

**А. Н. Фролов
И. В. Грушевая
А. Г. Конончук**

**Современные типы ловушек
для мониторинга чешуекрылых
на примере кукурузного мотылька**

Монография

2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»

А. Н. Фролов, И. В. Грушевая, А. Г. Конончук

**Современные типы ловушек
для мониторинга чешуекрылых
на примере кукурузного мотылька**

Монография

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2021

УДК 632.914
ББК 44.6
Ф91

Научный редактор — академик РАН *В. И. Долженко*

Рецензенты:

доктор биол. наук *Е. Е. Радченко*, Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова (ВИР);

доктор биол. наук *С. Я. Резник*, Зоологический институт РАН

Ф91 Фролов А. Н., Грушевая И. В., Конончук А. Г. Современные типы ловушек для мониторинга чешуекрылых на примере кукурузного мотылька. Монография. – СПб: Наукоемкие технологии, 2021. – 120 с.

ISBN 978-5-6046688-9-4

На примере кукурузного мотылька рассмотрены проблемы, связанные с использованием синтетических половых аттрактантов для мониторинга чешуекрылых, и намечены пути их решения благодаря использованию ловушек с семиохемиками растительного происхождения и световыми диодами. В монографии разобраны вопросы, касающиеся динамики численности, вредоносности и репродуктивного поведения кукурузного мотылька, сборки и настройки ловушек перед их использованием для мониторинга в полевых условиях.

Монография предназначена для специалистов в области мониторинга и защиты растений от вредных насекомых.

On the example of the European corn borer the problems associated with the use of synthetic sex attractants for monitoring lepidopteran pests are discussed in detail, and ways of solving them are shown through the use of plant-derived semiochemicals and light-emitting diodes (LED) in traps. The monograph deals with issues related to the population dynamics, harmfulness and reproductive behaviour of the European corn borer, the assembly and configuration of traps before their use for monitoring in the field.

Рассмотрено и рекомендовано к печати

Методической комиссией по энтомологии ВИЗР 11 октября 2021 г.

Работа подготовлена в рамках реализации Рабочей программы по проекту 0665-2019-0016 «Решение фундаментальных проблем сельскохозяйственной энтомологии в целях разработки новых путей и технологических решений эффективного и безопасного управления динамикой численности опасных и особо опасных вредных энтомологических объектов в агроэкосистемах» и выполнения гранта РФФИ № 19-016-00128 «Популяционная изменчивость репродуктивного поведения кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) и эффективность феромониторинга».

УДК 632.914
ББК 44.6

© Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», 2021

ISBN 978-5-6046688-9-4

Оглавление

Предисловие	5
1. Введение	9
1.1. Кукурузный мотылек — опасный вредитель кукурузы	11
1.2. Динамика численности вредителя и ее мониторинг	13
1.3. Особенности репродуктивного поведения кукурузного мотылька и эффективность мониторинга	20
2. Новые конструкции ловушек, принципы их действия и особенности использования	32
2.1. Семиохемики растительного происхождения	32
2.2. Светодиодная техника	37
2.3. Комбинация семиохемиков и светодиодов	42
3. Сборка и настройка ловушек	46
3.1. Ловушки с семиохемиками	46
3.2. Ловушки со светодиодами	53
3.3. Ловушки комбинированные (светоферомонные)	56
4. Установка ловушек и проведение учётов	62
5. Заключение	72
6. Литература	73

Предисловие

Современный этап развития науки о защите растений характеризуется переходом от интегрированных систем защиты растений с упором на истребительные мероприятия к рациональному биоценоотическому управлению агроэкосистемами и адаптивно-интегрированной защите растений (Долженко, 2018). Этот этап развития научных исследований и практических рекомендаций в области фитосанитарии направлен на реализацию Указа Президента № 642 от 01.12. 2016 г. «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», где в качестве одной из приоритетных задач обозначен переход к высокопродуктивному и экологически безопасному агрохозяйству путем разработки и внедрения систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений. Таким образом, одной из основных задач современной защиты растений является повышение экологичности защитных мероприятий, что требует разработки новых подходов. Фитосанитарный мониторинг и прогноз нацелены на сбор, анализ и передачу информации в целях своевременного осуществления фитосанитарных мероприятий (Поляков и др., 1984). Современный этап развития мониторинга в области защиты растений характеризуется совершенствованием фундаментальных основ и методологических принципов, разработкой новых методических приемов и технологических решений, определяющих стратегию и тактику защиты растений (Фролов, 2011). Эффективные технологические решения требуют выработки адекватных моделей, основанных на результатах глубокого изучения экологии объекта. При этом весьма перспективным выглядит поиск путей управления поведением вредителей в том числе с помощью лишенных токсических эффектов световых сигналов и биологически активных соединений природного происхождения (семиохемиков). Для мониторинга вредных организмов используют ловушки разной степени сложности, конструкция которых в значительной степени

определяется экологическими и поведенческими особенностями этих объектов.

Популярность исследований, связанных с использованием ловушек для насекомых, неуклонно растет (López et al., 2012; Preti et al., 2021). Так, согласно проведенному нами анализу информации, содержащейся в базе данных “ScienceDirect” (<https://www.sciencedirect.com>), число опубликованных статей, в названии которых содержатся ключевые слова ‘insect trap’, выросло с 1995 (600) до 2017 года (2054) в 3.4 раза, причем кривая роста числа публикаций достоверно описывается экспоненциальной зависимостью ($R^2 = 0.974$). В контроле (поиск по ключевому слову ‘entomology’ и производным от него) число публикаций за этот же период увеличилось лишь в 2.2 раза (с 753 до 1694), причем с более низкой скоростью, описываемой полиномиальной зависимостью ($R^2 = 0.960$). Поиск в базе elibrary (<https://www.elibrary.ru>) по ключевому слову ‘ловушка для насекомых’ обнаружил 17-кратный рост числа публикаций с 1995 до 2017 г., тогда как в контроле (запрос по словам ‘энтомология’ и производных от него) — лишь 8-кратный. Несмотря на то, что информация, содержащаяся в базе elibrary, не отличается особой точностью, вывод об опережающем росте числа публикаций, посвященных ловушкам для насекомых, не вызывает сомнений. Более того, поиск в Google Patent (<https://patents.google.com>) показывает, что число выданных патентов, содержащих ключевую фразу ‘insect trap’, растет еще более быстрыми темпами. Так, в одном лишь Китае за 12-летний период (с 2004-2007 по 2016-2019 годы) наблюдался 11-кратный рост числа выданных патентов! Очевидно, что подъем популярности темы, связанной с разработкой новых технических средств отлова насекомых, вызван беспрецедентным по своим масштабам усугублением экологических проблем на планете, где насекомым принадлежит важнейшая роль в кругообороте вещества и энергии (Hallmann et al., 2017; Klink et al., 2020, и др.).

