

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.7.04/08:632.92:595.76

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-98-104

ЗАПАДНЫЙ КУКУРУЗНЫЙ ЖУК *DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LECONTE – ОПАСНЫЙ КАРАНТИННЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ (ОБЗОР)

М. В. Пушня, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
mar.pushnya2013@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-7133-9533;

Е. Г. Снесарева, младший научный сотрудник, greas23@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4617-3604;

И. В. Балахнина, научный сотрудник, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

А. В. Пономарев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
artemponomarev1989@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-0514-5797;

Я. С. Ермаков, младший научный сотрудник, qutra666@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-5924-7222
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологической защиты растений»,
350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39, ВНИИБЗР; e-mail: vniibzr@mail.ru

Кукуруза (*Zéa máys*) – одна из основных зерновых культур в мире, в том числе и в России. Один из ее опаснейших вредителей – западный кукурузный жук *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (western corn rootworm (wcr)), который является инвазивным видом во многих странах. Поэтому наиболее важной задачей исследователей, занимающихся прогнозом фитофагов и разработкой защиты растений, является предупреждение его появления в России, что включает в себя постоянный мониторинг и карантинные мероприятия. Настоящее исследование проводили с целью изучения литературных источников, раскрывающих особенности биологии, распространенности в мире кукурузного жука, и определения эффективных приемов борьбы с ним, в том числе методов биологического контроля. Установлено, что за последние 30 лет вредитель распространился практически по всей Европе, а с 2011 г. регистрировался и в России. В немалой степени способствовали распространению жука растущие глобализация и товарооборот между государствами при отсутствии надлежащих мер контроля, а также высокая потенциальная плодовитость и способность к большим перелетам в стадии имаго. Определено, что значительный ущерб от диабротики объясняется тем, что вредоносны у фитофага почти все стадии развития (имаго и личинки всех возрастов), повреждающие практически все органы растения. Выявлено, что наиболее успешным является прогнозирование численности *D. v. virgifera* с помощью феромонных ловушек, а из мер контроля – применение различных химических средств защиты растений и чередование культур в севооборотах. Показано, что биометод против *D. v. virgifera* практически не используется. Имеющиеся данные позволили сделать вывод о возможности предотвращения распространения вредителя в РФ при строгом соблюдении карантинных мероприятий.

Ключевые слова: кукуруза, кукурузный жук, фитофаг, вредоносность, мониторинг, средства защиты кукурузы.

Для цитирования: Пушня М. В., Снесарева Е. Г., Балахнина И. В., Пономарев А. В., Ермаков Я. С. Западный кукурузный жук *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – опасный карантинный вредитель (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 98–104. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-98-104.



WESTERN CORN ROOTWORM *DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LECONTE – IS A DANGEROUS QUARANTINE PEST (REVIEW)

M. V. Pushnya, Candidate of Biological Sciences, senior researcher,
mar.pushnya2013@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-7133-9533;

E. G. Sneseareva, junior researcher, greas23@yandex.ru/ ORCID ID: 0000-0003-4617-3604;

I. V. Balakhnina, researcher, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

A. V. Ponomarev, Candidate of Technical Sciences, senior researcher, artemponomarev1989@mail.ru,
ORCID ID 0000-0003-0514-5797;

Ya. S. Ermakov, junior researcher, qutra666@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5924-7222

FSBSI "All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants",
350039, Russia, Krasnodar Kray, Krasnodar, p/o 39, ARRIPP; e-mail: vniibzr@mail.ru

Maize (*Zéa máys*) is one of the main grain crops in the world, including Russia. One of its most dangerous pests is the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (western corn rootworm (wcr)), which is an invasive species in many countries. Therefore, the most important task of researchers involved in the prediction of phytophages and the development of plant protection is to prevent its occurrence in Russia, which includes constant monitoring and quarantine measures. The current study was carried out to overview the literature, revealing the cha-

racteristics of biology, the prevalence of the corn rootworm in the world, and to determine effective methods of dealing with it, including methods of biological control. There has been established that over the past 30 years the pest has spread throughout almost all of Europe, and since 2011 it has been registered in Russia. To a large extent, the spread of the rootworm was facilitated by the growing globalization and trade between the countries in the absence of appropriate control measures, as well as high potential fertility and the ability for large flights in the imaginal stage. There has been established that significant damage from diabrotics is explained by the fact that almost all stages of development (imago and larvae of all ages) are harmful in phytophages, damaging almost all organs of the plant. There has been revealed that the most successful is the prediction of the number of *D. v. virgifera* using pheromone traps, and control measures include the use of various chemical plant protection products and crop rotations. There has been shown that the biomethod against *D. v. virgifera* is practically not used. The available data allowed us to conclude that it is possible to prevent the spread of the pest in the Russian Federation with strict observance of quarantine measures.

