal Science* **31** (2): 111–118.  
<http://dx.doi.org/10.1006/jcsc.1999.0294>
- Hossaini S. F., Haghparast R., Bandani N., Haghi Y. 2009. Study of genetic variation of resistance to Sunn pest using SPT index. *Asian Journal of Plant Science* **8**: 380–384.
- Javahery M. 1995. A Technical Review of Sunn Pests (Heteroptera: Pentatomoidea) with Special References to *Eurygaster integriceps* Puton. Cairo, Egypt: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Regional Office for the Near East (RNE), 80 p.
- Javahery M., Schaefer C. W., Lattin J. D. 2000. Chapter 14. Shield bugs (Scutelleridae). In: C. W. Schaefer, A. R. Panizzi (eds). *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press, p. 475–504.
- Karababa E., Ozan A. N. 1998. Effect of wheat bug (*Eurygaster integriceps*) damage on quality of a wheat variety grown in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **77** (3): 399–403.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199807\)77:3%3C399::AID-JSFA48%3E3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199807)77:3%3C399::AID-JSFA48%3E3.0.CO;2-8)
- Karimzadeh R., Hejazi M., Helali H., Iranipour S., Mohammadi S. A. 2011. Assessing the impact of site-specific spraying on control of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) damage and natural enemies. *Precision Agriculture* **12**: 576–593.  
<https://doi.org/10.1007/s11119-010-9202-5>
- Kinaci E., Kinaci G. 2007. Genotypic variations in yield and quality of wheat damaged by sunn pest (*Eurygaster* spp.). *Pakistan Journal of Botany* **39** (2): 397–403.

- Kinaci E., Kinaci G. 2004. Quality and yield losses due to sunn pest (Hemiptera: Scutelleridae) in different wheat types in Turkey. *Field Crops Research* **89** (2–3): 187–195.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.008>
- Kinaci E., Kinaci G., Yildirim A. F., Atli A. 1998. Sunn pest problems in Central Anatolia and the role of wheat varieties in integrated control. *Euphytica* **100**: 63–67.  
<https://doi.org/10.1023/A:1018399721574>
- Kivan M., Kilic N. 2005. Effects of storage at low-temperature of various heteropteran host eggs on the egg parasitoid, *Trissolcus semistriatus*. *BioControl* **50**: 589–600.  
<https://doi.org/10.1007/s10526-004-3122-0>
- Köksel H., Atli A., Dag A., Sivri D. 2002. Commercial milling of suni bug (*Eurygaster* spp.) damaged wheat. *Food/Nahrung* **46** (1): 25–27.  
[https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20020101\)46:1%3C25::AID-FOOD25%3E3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020101)46:1%3C25::AID-FOOD25%3E3.0.CO;2-S)
- Köksel H., Ozderen T., Olanca B., Özay D. D. 2009. Effects of Suni bug (*Eurygaster* spp.) damage on milling properties and semolina quality of durum wheats (*Triticum durum* L.). *Cereal Chemistry* **86** (2): 181–186.  
<http://doi.org/10.1094/cchem-86-2-0181>
- Konarev A. V., Beaudoin F., Marsh J., Vilkova N. A., Nefedova L. I., Sivri D., Köksel H., Shewry P. R., Lovegrove A. 2011. Characterization of a glutenin-specific serine proteinase of sunn bug *Eurygaster integriceps* Put. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59** (6): 2462–2470.  
<https://doi.org/10.1021/jf103867g>
- Moir M., Szito A. [Интернет-документ] 2005. Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Puton, 1881) (Hemiptera: Scutelleridae) pest datasheet/pest risk review for the grains industry. *Plant Health Australia*. [URL: [https://www.researchgate.net/publication/308255843\\_Sunn\\_pest\\_Eurygaster\\_integriceps\\_Puton\\_1881\\_Hemiptera\\_Scutelleridae\\_Pest\\_Risk\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/308255843_Sunn_pest_Eurygaster_integriceps_Puton_1881_Hemiptera_Scutelleridae_Pest_Risk_Review)].
- Mutlu Ç., Canhilal R., Karaca V., Duman M., Gözüaçık C., Kan M. 2014. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Süne (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae)'nin ekonomik zarar eşliğinin revizyonu. *Türkiye Entomoloji Bülteni* **4** (3): 157–169.  
<http://doi.org/10.16969/teb.80534>
- Najafi Mirak T. 2012. Evaluation of resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in wheat and triticale genotypes. *Crop Breeding Journal* **2** (1): 43–48.  
<https://dx.doi.org/10.22092/cbj.2012.100416>
- Najafi Mirak T., Azemaieshfarid P., Yazdanehpas A., Khaloobageri M. 2008. Genetic response of bread and durum wheat and triticale to Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. In: R. Appels, R. Eastwood, E. Lagudah, P. Langridge, M. Mackay, L. McIntyre, P. Sharp (eds). *The 11th International Wheat Genetics Symposium Proceedings*. Vol. 3. Sydney: Sydney University Press, 792–794.  
[URL: <https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/handle/2123/3236/P141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>]
- Olanca B., Köksel H., Ozderen N. T., Ozay D. S. 2016. Determination of wheat bug (*Eurygaster* spp.) damage in durum wheat (*Triticum durum* L.) by electrophoresis and rapid visco analyser. *Journal of Cereal Science* **72**: 69–74.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.001>
- Ozberk I., Atli A., Pfeiffer W., Ozberk F., Coskun Y. 2005. The effect of sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damage on durum wheat: impact in the marketplace. *Crop Protection* **24** (3): 267–274.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.07.013>
- Özçandır S., Özay D.S. 2013. The effects of bug (*Eurygaster* spp. and *Aelia* spp.) damaged flours on quality characteristics of cakes, cookies and breads. In: Z. He, D. Wang (eds). *Proceedings of 11th International Gluten Workshop*, Beijing, China, 12–15 August 2012. Mexico, D. F.: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), p. 143–147.
- Ozderen T., Olanca B., Sanal T., Ozay D. S., Köksel H. 2008. Effects of suni-bug (*Eurygaster* spp.) damage on semolina properties and spaghetti quality characteristics of durum wheats (*Triticum durum* L.). *Journal of Cereal Science* **48** (2): 464–470.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.11.004>
- Özkan M., Koçak E., Babaroğlu E. N., Gökdoğan A., Altun V. 2000. Orta Anadolu Bölgesi'nde hububatta süne ve kıvımlı'nın neden olduğu sorunlar ve çözüm yolları. In: H. Ekiz (ed). *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu Konya*, 8–11 Haziran 1999. Konya: Bahri Dağdaş Milletlerarası Kışlık Hububat Araştırma Merkezi Müdürlüğü, p. 462–472.