Достоинства синтетических половых аттрактантов (СПА), а именно селективность их действия, высокая летучесть, слабая персистентность, сильная аттрактивность и низкая токсичность общеизвестны, благодаря чему СПА активно включаются в интегрированные системы защиты растений (Долженко, 2017). В многочисленных обзорах и монографиях детально рассмотрены области применения половых феромонов в защите растений, в т.ч. для: 1) выявления карантинных объектов, раннего обнаружения и контроля за распространением адвентивных видов, 2) сигнализации начала вылета объекта мониторинга, надзора за миграциями и кочевыми перемещениями, наблюдений за динамикой лёта имаго местных вредных видов, 3) определения сроков проведения истребительных мероприятий, 4) сезонного прогноза численности вредителей, определения экономического порога вредоносности, 5) массового вылова и уничтожения вредных объектов, дезориентации самцов, стерилизации, инфицирования или токсикации. При этом в основном сообщается о преимуществах СПА (Гричанов, Овсянникова, 2005), но весьма редко говорится о тех или иных проблемах, связанных с их применением в сфере защиты растений, а также путях их преодоления.

Настоящая монография посвящена проблемам, связанным с использованием СПА для мониторинга чешуекрылых на примере одного из опасных вредителей кукурузы — кукурузного мотылька, и поиску путей для их решения благодаря использованию семиохемиков растительного происхождения и световых диодов. Снабженные семиохемиками и светодиодами ловушки, в отличие от СПА, в массе отлавливают самок вредителя, ценность которых для прогнозиста гораздо выше таковой самцов. Основные результаты исследований были нами получены в 2016 – 2021 годах при проведении полевых исследований по Рабочей программе госзадания «Решение фундаментальных проблем сельскохозяйственной энтомологии в целях разработки новых путей и технологических решений эффективного и безопасного управления динамикой численности опасных и особо опасных вредных энтомологических объектов в агроэкосистемах» и грантам РФФИ №

15-04-01226-а «Периодические колебания в многолетней динамике численности насекомых-фитофагов: индукторы и механизмы», № 16-54-00144-Бел_а «Новые очаги массовых размножений *Ostrinia nubilalis* в восточной Европе: анализ причин возникновения и поиск путей их локализации в Беларуси и России» и № 19-016-00128-а «Популяционная изменчивость репродуктивного поведения кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) и эффективность феромониторинга». Экспериментальная работа выполнена авторами самостоятельно или под их непосредственным руководством, в т.ч. в рамках сотрудничества со специалистами Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, ВНИИЗР, ЗАО «Щелково-Агрохим», НПО «КОС-МАИС», Генцентра по растительным ресурсам (ВИР), Кубанской опытной станции ВИР, ФГУ «Россельхозцентр», ФГБУ «ВНИИКР», Белгородского филиала ВИЗР, АФИ, Центра зерна им. П.П.Лукияненко, ФГБУ ВНИИКР, ВНИИ Сои, ДВНИИЗР, ДВ НИИСХ, ИВЭП ДВО РАН, ООО Сингента, АО «Артель», ИП «Куртаков», а также Института защиты растений Венгрии (Будапешт), Института защиты растений Китая (Пекин), РУП «Институт защиты растений» Беларуси (Прилуки) и ООО «Биосервис Плюс» (Полтавская обл. Украины). Безусловно, новые конструкции ловушек не могли появиться без активнейшего творческого участия ведущего инженера ВИЗР А.А.Мильцына. Работа над созданием новых конструктивных решений продолжается, так что в скором времени появятся новые, еще более эффективные ловушки. Всем, кто участвовал в работе с ними, авторы выражают глубокую благодарность. За многолетнюю поддержку авторы признательны Российскому фонду фундаментальных исследований, за ценные советы и замечания искренне благодарят рецензентов — докторов биол. наук Е.Е. Радченко (ВИР) и С.Я. Резника (ЗИН РАН). При подготовке данной монографии участие авторов распределилось следующим образом: разделы 1 и 2 были написаны А.Н.Фроловым, разделы 3–5 — тремя авторами совместно.

1. Введение

Известно, что потери растениеводческой продукции от вредных организмов (болезней, вредителей и сорных растений) по разным оценкам составляют 14-30% от потенциального урожая (Oerke et al., 1994; Kinaci, Kinaci 2004; Bancal et al., 2007; El-Wakeil, 2010, и др.), а в сложных экономических условиях России недобор урожая зерновых, овощных и плодовых культур, усугубляемый дефицитом минерального питания, способен достигать значительно больших значений (30-40%) (Гончаров, 2010; Павлюшин и др., 2015). В своем развитии наука о защите растений прошла долгий и сложный путь (Glass, Thurston, 1978; Altieri, Nicholls, 2004; Павлюшин, 2010). Современный ее этап зародился в конце 1950-х — начале 1960-х годов, когда на фоне критики применения хлорорганических пестицидов (ДДТ и др.) стала формироваться новая стратегическая парадигма — интегрированная защита растений (Stern et al., 1959). В последние годы вопрос устойчивости природных экосистем приобрел особую актуальность в связи с повсеместно наблюдаемым сокращением биоразнообразия энтомофауны (Conrad et al., 2006; Dyck et al., 2009; Cameron et al., 2011; Swengel et al., 2011; Brooks et al., 2012; Schuch et al., 2012; Fox, 2013; Melero et al., 2016; Hallmann et al., 2017; Cardoso, Leather, 2019; Eisenhauer et al., 2019; Forister et al., 2019; Mupepele et al., 2019; Sánchez-Bayo, Wyckhuys, 2019; Seibold et al., 2019; Wagner, 2019; Wepprich et al., 2019; Dornelas, Daskalova, 2020; Montgomery et al., 2020; Klink et al., 2020; Wagner et al., 2021). Таким образом, безопасность для окружающей среды становится важнейшим императивом в сфере защиты растений (Долженко, 2017, 2018; Долженко и др., 2021). Соответственно, в приоритетные направления попадает задача разработки новых подходов, обеспечивающих гораздо более строгое соблюдение требований экологической безопасности (Павлюшин и др., 2016).

Среди вредителей полевых культур чешуекрылые играют одну из первостепенных ролей. У этой группы насекомых половые феромоны служат

важнейшим механизмом, обеспечивающим встречу полов (Barton Browne et al., 1977; Roelofs, Cardé, 1977; Hansson, 1995; Ando et al., 2004; Гричанов, Овсянникова, 2005; Witzgall et al., 2010). Благодаря своим уникальным свойствам — селективности действия, высокой эффективности, низкой токсичности, высокой летучести и слабой персистентности, синтетические половые аттрактанты (СПА) активно включаются в интегрированные системы защиты растений, в первую очередь в качестве средства мониторинга (Сазонов, 1988; Яцынин, 1989; Пятнова, 2007; Шамшев, Гричанов, 2008; Войняк и др., 2009; Рябчинская и др., 2015; Вендило, Лебедева, 2016; Пятнова и др., 2016; Долженко, 2017). Основным условием эффективности последнего является наличие связи между числом отловленных феромонными ловушками имаго и плотностью преимагинальных стадий дочернего поколения на растениях, которая сильно варьирует в зависимости от множества факторов — биологических свойств вредного вида, его популяционной изменчивости, погодно-климатических условий, хозяйственной деятельности человека, конструкции и размещения ловушек и т.п. и поэтому проявляется далеко не всегда (Riedl, Croft, 1974; Tingle, Mitchell, 1981; Ramaswamy et al., 1983; Allen et al., 1986; Evenden et al., 1995; Coll et al., 2000; Cullen, Zalom, 2005; Miluch et al., 2013; Rhainds et al., 2015; Carrière et al., 2017; Mason, Isaacs, 2018). Даже для видов с хорошо изученной экологией, таких как, хлопковая совка *Helicoverpa armigera* Hbn., разные авторы приходят к противоположным выводам относительно возможности использования СПА в качестве средства сезонного прогноза их вредной деятельности (Bourdouxhe, 1980; Haggis, McKinley, 1982; Kehat et al., 1982; Гричанов, 1986; Булыгинская и др., 1993; Кравченко, 1991; Саранцева и др., 2014; Pal et al., 2015; Rawat et al., 2017). Проблемы с использованием СПА чешуекрылых для мониторинга могут быть разными, однако основная причина заключается в том, что они привлекают лишь самцов, прогностическая ценность которых относительно невысока (Wall, 1989; Witzgall et al., 2010; Frolov et al., 2020). В настоящей монографии