Keywords: maize, corn rootworm, phytophage, harmfulness, monitoring, maize protection means.

Введение. Род *Diabrotica* насчитывает более 400 видов (Derunkov and Konstantinov, 2013), из них только семь видов и шесть подвидов считаются сельскохозяйственными вредителями в Америке, а три вида – в Южной Америке: *D. speciose* (Germar) с подвидами *speciosa* и *vigens*, *D. balteata* (LeConte) и *D. viridula* (F.). Род *Diabrotica* делится на три группы видов: *virgifera*, *fucata* и *signifera*. Личинки североамериканских видов в группе *virgifera* питаются исключительно *Poaceae*, хотя круг хозяев наблюдался или тестировался только для нескольких видов. Североамериканские виды вредителей в группе видов *virgifera* откладывают диапаузирующие яйца, что позволяет им перезимовать в умеренном климате или пережить засушливые сезоны в субтропиках.

В настоящее время *D. v. virgifera* является серьезным карантинным вредителем для многих стран. Предполагается, что его довольно быстрое распространение произошло в результате высокой потенциальной плодовитости и способностей к большим перелетам в стадии имаго, особенно в период цветения кукурузы, а также завоза транспортом с любыми грузами, чему в немалой степени способствовали растущие глобализация и товарооборот между государствами при отсутствии надлежащих мер контроля.

Потери урожая кукурузы от личинок и жуков этого рода, включая затраты на борьбу с ними, в среднем оцениваются в миллиард долларов в год (Берес, 2012). Отсюда возникает необходимость строгого соблюдения всех карантинных мер, препятствующих проникновению вредителя на территорию Российской Федерации, к тому же вредитель периодически регистрировался в районах Ростовской области, граничащих с Украиной (Берес, 2012). Соответственно, целью нашей работы являлось изучение литературных источников, показывающих особенности биологии, распространения в мире кукурузного жука и содержащих сведения об эффективных приемах борьбы с ним, включая методы фитосанитарного биологического контроля.

Распространенность западного кукурузного жука в мире. Поскольку кукуруза – одна из самых популярных зернофуражных культур в мире и выращивается практически повсеместно, эти факты являются предпосылками для широкого распространения диабротики в различных странах.

Первичным ареалом кукурузного жука, судя по литературным источникам, является Центральная Америка (Мексика). В двадцатом веке *D. v. virgifera* стал основным вредителем кукурузы в Северной Америке. Именно там жука впервые обнаружили в 1868 г. в штате Колорадо. С тех пор западный кукурузный жук расширил ареал своего обитания почти на всю территорию США.

D. v. virgifera был случайно завезен в Европу – в Сербию в 1992 г., где его первым обнаружил на кукурузном поле возле аэропорта г. Белграда сербский энтомолог Франя Бача. Вероятно, кукурузный жук был занесен на европейский континент с военным воздушным транспортом. Экспансия этого фитофага – самая быстрая в Европе XX в., иногда достигает от 60 до 80 км в год. За 18 лет после его обнаружения в Европе западный кукурузный жук был зарегистрирован в 22 странах, и в большинстве случаев вредителя впервые выявляли вблизи международных путей сообщения или в приграничных регионах.

За последние 10 лет западный кукурузный жук перестал считаться новым вредителем во многих странах ЕС, став частью постоянной местной энтомофауны (Bažok, 2021). В 2011 г. в Российской Федерации Россельхознадзором Ростовской области на территории пункта пропуска Матвеев Курган пойман в феромонную ловушку первый живой экземпляр западного кукурузного жука (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/>). В 2021 г. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору опубликовала Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации, где указала на высокий фитосанитарный риск при импорте зерновых культур в Российскую Федерацию такого карантинного объекта, как западный кукурузный жук диабротика (*Diabrotica virgifera*).