- Parker B. L., Amir-Maafi M., Skinner M., Kim J. S., El Bouhssini M. 2011. Distribution of Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), in overwintering sites. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **14** (1): 83–88.  
<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.10.005>
- Parker B. L., Costa S. D., Skinner M., El Bouhssini M. 2002. Sampling sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) in overwintering sites in Northern Syria. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **26** (3): 109–117.
- Paul C., Techen A. K., Robinson J. S., Helming K. 2019. Rebound effects in agricultural land and soil management: review and analytical framework. *Journal of Cleaner Production* **227**: 1054–1067.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.115>
- Paulian F., Popov C. 1980. Sunn pest or cereal bug. In: E. Haffiger (ed.). *Wheat. Documenta Ciba-Geigy: technical monograph*. Basel, Switzerland: Ciba-Geigy Ltd, p. 69–74.
- Popov C., Barbulescu A., Mureşanu F., Vasilescu S., Gogu F., Dobrin I. 2007. Sunn pest management in Romania. In: B. L. Parker, M. Skinner, M. El Bouhssini, S. G. Kumari (eds). *Sunn Pest Management: A Decade of Progress 1994–2004*. Beirut: The Arab Society for Plant Protection, p. 45–60.
- Rapaport A., Quinn E., Harush A., Kostyukovsky M., Bonfil D. J. 2019. Damage of Sunn pest *Eurygaster integriceps* Puton to wheat quality in Israel. *JSM Plant Biology and Research* **3**: 3.
- Rezabeigi M. 2007. Comparison of resistance to sunn pest in bread and durum wheat. In: B. L. Parker, M. Skinner, M. El Bouhssini, S. G. Kumari (eds). *Sunn Pest Management: A Decade of Progress 1994–2004*. Beirut: The Arab Society for Plant Protection, p. 369–374.
- Rezabeigi M., Radjabi Gh., Nouri Ganbalani G. 2007. The effect of starch granule size of grain's endosperm on the resistance of wheat cultivars to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton). In: B. L. Parker, M. Skinner, M. El Bouhssini, S. G. Kumari (eds). *Sunn Pest Management: A Decade of Progress 1994–2004*. Beirut: The Arab Society for Plant Protection, p. 391–397.
- Salis L., Goula M., Izquierdo J., Gordún E. 2013. Population density and distribution of wheat bugs infesting durum wheat in Sardinia, Italy. *Journal of Insect Science* **13** (1): 50.  
<https://doi.org/10.1673/031.013.5001>
- Salis L., Goula M., Valero J., Gordún E. 2010. Prolamin proteins alteration in durum wheat by species of the genus *Eurygaster* and *Aelia* (Insecta, Hemiptera). *Spanish Journal of Agricultural Research* **8** (1): 82–90.  
<https://doi.org/10.5424/sjar/2010081-1146>
- Sanaey N., Mirak T. N. 2012. Wheat resistance to the adult insect of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **7** (1): 56–60.  
<https://doi.org/10.3844/ajabssp.2012.56.60>
- Sheikh K., Al Rahbi M. 1996. The Syrian Arab Republic. In: R. H. Miller, J. G. Morse (eds). *Sunn Pests and Their Control in the Near East*. (FAO Plant Production and Protection Papers – 138). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, p.121–132.
- Sivri D., Sapirstein H. D., Köksel H., Bushuk W. 1999. Effects of wheat bug (*Eurygaster maura*) protease on glutenin proteins. *Cereal Chemistry* **76** (5): 816–820.  
<https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.816>
- Stankevych G., Borta A. 2019. Research of quantitative and qualitative characteristics of gluten of wheat grains damaged by the wheat bug. *Grain Products and Mixed Fodder's* **19** (3): 7–12.  
<https://doi.org/10.15673/gpmf.v19i3.1506>
- Tafaghodinia B., Majdabadi M. 2006. Temperature based model to forecasting attack time of the Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in wheat fields of Iran. In: *Proceedings of the 2006 WSEAS International Conference on Mathematical Biology and Ecology (MABE '06)*, Miami, Florida, USA (January 18–20, 2006), p. 1–3.
- Tonk F. A., Kaya E., İştıpliler D., İlker E., Turanlı F., Tosun M., Yılmaz E., Ersin F., Takak E. S., Çakır M. 2017. Identification of resistance to *Eurygaster integriceps* Put. on some bread wheat genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **90**: 52–57.  
<https://doi.org/10.5073/JABFQ.2017.090.008>
- Torbica A. M., Mastilović J. S., Pojić M. M., Kevrešan Ž. S. 2014. Effects of wheat bug (*Eurygaster* spp. and *Aelia* spp.) infestation in preharvest period on wheat technological quality and gluten composition. *The Scientific World Journal* **2014**: 148025.  
<https://doi.org/10.1155/2014/148025>
- Trissi A. N., El Bouhssini M., İbrahim J., Abdulhai M., Parker B. L., Reid W., El-Haramein F. J. 2006. Effect of egg parasitoid density on the population suppression of Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* (Hemiptera):