детально обсуждаются как сама проблема, так и пути ее решения на примере одного из наиболее опасных вредителей — кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Crambidae), которому посвящена огромная литература (Щеголев, 1934; Кожанчиков, 1938; Хомякова, 1962; Brindley, Dicke, 1963; Brindley et al., 1975; Mason et al., 1997a, 2018; Фролов, 1992; Bohn et al., 1999; Szőke et al., 2002; Lassance, 2016; Coates et al., 2019). Несмотря на склонность к многоядности, основным кормовым растением кукурузного мотылька служит кукуруза. На территории бывшего СССР роль других кормовых растений вредителя, как культурных (проса, сорго, перца и пр.), так и сорных в динамике его численности гораздо меньше (Фролов, Грушечная, 2019). Культурные и дикие представители таких двудольных видов растений, как конопля и хмель, а также сорные виды — дурнишник, полынь, амброзия и т.п. представители рудеральной флоры, произрастающие за пределами кукурузных полей на территории Европейской части б. СССР, как правило, служат кормовыми растениями для морфологически очень сходного с кукурузным мотыльком, но самостоятельного вида *Ostrinia scapularis* (Wlk.), который в свою очередь не повреждает кукурузу и другие злаки (Фролов, 1992; Frolov, 1998; Frolov et al., 2007).

1.1. Кукурузный мотылек — опасный вредитель кукурузы

При благоприятных для развития условиях кукурузный мотылек способен снизить урожай зерна кукурузы на 5-20% и более (Переверзев, 1976; Шапиро и др., 1979г; Хроменко, 1982; Lynch, 1980; Umeozor et al., 1985; Фролов, 1992, и др.). Вредоносность кукурузного мотылька зависит от многих факторов: фазы развития растения, характера и степени повреждения, численности вредителя, условий развития растений, хозяйственного назначения посева и эффективности защитных мероприятий. Безусловно, вредоносность варьирует в зависимости от условий года, местности, сортовых особенностей, скороспелости растений (Фролов, 1997а, б; Чумаков, Семенова,

2000). На вредоносность кукурузного мотылька большое влияние оказывают водный стресс и засоренность (Weber et al., 1990; Godfrey et al., 1991). Помимо прямого ущерба, вредитель наносит растениям существенный косвенный вред, нарушая целостность покровных тканей и способствуя, таким образом, их поражению опасными фитопатогенными микроорганизмами (Christensen, Schneider, 1950; McMillian et al., 1988; Иващенко и др., 2008). Для зерновой кукурузы наиболее значимы повреждения стеблей, наносимые растению до, во время и сразу после выметывания метелки. Соответственно, в зонах с двумя поколениями в расчете на 1 гусеницу на 1 растение бóльший вред растениям причиняют насекомые первой генерации, несмотря на то, что их плотность обычно ниже, чем второй генерации (Остроухов, 1984; Raemisch, Walgenbach, 1984; Molinari, Mazzoni, 1986) и чем ближе к созреванию зерна, тем слабее влияют повреждения на продуктивность растения (Calvin et., 1988; Bode, Calvin, 1990). От повреждений насекомым обычно сильнее страдают раннеспелые генотипы, нежели позднеспелые (Jarvis et al., 1986).

Несмотря на то, что количество туннелей и отверстий, сделанных в стеблях гусеницами, лучше всего коррелирует с потерями урожая (Everett et al., 1958; Kwolek, Brindley, 1959), при расчетах вредоносности чаще используют оценки потерь урожая в расчете на 1 взрослую (5 возраста) гусеницу (а не туннель или червоточину). Для зоны развития одного поколения или первого в зоне развития двух генераций в сезоне потери в расчете на 1 гусеницу оцениваются в пределах от 2 до 5% (в среднем 3%) урожая зерна в зависимости от генотипа и условий выращивания растений; наносимый гусеницами второго поколения ущерб зерновой кукурузе в расчете на 1 особь в среднем в 2 раза слабее (Хомякова, 1962; Chiang, 1982; Фролов и др., 1999; Dillehay et al., 2005, и др.). Наиболее опасны посевам на зерно и семена повреждения нижней и средней части стебля, включая ножку початка и сам початок (Хомякова, 1963; Chiang, 1964). В результате 1) снижаются размеры початка, масса зерна с растения, выход кондиционных семян,

увеличивается число бесплодных растений; 2) повышается ломкость стеблей и происходит облом початков, что приводит к повышенным потерям урожая при механизированной уборке; 3) нарастает пораженность грибными и бактериальными инфекциями [в том числе возбудителями стеблевых гнилей, плесневением початка, пузырчатой головней (Guthrie et al., 1982; McMillian et al., 1988)]. Хотя кукуруза — культура многоцелевого использования, публикации, характеризующие потери урожая и вредоносность кукурузного мотылька, в подавляющем большинстве случаев посвящены зерновой кукурузе (Patch et al., 1942; Jarvis et al. 1961; Pesho et al. 1964, 1965; Berry, Campbell, 1978; Ghidui et al., 1979; Lynch et al., 1980; Foott, Timmins, 1981, и др.). Лишь в единичных работах приводятся расчеты порогов вредоносности насекомого для силосной (Myers, Wedberg, 1999), сахарной (Riggs et al., 1998) или семенной (Sayers et al., 1994) кукурузы. Для условий России определены пороговые значения вредоносности кукурузного мотылька только для зерновой кукурузы — плотность 1-2 гусеницы на растение в фазах от 6-8 листьев и до выметывания метелок (Алехин и др., 2016).

1.2. Динамика численности вредителя и ее мониторинг

Закономерности динамики численности вредных насекомых — центральная проблема сельскохозяйственной энтомологии. Основы научных представлений об экологии кукурузного мотылька были заложены в 1920-30-х гг. прошлого века, главным образом благодаря интенсивным исследованиям, последовавшим после проникновения насекомого из Европы на территорию Северной Америки (Crawford, Spencer, 1922; Barber, 1926; Caffrey, Worthley, 1927; Caffrey, Huber, 1928; Hodgson, 1928; Huber et al., 1928; Thompson, Parker, 1928a, b; Ellinger, 1928; Moore, 1928; Babcock, 1927; Babcock, Vance, 1929; Roubaud, 1928, 1929; Kuwajama, 1929; Neiswander, Huber, 1929; Patch, 1929; Marston, 1930; Dicke, 1932; Щеголев, 1932, 1934; Криницкий, 1932a, 1932b; Дмитриев, 1932; Талицкий, 1932, Талицкий, Немлиенко, 1934; Clark, 1934,