Вредоносность. У западного кукурузного жука вредят имаго и личинки, но последние наносят гораздо больший экономический ущерб. В течение года развивается одна генерация. Зимуют яйца.

Кукурузный жук является олигофагом на личиночной стадии, питаясь корнями кукурузы, иногда развивается на других злаковых (например, *Setaria verticillaria*, *S. glauca* и *Panicum*

miliaceum), и полифагом во взрослом состоянии. Кроме кукурузы, *D. v. virgifera* может также повреждать растения семейств Астровые (*Asteraceae*), Маревые (*Chenopodiaceae*), Пасленовые (*Solanaceae*), Тыквенные (*Cucurbitaceae*) и Бобовые (*Fabaceae*). В Румынии в течение 2011–2012 гг. проводились опыты, которые доказали, что имаго западного кукурузного жука становится полифагом, расширяя виды кормовых растений. По наблюдениям, сделанным на листьях и цветках нескольких сельскохозяйственных культур, выявлено, что наибольшие повреждения листьев оказались у растений дыни, сои и фасоли, а цветков – у растений подсолнечника, огурца, дыни. На основании данного эксперимента было сделано предположение, что в скором времени *D. v. virgifera* будет распространена по всей стране, и привлеченность новых видов растений возрастет, в том числе огурцов и кабачков. В результате питания западного кукурузного жука молодые растения увядают и гибнут, лежат взрослые растения, также образуется так называемая «гусиная шея» – утонченное основание стебля. Имаго питается пылью, метелкой и молодыми зернами кукурузы, а подгрызание обертки во время цветения может привести к снижению завязываемости семян растения.

Места повреждений личинками часто являются путями для возбудителей болезней, например, корневых гнилей, также западный кукурузный жук является переносчиком вируса хлоротической крапчатости кукурузы и нового вируса малой РНК, предварительно названного *Diabrotica virgifera virgifera* 2 (DvvV2), который был недавно идентифицирован у западного кукурузного жука (Sijun, 2017).]

Имаго появляются в конце июня, в начале образования метелок, и живут около 1,5 месяца. Самка откладывает яйца в почву возле растений при температуре воздуха 19–33 °С. На плотных сухих грунтах основная масса яиц находится на глубине до 16 см, а на хорошо увлажненных (в основном при орошении) почти 85 % яиц сохраняются на глубине до 45 см.

Взрослые жуки желтовато-бурого цвета с изумрудным отливом, тело овальной формы, размером 4–7 мм, самки меньше самцов. На надкрыльях имеются пятна. У самок три черные точки и более темный окрас, у самцов точки сливаются в одну полосу. Отрождение личинок начинается одновременно с появлением первых всходов и активным ростом корневой системы кукурузы с начала мая и длится до конца июля.

Биология и экология. Биономика *D. v. virgifera* была рассмотрена Чиангом в 1973 году. *D. virgifera virgifera* является моновольтинным видом. Имаго появляются летом и до осени преобладают на кукурузных полях. Яйца являются зимующей стадией и обычно концентрируются в верхних 5–20 см почвы, хотя они располагаются глубже в сухих почвах. Для отрождения яиц требуется индуцированный холодом период диапаузы, хотя небольшая

часть популяции может отрождаться во время теплой продолжительной осени. Темпы развития постдиапаузных яиц *D. v. virgifera* были исследованы, и методом линейной регрессии определен нижний порог развития (10,5 °С); завершение постдиапаузного развития яиц требовало температуры на 258 °С выше этой температуры. Для появления 50 % личинок первого возраста требуется около 265 градусо-дней при температуре выше 11 °С в Онтарио, Канада, тогда как в США, в штатах Южная Дакота и Иллинойс, для развития личинок потребовалось 354 градусо-дня и температура выше 11,2 °С. В Центральной Европе выход личинок обычно начинается в начале мая.

В корнях и на корнях развиваются три личиночных возраста. При повышении температуры до 33 °С личинки второго возраста могут погибнуть. По мере повышения температуры доля времени, проведенного в третьем возрасте, увеличивается, а доля первого возраста уменьшается. Соотношение времени развития, проведенного в разных возрастных группах, было одинаковым для самцов и самок в диапазоне температур (15–31,5 °С).