- Scutelleridae), and its resulting impact on bread wheat grain quality. *Journal of Pest Science* **79** (2): 83–87.  
<https://doi.org/10.1007/s10340-005-0116-3>
- Vaccino P., Ingegno B. L., Pansa M. G., Coppa T., Tavella L. 2017. Common wheat and cereal bug interactions: kernel quality depletion and immunodetection of damage. *The Journal of Agricultural Science* **155** (2): 193–204.  
<https://doi.org/10.1017/S0021859616000162>
- Vrešak M., Olesen M. H., Gislum R., Bavec F., Jørgensen J. R. 2016. The use of image-spectroscopy technology as a diagnostic method for seed health testing and variety identification. *PLoS One* **11** (3): e0152011.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152011>
- Yazgaç B. G., Kırıcı M. 2017. Embedded system application for sunn pest detection. In: *IEEE 2017 6th International Conference on Agro-Geoinformatics*. Fairfax, VA, USA, 7–10 Aug. 2017. IEEE, p. 1–6.  
<https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2017.8047027>

WHEAT GRAIN DAMAGE BY *EURYGASTER INTEGRICEPS* PUTON  
(HEMIPTERA, SCUTELLERIDAE): DIAGNOSTICS  
AND DETECTION METHODS

A. V. Kapustkina, A. N. Frolov

*Key words:* sunn pest, *Eurygaster integriceps*, wheat, harmfulness, grain damage, methods of determination, resistant varieties.

S U M M A R Y

The Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) is one of the most economically dangerous insect pests of grain crops in many countries all over the world. The paper presents an analytical review of the world literature devoted to the harmful activity of the Sunn pest and its biological background, in particular, variation in grain damage by the pest and methods of its assessment. Although all currently known methods of Sunn pest grain damage diagnostics (including visual, radiography, infrared microscopy and express scanning method) have disadvantages and require improvement, up to date, infrared microscopy and computer scanning methods provide the highest possible accuracy combined with the greatest ease of use in identifying damage caused by the Sunn pest.