1939; Богуш, 1936; Meyers, Patch, 1937; Ладыженская, 1937; Yudenko, 1938, Stirrett, 1938; Румянцев, 1939, и др.). Публикации 1940-80-х гг., выполненные большей частью в США и Канаде, реже в Европе (Bottger, 1942; Patch, 1942; Arbuthnot, 1944; Vance, 1949; Wressell, 1955; Mutchmor, Beckel, 1959; Beck, 1957; Everett et al., 1958; Penny, Dicke, 1959; Chiang, Hodson, 1959a, 1972; Guthrie et al., 1960, 1965a, b, 1969, 1970; Chiang, Wilcoxson, 1961; McLeod, Beck, 1963; Chiang, 1964, 1968, 1978; Brindley, Dicke, 1963; Chippendale, Beck, 1966, 1967; Beck, 1967; Hill et al., 1967; Pesho et al., 1965; Cannon, Ortega, 1966; Chaudhury, Raun, 1966; Beck et al., 1968; Kim et al., 1967; Sparks et al., 1967; Klun, 1968; Klun, Robinson, 1969, 1971, 1972; Klun et al., 1967, 1970, 1973, 1980; Agee, 1969; Lewis, Lynch, 1969; Kira et al., 1969; Nagy, 1970; Schurr, Holdaway, 1970; Chiang et al., 1970; Klun, Brindley, 1970; Mutuura, Munroe, 1970; Guthrie, 1971; Guthrie, Dicke, 1972; Loughner, 1972; Roelofs et al., 1972; Cornford et al., 1973; Wressell, 1973; Sullivan et al., 1974; Showers et al., 1974a, b, 1975; Brindley et al., 1975; Cardé et al., 1975, 1978; Ertle, Davis, 1975; Klun et Cooperators, 1975; Kochansky et al., 1975; Liebherr, Roelofs, 1975; McLeod, 1976; Windels et al., 1976; Elliott, 1977; Harrison, Vawter, 1977; Klun, Junk, 1977; Nagai et al., 1977; Steffens et al., 1978; Hill et al., 1978; Lewis, 1978; McLeod, Starratt, 1978; Cantelo, Jacobson, 1979a; Chippendale, Yin, 1979; Hudon et al., 1979; Klun, Maini, 1979; Cianchi et al., 1980; Kennedy, Anderson, 1980), а также на территории б. СССР (Каландадзе и др., 1959; Карпова, 1959; Коломиец, 1960; Ду Чжэнь-вэнь, 1961; Хомякова, 1962, 1971, 1972; Кузнецова, 1963; Стоковская, 1966; Кудина, 1967; Сабиров, 1968; Шура-Бура, 1968; Макеев, 1972; Ткалич, 1973; Александрова, 1974; Половинчикова, 1975; Остроухов, 1977; Козакевич, 1978; Шапиро и др., 1979б, в; Фролов, 1980, и мн. др.) существенно дополнили и расширили знания о биологии (в широком смысле) кукурузного мотылька и его сородичей.

Наблюдения за динамикой численности кукурузного мотылька на ранних этапах формирования пищевых цепей с его участием в агроценозах кукурузы (на территории Северной Америки) (Chiang, Hodson, 1959b, 1972;

Hudon, LeRoux, 1986) свидетельствовали о случайном характере вариации плотности популяции, обусловленной эффектами метеорологических факторов и хозяйственной деятельности человека. Эти, а также многие другие материалы (напр., Щеголев, 1934; Кожанчиков, 1938; Хомякова, 1962, 1972, и др.) послужили основанием для широкого распространения мнения о том, что в динамике численности кукурузного мотылька абсолютно преобладают эффекты случайности (Chiang, Hodson, 1972; Hudon, LeRoux, 1986; Onstad, Gould, 1998, и др.). На территориях, где вредоносная деятельность кукурузного мотылька на кукурузе не имела длительной истории (Hudon, LeRoux, 1986; Frolov et al., 1999), удавалось обнаружить лишь действие внутривидовых механизмов регуляции численности, а именно отрицательную связь реализованной плодовитости (плотности отложенных яиц) от численности самок вредителя. Эффективность такой регуляции, естественно, была весьма невысокой и, в отличие от межвидовых механизмов регуляции, обусловленных пищевыми связями, не способна приводить к сильным депрессиям численности, периодически наблюдаемым в Краснодарском крае (Frolov et al., 1999; Фролов, 2004), где вредитель обитает на посевах кукурузы уже на протяжении не менее, чем 100 лет (Фролов, 1982).

Известно, что закономерности динамики популяций удастся понять лишь по истечении 20 и более лет сбора данных (Liebhold, Kamata, 2000). Учитывая сказанное, энтомологами ВИЗР с 1994 г. была развернута программа долгосрочных наблюдений за динамикой численности кукурузного мотылька на модельной территории, расположенной в пределах научного севооборота Кубанской опытной станции ВИР (Тришкин, 1997; Фролов, 2006; Фролов, Грушевая, 2019, 2020; Серапионов, 2008; Конончук, 2013; Грушевая, 2018, и др.). С помощью серий периодических учётов (в общей сложности по 20-23 учёта за сезон) ежегодно фиксируются изменения плотности и смертности вредителя, начиная от развития перезимовавших гусениц весной и заканчивая уходом на зимовку гусеницами в послеуборочных остатках осенью.

Полученные результаты свидетельствуют о широком диапазоне многолетних колебаний плотности кукурузного мотылька (Фролов, Грушевая, 2019). Поскольку никакого тренда на повышение или понижение численности насекомого за период наблюдений не выявлено, можно полагать, что колебания плотности насекомого происходят в стабильно благоприятных для его развития условиях среды.

Многолетние наблюдения за динамикой численности кукурузного мотылька, выполненные в Краснодарском крае с 1994 г., свидетельствуют о том, что динамику численности вредителя отличает неслучайный циклический характер (Фролов, Грушевая, 2019). Периодическими учётами доказана высокая достоверность зависимой от плотности смертности яиц и гусениц от биотических факторов, т.е. биоценотическая регуляция численности вредителя (Frolov et al., 1999; Фролов, 2004; Грушевая, 2018). Наиболее сильный регулирующий эффект на численность вредителя оказывают яйцеед *Trichogramma evanescens* Westw. и эктопаразит гусениц браконид *Habrobracon hebetor* Say (Серапионов, Фролов, 2008; Грушевая, 2018). При этом биоценотическая регуляция проявляется в рамках строгой сезонной ритмичности, управляя численностью особей лишь во втором поколении в сезоне (в июле – сентябре), когда в агроценозе кукурузы сформируется комплекс энтомофагов (Фролов, 2004). Метеорологические факторы (осадки, температура и влажность воздуха) оказывают как негативное, так и позитивное воздействие на развитие кукурузного мотылька, однако, оно достоверно проявляется лишь в периоды развития яиц первых поколений насекомого в сезоне, когда условия для реализации биоценотической регуляции численности еще не созрели (Грушевая, 2018; Фролов, Грушевая, 2020). Кроме того, стимулирующий (прохладная и влажная погода) или тормозящий динамику численности эффект метеорологических факторов (жаркая и сухая погода) является кратковременным и не распространяется далее текущего поколения, что отличает его от эффектов,

вызванных биотическими регулирующими факторами. Иными словами, еще недавно доминировавшее в литературе мнение о том, что энтомофаги не играют сколько-нибудь заметной роли в динамике численности кукурузного мотылька (Фролов, 1997а) не отвечает реалиям современности, по крайней мере в регионе традиционного возделывания кукурузы на Северном Кавказе.