В районах с теплым сухим летом численность жуков *D. v. virgifera* быстро сокращается в середине августа. В климате с более прохладным летом имаго могут обнаруживаться до тех пор, пока есть зеленые растения кукурузы. Для взрослых особей *D. virgifera virgifera*, содержащихся при пяти температурах (16, 19,5, 23, 26,5 и 30 °С), среднее количество яиц, откладываемых на одну самку, было наибольшим (602) при 26,5 °С и наименьшим (295) при 16,0 °С. Средняя продолжительность жизни снижалась с повышением температуры с 13,8 недель при 19,5 °С до 7,9 недель при 30,0 °С (Elliott et al., 1990). Снижение качества пищи, связанное со зрелостью растений кукурузы, значительно сократило период яйцекладки, плодовитость и продолжительность жизни *D. v. virgifera*. Более высокая продолжительность жизни и повышенная плодовитость также наблюдались у рано появляющихся самок диабротики; жуки, появляющиеся в течение первой части вегетационного периода, оказались более приспособленными, чем их поздние собратья. Однако размеры имаго, появляющихся в поле в разные сроки, значительно различались, но существенно не различались по репродуктивному потенциалу. При естественной смертности на развитие личинок *D. v. virgifera* влияет засуха – чем ниже уровень влаги в почве, тем выше их смертность.

Методы выявления, идентификации *D. v. virgifera*. Для контроля *D. v. virgifera* рекомендуется проводить следующие мероприятия (Фролов, 2021):

- для обнаружения и учета яиц: раскопки почвы, тщательный осмотр почвенных образцов, выбранных на расстоянии около 10 см от всходов растения;

- для обнаружения личинок: почвенные раскопки в фазе 3–4-х листьев кукурузы и тща-

тельный осмотр почвы и корешков кукурузы у угнетенных, пожелтевших растений в период с мая по начало августа;

– для обнаружения имаго: визуальный осмотр растений кукурузы, жуков выявляют с конца июня по середину октября, обращая особое внимание на метелки, початки молочной-восковой спелости, пазухи листьев, стебли; кроме того, поиск имаго может проводиться и на растениях семейств Астровые, Бобовые, Маревые, Злаковые, Тыквенные, Пасленовые, особенно в период образования пыльцы.

Личинок можно обнаружить в июне и начале июля, для этого необходимо выкопать от 10 до 20 случайно выбранных корней кукурузы вместе с почвой.

Экономические пороги вредоносности. Хотя основной ущерб кукурузе наносят личинки, питающиеся корнями растений, для товарной и зерновой кукурузы в Северной Америке и Центральной Европе были определены экономические пороги вредоносности и для имаго (Meinke et al., 2021). Однако аналогичные данные по сахарной кукурузе отсутствуют. Экономические пороги *D. v. virgifera* определяются: 1) количеством личинок на растение в об-

разцах почвы, 2) оценкой повреждения корней или 3) средним и кумулятивным числом взрослых особей на растение. По шкале Олесона предлагаемый экономический пороговый уровень для традиционной зерновой кукурузы составляет 0,25 имаго для кукурузного пояса США и 0,75 имаго для традиционной орошаемой кукурузы, выращиваемой в Северной Италии, или же когда в среднем в день на одну желтую липкую ловушку попадает более 6 взрослых особей. Для Российской Федерации эти пороги еще не разработаны, поскольку в нашей стране вредитель пока не распространился так широко, как в остальной Европе (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/>). Чтобы получить приблизительную оценку уровня популяции, необходимо выкопать 30 выбранных корней растений на гектар. Личинок подсчитывают вручную над черными пластиковыми листами или в воронках Берлезе–Туллгрена. Так, пробы корней кукурузы можно промыть и оценить повреждения личинками по шкале оценки Олесона (таблица).

Повреждение корневой системы кукурузы *D. virgifera* по Олесону
Damage to the root system of maize *D. virgifera* according to Oleson

Балл поврежденности	Повреждение корневой системы вредителем
0	Повреждения отсутствуют
1	Один корневой узел или количество корней, эквивалентное таковому на целом узле, уничтожено, то есть обрезано приблизительно на расстоянии не более 3,8 см от стебля или до уровня почвы (если корни воздушные, то есть начинаются от надземных узлов)
2	Два корневых узла полностью уничтожены
3	Три или более корневых узла полностью уничтожены (наивысшая оценка поврежденности)
Промежуточные оценки поврежденности записываются в виде процентов уничтоженных вредителем узлов; то есть оценка 1,50 балла характеризует растение с 1,5 узла, имеющими обрезанные корни	

При 0,5 имаго на растение рекомендуется севооборот с заменой кукурузы на следующий год другой культурой (бобовые или озимые зерновые).

Феромонный контроль вредителя. Повреждения, вызванные *D. v. virgifera*, можно легко спутать с повреждениями, вызванными огневками (Crambidae) или проволочниками (Elateridae), поэтому важен постоянный феромонный мониторинг.

Для мониторинга популяции взрослых особей *D. v. virgifera* в июле и августе наиболее эффективны феромонные ловушки. Половой феромон (рацемический 8-метил-2-декан-2-ол-пропаноат) служит приманкой на прозрачной липкой ловушке для отлова самцов с высокой чувствительностью.

В 2013 г. ФГБУ «ВНИИР» в ходе опытов по феромонному отлову *D. v. virgifera* была выбрана оптимальная форма ловушки – открытого типа из ламинированной бумаги 23 × 40 см в виде цилиндра на стебле (под соцветием) растения кукурузы с липким слоем клея. Площадь поверхности отлова у цилиндрической ловушки значительно больше, чем у традиционной

(Магомедов и др., 2013). При использовании стандартных феромонных клеевых ловушек порог вредоносности западного корневого жука определяется, когда на одну ловушку за сутки отлавливается шесть и более имаго вредителя.

Агротехнические методы борьбы с кукурузным жуком. Возможность естественного распространения *D. v. virgifera* такова, что трудно предложить меры по ее предупреждению. Европейские страны создали сеть мониторинга с использованием феромонных ловушек для отслеживания распространения. В случае нового обнаружения фитофага необходимо проводить немедленную обработку инсектицидами и не выращивать кукурузу вокруг очага интродукции (Meinke, 2021).

Организационно-хозяйственные мероприятия – это уборка кукурузы после 20–30 сентября, когда численность жуков на посевах резко сокращается или полностью отсутствует, что предотвращает попадание и накопление вредителя в массе зерна. Агротехнические – севооборот и возврат кукурузы на прежнее место не ранее 3–4-х лет. Однако некоторые культуры, такие как соя или однодольные, могут

оказаться менее перспективными при длительном севообороте с кукурузными полями, зараженными *Diabrotica*. Известно, что многие злаковые являются вторичными пищевыми растениями для личинок *D. v. virgifera*.

В кукурузном поясе США, где соя регулярно и в течение многих лет чередовалась с кукурузой, наблюдалась повышенная откладка яиц *D. v. virgifera* на сою, а личинки хорошо развивались в кукурузе, посеянной на следующий год («фенотип устойчивости к севообороту»). Севооборот может быть не полностью эффективным при наличии самосеивной кукурузы. *D. v. virgifera* имеет низкую выживаемость (<0,1 %) в течение двух зим диапаузы, но годичная ротация может отбирать личинок с длительной диапаузой. Американские исследователи пишут, что отсроченная посадка может привести к уменьшению повреждения корней, поскольку личинки в земле могут прожить только несколько дней, не питаясь подходящим хозяином. Если посадку отложить до начала июня, повреждение корней будет незначительным, поэтому использование почвенных инсектицидов не является оправданным (Meinke, 2021).

Позднее цветение кукурузы может привлечь западного кукурузного жука с окружающих зараженных кукурузных полей. Таким образом, полосы кукурузы с поздним посевом можно использовать в качестве ловушек, хотя этот метод не получил широкого распространения, поскольку его эффективность непостоянна. Большинство исследований не обнаружили существенных различий в откладке яиц *D. v. virgifera* при различных способах обработки почвы. Однако при нулевой обработке наблюдается самая низкая смертность яиц, так как тщательное измельчение осенью растительных остатков и их глубокая заплата перед зимой способствует уничтожению подстилки, защищающей находящиеся в почве яйца кукурузного жука от промерзания и пересушки. А также осенняя вспашка извлекает яйца на поверхность почвы, где они становятся легкой добычей для хищников – муравьев, жуков и подвергаются влиянию метеорологических факторов (Meinke, 2021).