Впрочем, очевидно, что ситуация, наблюдаемая в Краснодарском крае отнюдь не уникальна, поскольку появляется все больше работ, в которых сообщается о неслучайных колебательных процессах, происходящих в динамике численности насекомого (Ohnesorge, 1989; Бахмут, 2002; Hutchison et al., 2010; Шпанёв и др., 2019).

В то же время, к сожалению, приходится констатировать, что разработанные на текущий момент времени прогностические модели пока еще в недостаточной мере используют информацию о регулирующей деятельности естественных врагов (Фролов, Букзеева, 1997), хотя уже давно отмечаются факты, что модели, основанные лишь на метеорологической информации, не обеспечивают получение прогноза приемлемого уровня точности (Букзеева, Поляков, 1993). Так или иначе, достижение высокой эффективности защитных мероприятий (выпуски трихограммы или хабробракона, использование химических или биологических инсектицидов против гусениц до их внедрения в стебли) немыслимо без данных о смертности вредителя от природных биотических факторов (Фролов, 1997б).

Классическая технология мониторинга численности и вредоносности кукурузного мотылька была разработана в ВИЗР в 1960-х годах (Дружелюбова и др., 1969) и уточнена к концу прошлого столетия (Букзеева, 1991; Фролов, Букзеева, 1997). Мониторинг численности преимагинальных стадий развития насекомого включает серию маршрутных обследований полей, осуществляемых с использованием стандартной схемы закладки пробных площадок (по диагонали или в шахматном порядке):

I учёт (весенний) проводят в конце апреля – начале мая (до начала вылета бабочек) на прошлогодних полях этой культуры, где отмечалась сильная поврежденность растений. На 20-30 пробных площадках площадью 1 м² каждая подсчитывают количество живых и погибших гусениц перезимовавшего поколения путем вскрытия растительных остатков, находящихся на поверхности почвы. В условиях Краснодарского края при обнаружении весной плотности перезимовавшего поколения I и более гусениц на 1 м² следует опасаться достижения на посевах кукурузы пороговой численности (1 гусеница на растение) вредителя первого поколения.

II учёт (летний) направлен на анализ заселенности растений кладками яиц. Его проводят в период массового лёта бабочек перезимовавшего поколения: на 20 пробных площадках (по 5-10 растений в рядке) определяют заселенность растений (%) и число кладок яиц на листьях в пересчете на 1 растение и на 1 м². Поскольку учёт кладок яиц не только трудоемок, но и при однократном проведении не способен обеспечить необходимую точность оценки заселенности растений, этап II учёта следует дополнять обследованием заселенности растений гусеницами младших возрастов, что широко практикуется в США и Канаде (Mason et al., 1997a). Порог вредоносности для зерновой кукурузы, равный плотности на растение одной взрослой гусеницы вредителя, обычно эквивалентен заселенности 50-60% растений, поскольку плотность насекомых и степень заселенности ими растений очень тесно коррелируют (Anglade, 1975; Фролов, Малыш, 2004; Фролов, 2006).

III учёт (летний) оценивает заселенность и поврежденность растений гусеницами старших возрастов I-го поколения. Не менее чем на 100 срезанных и вскрытых растениях (20 пробных площадок по 5 растений в рядке) спустя 3 недели после окончания массовой откладки яиц определяют плотность гусениц на 1 растение и на 1 м², а также поврежденность растений (%).

IV учёт (осенний) оценивает поврежденность растений (%) и численность гусениц перед зимовкой до и после уборки урожая кукурузы.

Если в послеуборочных остатках кукурузы плотность гусениц превышает 1.5 особи/м²), то на следующий год можно ожидать достижения пороговой плотности гусениц первого поколения на растениях (1 гусеница 5 возраста / растение).

Учитывая значительную вариацию смертности вредителя на ранних этапах развития, нередко полагают, что плотность отложенных на растения яиц не может служить надежным предиктором численности вредящих гусениц (Showers et al., 1980; Derrick, Showers, 1990). Однако, многочисленные данные, в т.ч. полученные благодаря многолетним наблюдениям, свидетельствуют о том, что оценки плотностей яиц и гусениц вредителя тесно связаны между собой (Chiang, Hodson, 1959b; Hudon, LeRoux, 1986; Shelton et al., 1986; Sorenson et al., 1993; Фролов и др., 1999; Фролов, 2006; Фролов, Грушевая, 2019). Более того, анализ таблиц выживаемости позволяет сделать вывод о том, что численность отложенных бабочками яиц является главным фактором, определяющим плотность питающихся на растениях гусениц (Фролов и др., 1999; Фролов, Малыш, 2004). Результаты периодических учётов, проведенных в Краснодарском крае, свидетельствуют, что плотность, равная 1 взрослой гусенице первого поколения на растение, обычно достигается при откладке на одно растение одной среднего размера яйцекладки (в это время средний размер яйцекладки составит 13.2 яйца) (Фролов, Малыш, 2004).

В предложенной в 60-х годах прошлого века методике прогноза вредоносности кукурузного мотылька в качестве пороговой величины была взята заселенность 18% растений яйцами в фазу 6-8 листьев (Дружелюбова и др., 1969). В настоящее время в России (Алехин и др., 2016), как и в США (Mason et al., 2018), в качестве пороговой величины принята заселенность 8% растений яйцами вредителя. В любом случае очевидными недостатками данной методики являются низкая ее точность и крайне высокая трудоемкость, ведь период яйцекладки растянут на месяц – полтора, а то и дольше (напр., см. Чумаков и др., 1998).

Более простым способом прогноза достижения порога вредоносности в период откладки яиц может оказаться учёт плотности бабочек (Sappington, Showers, 1983b), концентрирующихся на невысокой растительности в непосредственной близости от посева (Sappington, Showers, 1983a), однако такая технология требует от агронома наличия соответствующего опыта.

Совершенно очевидно, что было бы гораздо проще прогнозировать ожидаемую вредоносность кукурузного мотылька, учитывая численность имаго с помощью ловушек, снабженных СПА. К сожалению, существует целый ряд обстоятельств, которые осложняют их использование для мониторинга численности вредителя.

1.3. Особенности репродуктивного поведения кукурузного мотылька и эффективность мониторинга

Кукурузный мотылек — весьма необычный энтомологический объект, которому свойственен полиморфизм состава полового феромона: самки Z-расы выделяют феромон состава 97% Z- и 3% E-, E-расы — 1% Z- и 99% E-, а самки гибридного происхождения — 35% Z- и 65% E-изомеров 11-тетрадецил ацетата (11-14:OAc) (Klun, Maini, 1979). Наличие полового феромона у этого насекомого было показано еще в 1963 г. (Sparks, 1963), причем сначала в качестве активного компонента идентифицировали Z-11-тетрадецилацетат (Z11-14:OAc) (Klun, Brindley, 1970), но затем оказалось, что существуют популяции *O. nubilalis*, которые в качестве активного компонента используют противоположный геометрический изомер E11-14:OAc (Roelofs et al., 1972), что и стало доказательством феромонного полиморфизма у этого вида. В дальнейшем выяснилось, что состав феромонного сигнала более сложен и помимо мажорного включает минорный компонент — небольшое количество противоположного геометрического изомера (Klun et al., 1973). Бабочки феромонных рас способны скрещиваться между собой без потери жизнеспособности потомства F₁ и F₂ (Liebherr, Roelofs, 1975). Гибридные

самки выделяют феромон состава 65:35 E/Z 11-14:OAc (Klun, Maini, 1979), что свидетельствует о неполном доминировании признака E-расы (феромон состава 99:1 E/Z 11-14:OAc) над таковым Z-расы (3:97 E/Z 11-14:OAc). Хотя феромонные расы *O. nubilalis* характеризуются своеобразием географического распространения (Klun et Cooperators, 1975; Anglade, Stockel et IWGO Cooperators, 1984; Фролов, 1984), нередко они встречаются симпатрично (Sorenson et al., 2005; Coates et al., 2019).