Биологический контроль. В районе своего происхождения в Центральной Америке у *D. v. virgifera* имеются естественные враги – энтомофаги.

Комплекс естественных врагов видов *Diabrotica* был изучен в районе происхождения кукурузного жука в Центральной Америке. Наблюдалось хищничество в отношении вредителя со стороны нескольких видов полужесткокрылых (Reduviidae) и пауков (Oxyopidae).

Муха-тахина *Celatoria compressa* Wulp была единственным паразитоидом, обнаруженным на целевом виде *D. v. virgifera*. Считается, что круг ее хозяев ограничивается жуками *Diabrotica*, таким образом, *C. compressa* будет безопасным для интродукции, поскольку прямое и косвенное воздействие на другие организмы окажется крайне низким.

Из естественных врагов *D. v. virgifera* также можно отметить следующие виды: *Speira diademata*, *Argiope bruennichi*, *Theridion impressum* (Arachnida: Araneae), *Coccinella sp.*, *Pseudophomus rufipes* (Insecta: Coleoptera).

Имеются иностранные работы, в которых показано, что энтомопатогенные грибы *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae*, а также нематоды семейства Steinernematidae естественным образом заражают *D. v. virgifera*, (Geisert et al., 2018, Cagan, 2019).

Химический контроль. Основная форма в США и Европе защиты растений от этого вредителя – применение пестицидов, относящихся к группам органофосфатов, карбаматов и пиретроидов (Onstad et al., 2020).

В различных странах она ведется по-разному и зависит от спектра зарегистрированных средств защиты против *D. v. virgifera*, от количества обработок, рекомендуемых в вегетационный период, и технических возможностей хозяйств. Например, хозяйства осуществляют внутрибороздное внесение гранулированных инсектицидов при посеве. Гранулированные инсектицидные препараты наносят бороздами или полосами шириной 15 см в слой почвы над семенами. Затем инсектицид вносят в почву с помощью ребристого колеса, или перекачивают в почву с помощью массивной цепи, либо производят распыление жидких инсектицидов с заделкой в почву. В фазе 4–5 листьев можно проводить дальнейшую защиту от вредителя, внося в междурядья кукурузы гранулированный инсектицид. Лучше распылять инсектицид в прикорневой зоне в более поздние сроки, однако недостаток состоит в том, что проникновение инсектицида может быть недостаточным, чтобы дать хорошую защиту (Meinke, 2021).

Как показывают некоторые исследования, использование гранулированных почвенных инсектицидов оказалось более эффективным, чем применение жидких препаративных форм, поэтому применение именно этой группы пестицидов наиболее распространено в ЕС.

Генетический контроль. В США с 2003 г. созданы генетически модифицированные сорта кукурузы с токсином Bt, экспрессируемым в корнях (Cry3Bb1, Cry34Ab1/Cry35Ab1 и mCry3A), использование которых, позволяло растениям избежать повреждения личинками *D. v. virgifera*, но в 2009 г. в Айове были идентифицированы четыре популяции этого вида с устойчивостью к Cry3Bb1.

Резистентность западного кукурузного жука к Cry34/35Ab1 продолжает сохраняться в сельскохозяйственном ландшафте и, вероятно, усилилась. Наличие популяций *D. v. virgifera*, устойчивых к Bt кукурузе, ставит под угрозу полезность существующих и будущих трансгенных технологий для борьбы с этим вредителем. Снижение зависимости от Cry34/35Ab1 и более эффективное использование интегрированных средств борьбы с вредителями будет иметь важное значение для сохранения вос-

приимчивости западного кукурузного жука к Bt-кукурузе (Andras et al., 2021). Выращивание Bt-кукурузы в Европе часто запрещается, а также запрещено в РФ. В Европе ведутся исследования по разработке программ селекции на аборигенную устойчивость кукурузы, например, сорта 'SUM'.

Карантинные мероприятия. В районах выращивания кукурузы необходимо проводить регулярные обследования на выявление карантинного насекомого. Для этого следует использовать как визуальный метод, так и феромонные, пищевые, клеевые ловушки и их сочетания. Согласно рекомендации ФГБУ «ВНИИКР», в период цветения кукурузы необходимо проводить обязательный досмотр всей подкарантинной продукции, завозимой из стран распространения вредителя, и обследование посевов кукурузы, примыкающих к ж/д путям, портам. Наибольшая вредоносность *D. v. virgifera* прогнозируется, согласно Национальному докладу о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации, на территориях Ростовской и Волгоградской областей, Краснодарского и Ставропольского краев и в республиках Северного Кавказа (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/>

[poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/](http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/)).

Выводы. Западный кукурузный жук *D. v. virgifera* LeConte – серьезный карантинный вредитель, отличающийся высокими миграционными способностями и потенциальной плодовитостью. Обязательны строгие карантинные мероприятия, так как кукурузный жук распространяется на стадии имаго в период цветения кукурузы транспортом. Необходим феромониторинг вредителя в зонах посевов кукурузы для своевременной регистрации.

Для предотвращения инвазии в зонах выращивания кукурузы в случае обнаружения вредителя, особенно в климатически подходящих для него районах, например, в Краснодарском крае, Ростовской, Астраханской и Волгоградской областях, необходимы разработанные меры контроля. На севере ареал распространения вредителя может дойти до Воронежской, Белгородской, Курской и Саратовской областей.

Необходим химический контроль инвазивного насекомого, разработка биологических препаратов против вредителя.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № FGRN – 2022-0002.

Библиографические ссылки

1. Берес П. К. Диабrotика – экспансивный вредитель кукурузы в Европе // Наше сельское хозяйство. Минск: «Наша Идея», 2012. № 16. С. 43–47.
2. Западный кукурузный жук (диабротика) [Электронный ресурс] // ФГБУ Ростовский референтный центр Россельхознадзора. Электронные данные. Ростов н/Д., сор. 2001–2022. URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/>.
3. Магомедов У. Ш., Станева Е., Атанов Н. М. Испытания феромона западного кукурузного жука // Защита и карантин растений. 2013. № 6. С. 30–33.
4. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации. Раздел 2. Установление карантинных фитосанитарных зон на территории Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс] // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). Электронные данные. М., 2022. URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/tags/nacionalnyy-doklad>.
5. Фролов А. Н. О западном кукурузном корневом жуке – Le Conte // «КОС-МАИС» [Электронный ресурс]. Электронный журнал. 2021. № 1. URL: <https://kosmais.narod.ru/diabrotica.html>.
6. Andras G., Szalai M., Pálkás Z. Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize // Crop Protection. 2021. Vol. 140 (6). P. 1–6. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
7. Bažok R., Lemić D., Chiarini F., Furlan L. Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management // Insects. 2021. Vol. 12(3). P.195. <https://doi.org/10.3390/insects12030195>.
8. Cagan L. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi // Journal of Central European Agriculture (JCEA) scientific journal in agriculture. ol. 2019. Vol. 20 (2) P. 678–685. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2005>.
9. Derunkov A., Konstantinov A. Taxonomic changes in the genus *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae): Results of a synopsis of North and Central America *Diabrotica* species // Zootaxa. 2013. Vol. 3686(3). P. 301–325. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
10. Elliott N. C., Jackson J. J., Gustin R.D. Predicting western corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence from the soil using soil or air temperature//Canadian Entomologist. 1990. Vol. 122(11–12). P. 1079–1091.
11. Geisert R. W., Cheruiyot D. J., Hibbard B. E. Comparative Assessment of Four Steinernematidae and Three Heterorhabditidae Species for Infectivity of Larval *Diabrotica virgifera virgifera* // Journal of Economic Entomology. 2018. Vol. 111(2). P. 542–548. <https://doi.org/10.1093/jeet/tox372>.
12. Meinke L. J., Souza D., Siegfrie B. D. The use of insecticides to manage the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte: history field-evolved resistance and associated mechanisms // Insects. 2021. Vol. 12(2). P. 112. <https://doi.org/10.3390/insects12020112>.
13. Onstad D. W., Caprio M. A., Pan Z. Models of *Diabrotica* Populations: Demography, Population Genetics, Geographic Spread, and Management // Insects. 2020. Vol. 11(10). P. 712. <https://doi.org/10.3390/insects11100712>.