Аналоги природных феромонов кукурузного мотылька в виде синтетических половых аттрактантов (СПА) издавна пытаются использовать для мониторинга численности вредителя (Klun, Maini, 1979; Kalinová et al., 1994; Sorenson et al., 2005; Reardon et al., 2006; Войняк, Ковалев, 2010, и др.). Начиная с 70-х годов прошлого века, была проведена огромная работа по совершенствованию технологий применения ловушек, снабженных СПА, модификации их конструкций и оптимизации размещения во времени и пространстве (Starratt, McLeod, 1976; Fletcher-Howell et al., 1983; Durant et al., 1986; Webster et al., 1986; Thompson et al., 1987; Derrick et al., 1992; Bartels et al., 1997; Mason et al., 1997b; Reardon et al., 2006; Pélozuelo, Frerot, 2006, и т.д.). В итоге феромонные ловушки удалось с рядом оговорок рекомендовать для сигнализации лёта и слежения за динамикой численности вредителя (Keszthelyi, Lengyel, 2003; Sorenson et al., 2005; Войняк, Ковалев, 2010; Pélozuelo, Frerot, 2007; Bereś, 2012, 2014; Kárpáti et al., 2016; Фролов, Грушевая, 2017, 2018). Однако, к сожалению, стандартные композиции СПА кукурузного мотылька порой обнаруживают весьма низкую аттрактивную способность (Rak Cizej et al., 2014; Грушевая и др., 2015; Рябчинская, 2016). Проблема, впрочем, кроется отнюдь не в низком качестве синтезированных соединений или плохих диспензерах, а в том, что репродуктивное поведение популяций вредителя варьирует в зависимости от экологических условий, в которых обитают насекомые, и, в первую очередь, по-видимому, от

особенностей распространения их кормового ресурса (Фролов, Рябчинская, 2018).

Совершенно очевидно, что главный недостаток СПА кукурузного мотылька, как и собственно остальных чешуекрылых, заключается с точки зрения прогнозиста в том, что они отлавливают исключительно самцов (Witzgall et al., 2010), тогда как вредящее растениям поколение появляется из яиц, откладываемых самками. Если бы распределения самцов и самок в пространстве всегда совпадали, то всё было бы замечательно — по численности выловленных в точках размещения ловушек самцов вредителя можно было бы однозначно судить о численности самок и, соответственно, прогнозировать плотность отложенных ими яиц.

Очевидно, что обитание в агроценозах полевых культур в условиях севооборотов требует от насекомых постоянных перемещений (Jeger, 1999; Mazzi, Dorn, 2012). Сказанное справедливо и для кукурузного мотылька, поскольку места зимовки и откладки яиц после зимовки обычно пространственно удалены друг от друга, и лишь в редких случаях монокультуры могут совпадать. И хотя кукуруза достаточно легко выдерживает бессменные посевы (Бондарева, 1986; Лошаков, 2016), преимущества возделывания кукурузы в севообороте хорошо известны (Drury, Tan, 1995; Berzsenyi et al., 2000; Стахурлова и др., 2015; Воронин и др., 2017).

Наблюдениями, проведенными в США, установлено, что для спаривания имаго кукурузного мотылька выбирают небольшие по размеру (~100-150 м²) участки, покрытые невысокой (0.5-1.0 м высотой) и густой, преимущественно злаковой растительностью (Showers et al., 1976; Sappington, Showers, 1983a; Sappington, 2005; Reardon et al., 2006). На таких площадках обычно поддерживается благоприятный для насекомых микроклимат, нередко выпадает роса, необходимая для поддержания жизнеспособности и спаривания имаго (DeRozari et al., 1977). Поэтому здесь концентрируются бабочки вредителя, формирующие агрегации в виде «рыхлых» роёв, в которых

осуществляются половые контакты (Showers et al., 1974a). В зоне кукурузного пояса США такие агрегации локализуются вблизи посевов кукурузы (Showers et al., 1976). При этом численность самок в местах агрегаций хорошо коррелирует с плотностью яиц, откладываемых на посеве, вблизи которого концентрируются имаго (Sappington, Showers, 1983b). После перелета из агрегаций на посев кукурузы для откладки яиц многие самки затем возвращаются обратно и могут повторно спариваться, а вот самцы чаще склонны оставаться в агрегациях, осуществляя здесь поиск еще не осемененных самок (Sappington, Showers, 1983a).

Анализ пространственного распределения имаго кукурузного мотылька на Северном Кавказе (Краснодарский край, Ростовская область) обнаружил принципиально сходную картину: места агрегаций, где концентрируются имаго обоих полов перезимовавшего поколения, (1) покрыты густой невысокой растительностью и расположены (2) в непосредственной близости к посеву кукурузы, причем (3) преимущественно на участках, защищенных от неблагоприятных метеорологических воздействий с 3-4 сторон лесными полосами (Фролов, Тришкин, 1992). Последнее обстоятельство — уникальная особенность агрегаций вредителя именно в условиях России, где лесополосы возникли искусственно как результат реализации Сталинского плана преобразования природы.

Плотность бабочек в местах агрегаций обнаруживает очень тесную ($r=0.93-0.99$) связь с площадью примыкающего к ним посева кукурузы, процентом заселенных растений кукурузы, количеством отложенных яиц и численностью гусениц на растениях, но не со скороспелостью последних. На плотность имаго в агрегациях в определенной степени влияет также видовой состав произрастающих там растений: из злаков бабочки более всего предпочитают пшеницу, а из двудольных — лён, свеклу, люцерну, подмаренник цепкий, амброзию полыннолистную.

Учёты численности имаго вредителя в агрегациях следует проводить в утренние часы методом вспугивания, видовую принадлежность насекомых контролируют отловами энтомологическим сачком. Наблюдения, проведенные в Краснодарском крае, показали, что экономический порог вредоносности первой генерации вредителя (1 гусеница 5 возраста / растение) для посева кукурузы площадью 1 га обычно достигается при условии, если в период массового лёта перезимовавшего поколения плотность взлетающих бабочек превышает 10 экземпляров на 40 шагов, для поля 10 га — 100 экз., 50 га — 500 экз. и т. д. (Фролов и др., 1995, 1996; Фролов, Букзеева, 1997).

Что касается имаго следующей, второй волны лёта, т.е. первого поколения в сезоне, то они концентрируются по периметру посева кукурузы, предпочитая сильно засоренные участки (эффект близости к лесополосе уже не прослеживается), тогда как яйца самки обычно откладывают на растения, произрастающие в свободных от сорных растений местах. При этом также выявляется строгая корреляция между плотностью имаго и плотностью отложенных на растениях яиц (Фролов и др., 1996).