14. Sijun, L. Genome sequence of *Diabrotica virgifera virgifera* 2 virus, a novel small western RNA virus of the corn beetle, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte // *Genome Announce*. 2017. Vol. 5(20). P. 1–2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00365-17>.

References

1. Beres P.K. *Diabrotika – ekspansivnyi vreditel' kukuruzy v Evrope* // *Nashe sel'skoe khozyaistvo*. Minsk: «Nasha Ideya», 2012. № 16. S. 43–47.
2. Zapadniy kukuruznyi zhuk (diabrotika) [Elektronnyi resurs] // FGBU Rostovskii referentnyi tsentr «Rossel'khoznadzora». Elektronnye dannye Rostov n/D., cop. 2001–2022. URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/>.
3. Magomedov U.Sh., Staneva E., Atanov N.M. Ispytaniya feromona zapadnogo kukuruznogo zhuka // *Zashchita i karantin rastenii*. 2013. № 6. S. 30–33.
4. Natsional'nyi doklad o karantinnom fitosanitarnom sostoyanii territorii Rossiiskoi Federatsii. Razdel 2. Ustanovlenie karantinnykh fitosanitarnykh zon na territorii Rossiiskoi Federatsii v 2021 godu [Elektronnyi resurs] // Federal'naya sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru (Rossel'khoznadzor). Elektronnye dannye. M., 2022. URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/tags/nacionalnyy-doklad>.
5. Frolov A. N. O zapadnom kukuruznom kornevom zhuke – Le Conte // «KOS-MAIS» [Elektronnyi resurs]. Elektronny zhurnal. 2021. № 1. URL: <https://kosmais.narod.ru/diabrotica.html>.
6. Andras G., Szalai M., Pálkás Z. Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize // *Crop Protection*. 2021. Vol. 140(6). P. 1–6. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
7. Bažok R., Lemić D., Chiarini F., Furlan L. Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management // *Insects*. 2021. Vol. 12 (3). P.195. <https://doi.org/10.3390/insects12030195>.
8. Cagan L. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi // *Journal of Central European Agriculture (JCEA) scientific journal in agriculture*. 2019. Vol. 20(2). P. 678–685. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2005>.
9. Derunkov A., Konstantinov A. Taxonomic changes in the genus *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae): Results of a synopsis of North and Central America *Diabrotica* species // *Zootaxa*. 2013. Vol. 3686 (3). P. 301–325. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
10. Elliott N. C., Jackson J. J., Gustin R.D. Predicting western corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence from the soil using soil or air temperature // *Canadian Entomologist*. 1990. Vol. 122(11–12). P. 1079–1091.
11. Geisert R. W., Cheruiyot D. J., Hibbard B. E. Comparative Assessment of Four Steinernematidae and Three Heterorhabditidae Species for Infectivity of Larval *Diabrotica virgifera virgifera* // *Journal of Economic Entomology*. 2018. Vol. 111 (2). P. 542–548. <https://doi.org/10.1093/jee/tox372>.
12. Meinke L. J., Souza D., Siegfried B. D. The use of insecticides to manage the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte: history field-evolved resistance and associated mechanisms // *Insects*. 2021. Vol. 12 (2). P. 112. <https://doi.org/10.3390/insects12020112>.
13. Onstad D. W., Caprio M. A., Pan Z. Models of *Diabrotica* Populations: Demography, Population Genetics, Geographic Spread, and Management // *Insects*. 2020. Vol. 11(10). P. 712. <https://doi.org/10.3390/insects11100712>.
14. Sijun L. Genome sequence of *Diabrotica virgifera virgifera* 2 virus, a novel small western RNA virus of the corn beetle, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte // *Genome Announce*. 2017. Vol. 5(20). P. 1–2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00365-17>.

Поступила: 25.08.22; доработана после рецензирования: 14.10.22; принята к публикации: 14.10.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пушня М. В. – сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи; Снесарева Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Балахнина И. В. интерпретация данных, подготовка рукописи; Пономарев А. В. – сбор, анализ и интерпретация данных; Ермаков Я. С. – сбор, анализ и интерпретация данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.