Очевидно, что модель поведения, при которой как самки, так и самцы мигрируют из мест зимовки (т.е. с участков, занятых под кукурузой в прошлом году) на посевы кукурузы текущего года, на периферии которых в местах агрегаций происходят предшествующие откладке самками яиц спаривания (рис. 1), является очевидно выгодной в условиях, когда концентрация пищевого ресурса значительна и его нахождение насекомыми не вызывает серьезных трудностей, что обеспечивает (1) экономию расхода энергоресурсов самками на лётную активность (масса сперматофора существенно увеличивает вес тела самки), (2) на участках агрегаций осуществляются повторные спаривания, которые способствуют повышению плодовитости (Fadamiro, Baker, 1999), и (3) благодаря повышению вероятности половых контактов в агрегациях у имаго, перелетевших из разных мест зимовки, очевидно снижается вероятность инбридинга. Логично

предположить, что при такой модели поведения лётная активность самцов вредителя должна несколько превышать лётную активность самок, так как чтобы найти полового партнера в годы депрессий численности, самцам требуется облететь как можно больше пригодных для агрегации бабочек участков.

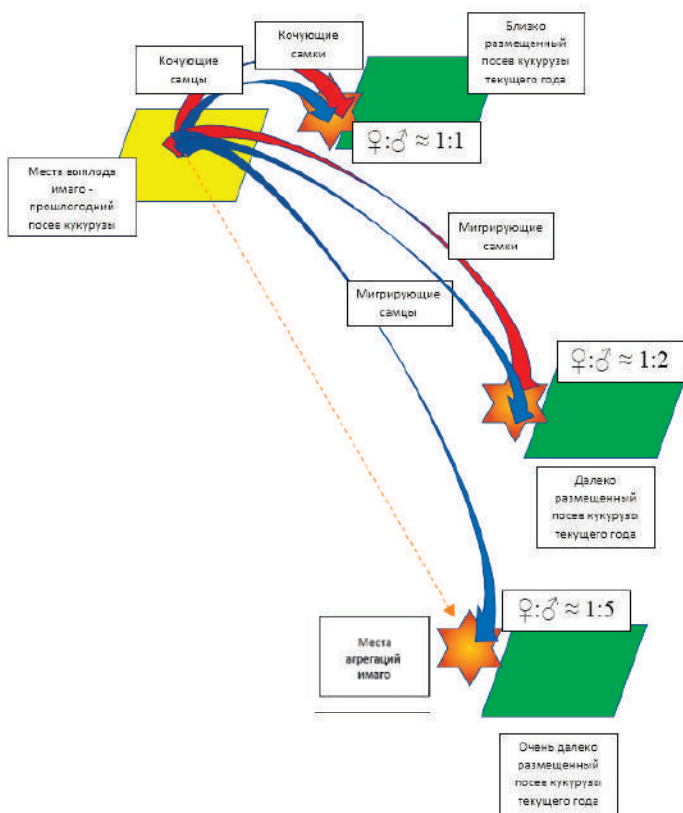


Рис. 1. Схема перемещений имаго кукурузного мотылька перезимовавшего поколения из мест зимовки на поля кукурузы согласно «южной» тактике репродуктивного поведения насекомых

Так или иначе, СПА в ловушках, установленных на посевах кукурузы в зонах обитания популяций вредителя, проявляющих вышеописанную тактику репродуктивного поведения имаго, способны не только сигнализировать о

начале лёта вредителя, но также позволяют прогнозировать вероятность достижения ЭПВ на посеве по причине достаточно тесной связи между плотностью питающихся на растениях гусениц дочернего поколения и числом пойманных в ловушки самцов родительской генерации (Фролов, Грушевая, 2017).

До самого последнего времени полагали, что описанная выше тактика репродуктивного поведения, при которой как самки, так и самцы из мест зимовки сначала перелетают на посевы кукурузы текущего года, где концентрируются для спаривания, а затем уже оплодотворенные самки летят откладывать яйца на растения кукурузы, свойственна всем популяциям кукурузного мотылька. Однако, оказалось, что это не так.

Примерно до 70-80-х годов прошлого века кукуруза на территории б. СССР не повреждалась кукурузным мотыльком севернее линии, проходящей через Житомир — Белгород — Саратов (Фролов, 1992). Однако, в связи с потеплением климата и успехами в селекции кукурузы на раннеспелость посевы этой культуры на зерно продвинулись в Европе на многие сотни километров к северу. В результате и зона вредоносности кукурузного мотылька на кукурузе существенно расширилась — недавно присутствие вредителя было зарегистрировано даже в Дании и южной Швеции (Lehmhus et al., 2012). С 2010 г. кукурузный мотылек превратился в одного из опасных вредителей кукурузы в Беларуси (Трепашко и др., 2010; Трепашко, Быковская, 2015). На севере и северо-востоке Украины и в ЦЧР России также зафиксировано активное нарастание вредной деятельности кукурузного мотылька на посевах кукурузы (Фролов и др., 2016). Однако, в отличие от давно известных южных очагов размножения кукурузного мотылька, ловушки с СПА в новых северных очагах вредоносности на кукурузе (например, в Беларуси и в Воронежской обл.) нередко обнаруживали весьма низкую аттрактивность в отношении имаго вредителя (Грушевая и др., 2015). Примечательно, что и в соседней с Беларусью Польше отмечено подобное

явление: самцы вредителя стандартными СПА привлекаются довольно слабо (Bereś, 2012).

По результатам работ, проведенных в ВИЗР в 2016-17 гг. (газовая и хромато-масс-спектрометрия экстрактов абдоминальных желез, молекулярно-генетический анализ, снятие ЭАГ у самцов), удалось убедительно обосновать вывод о генетической принадлежности популяций кукурузного мотылька из северных очагов вредоносности к феромонной Z-расе *O. nubilalis* (Фролов, Рябчинская, 2018), широко распространенной в Европе, включая территорию европейской части России (Anglade, Stockel et IWGO Cooperators, 1984; Фролов, 1984). В то же время обнаружились факты, свидетельствующие о специфике адаптации популяций кукурузного мотылька с севера ареала к цикличности местного климата: гусеницы воронежской популяции уходили в диапаузу при условиях (фотопериод 16:8 час, температура 25°C), в которых особи южных популяций развивались бездиапаузно (Фролов и др., 2016). Полученные данные дают основание полагать, что феномен низкой аттрактивности стандартных СПА в северных очагах размножения вредителя отнюдь не случаен, однако проблема кроется не в специфике состава феромона самок, а в особенностях адаптации этих популяций к местным условиям. Результаты специальным образом организованных испытаний показали, что слабая аттрактивность СПА проявляется в условиях пространственной удаленности посева кукурузы текущего года (где размещали феромонные ловушки) от такового прошлого года (источника расселения имаго вредителя после зимовки) (Фролов, Рябчинская, 2018). Поскольку на сильно удаленных посевах, несмотря на отсутствие самцов в феромонных ловушках, все же отмечалась значительная поврежденность растений, становится очевидным, что прилетали из мест зимовки откладывать на кукурузу яйца уже оплодотворенные самки, которые должны были спариваться неподалеку от мест их выплода (Фролов, Рябчинская, 2018). Кроме того, оказалось, что в отличие от обитающих на юге насекомых, у

северных популяций лётная активность самок существенно превышает таковую самцов — ведь самки прилетают откладывать яйца туда, куда самцы уже не долетают. Наблюдения свидетельствуют, что отлавливающие исключительно самцов феромонные ловушки не обеспечивают надежный мониторинг численности вредителя на посевах кукурузы, размещенных на удалении более одного километра от полей, занятых под кукурузу на зерно в прошлом году — при пустых феромонных ловушках заселенность растений вполне может быть достаточно высокой! (рис. 2).

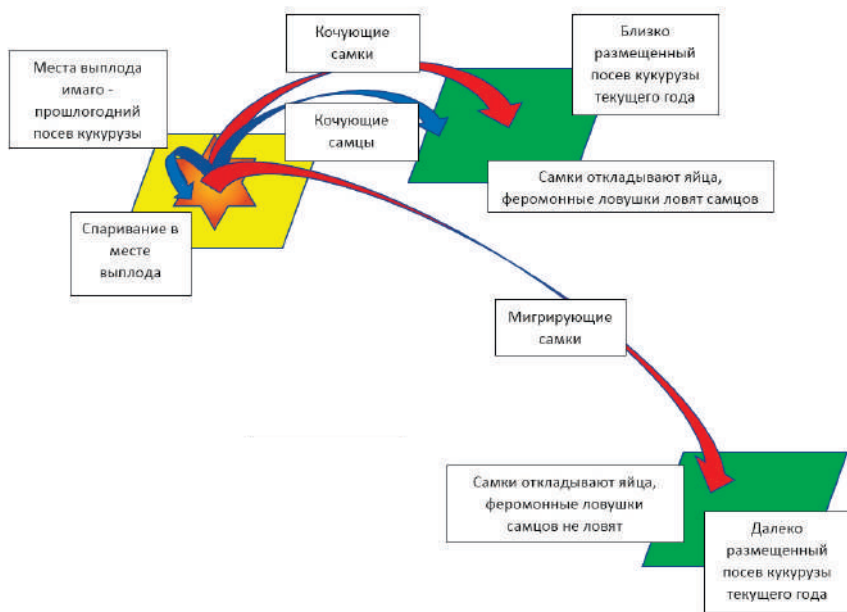


Рис. 2. Схема перемещений имаго кукурузного мотылька из мест зимовки на поля кукурузы согласно «северной» тактике репродуктивного поведения насекомых

Напомним, что репродуктивное поведение растительноядных насекомых включает два этапа: 1) спаривание и 2) откладку яиц на пригодные для развития потомства кормовые растения. В половом поведении выделяют стадии поиска полового партнера, ухаживания, спаривания и копуляции, а процесс, завершающийся откладкой яиц, включает поиск местообитания

хозяина, выбор хозяина, оценку его пригодности и собственно откладку яиц (Schoonhoven et al., 2005; Bernays, Chapman, 2007; Price et al., 2011, и др.). Максимизация выживаемости растительноядных насекомых достигается благодаря интеграции полового поведения и поведения выбора кормового растения в единый этологический комплекс (Landolt, Phillips, 1997), который способен реализоваться в виде альтернативных репродуктивных тактик, которым следуют в своем поведении животные на стадиях поиска полового партнера, ухаживания, копуляции и посткопуляционного поведения (Коопер, Kaplan, 1982; Austad, 1984; Dominey, 1984; Caro, Bateson, 1986; Bell, 1990; Oliveira et al., 2008). Анализ известных ситуаций свидетельствует, что выбор репродуктивных тактик редко следует принципу «именно так, здесь и сейчас» вместо более популярного императива «по-другому, в ином месте или позже» (Hopper et al., 2003), поскольку основной принцип управления рисками заключается в хеджировании ставки при выборе эволюционной стратегии (Hopper, 1999). Сказанным можно объяснить характер различий между условно говоря «северными» и «южными» репродуктивными тактиками популяций кукурузного мотылька, который носит не столько качественный, сколько количественный характер. Очевидно, что полиморфизм репродуктивных тактик в популяциях следует рассматривать в качестве одной из важных стратегий выживания вида (Сафонкин, 2012).

Обстоятельства, способствовавшие формированию «северной» тактики репродуктивного поведения, можно представить следующим образом. До того момента, как посевы кукурузы на зерно продвинулись к северу, здесь основным кормовым ресурсом для кукурузного мотылька очевидно служили посевы проса (Щеголев, 1934; Хомякова, 1975; Шпанёв и др., 2019), с которым насекомое имеет гораздо более древнюю пищевую связь, чем с кукурузой (Schmidt, 1835; Добродеев, 1921; Wilke, 1926; Caffrey, Worthley, 1927). Если в доисторические времена (II-III тыс. лет до н.э.) оба распространенных в Европе вида проса (обыкновенное *Panicum miliaceum* L. и щетинистое *Setaria*

italica P.Beauv.) возделывались чрезвычайно широко, служа основной, а иногда и единственной хлебной культурой для человека (Лысов, 1968), то в современную эпоху площади под этой культурой обнаруживают в Европе неуклонную тенденцию к сокращению, и кроме территории б. СССР, в небольших масштабах просо ныне выращивают также в Сербии, Польше и Румынии (Anderson, Martin, 1949; Лысов, 1968; Patil, 2016). Хотя просо все еще занимает важное место в зерновом клине России, площади под этой экстенсивной культурой продолжают сокращаться (АБ Экспертно-аналитический центр агробизнеса, 2020). Поэтому, очевидно, что в современных условиях поиск посевов проса самками вредителя для откладки яиц является весьма энергозатратным процессом. При этом напомним, что двудольные виды растений, такие как полынь, хмель или конопля повреждаются не *O. nubilalis*, а симпатричным ему *O. scapularis* (Фролов, 1992; Frolov et al., 2007). Соответственно, чтобы выжить в условиях нарастающих трудностей при обнаружении проса как основного пищевого ресурса, имаго кукурузного мотылька вынуждены были выработать такую модель репродуктивного поведения, при которой на поиск растения-хозяина для откладки яиц отправляется уже оплодотворенная самка, т.к. вероятность встретить полового партнера вблизи редко встречающегося кормового растения будет крайне низкой.

Можно предположить, что всё более широкое возделывание кукурузы в новых северных областях ее выращивания будет способствовать распространению здесь «южной» модели поведения у имаго вредителя. Однако, сопоставление результатов отловов кукурузного мотылька, выполненных в Польше с помощью светоловушек в середине 1950-х (Pieprzyk, Romankow, 1960), когда кукурузу только начали здесь активно культивировать, и спустя более чем 50-летний промежуток времени (Bereś, 2012), свидетельствует о том, что имаго местных популяций сохраняют характерную черту «северной» репродуктивной тактики — значительно более

высокую лётную активность самок в сравнении с таковой самцов. Таким образом, очевидно, что альтернативным репродуктивным тактикам у имаго кукурузного мотылька свойственна стабильность проявления в рядах поколений, что предполагает весьма высокий уровень их наследуемости. Логично допустить, что самки, проявляющие «северную» репродуктивную тактику, обнаружат еще немало специфических биологических особенностей, например, склонность к моногамности (Сафонкин, 2011) в сравнении с гетерогамными особями из популяций, демонстрирующих «южную» репродуктивную тактику, однако их выявление — предмет дальнейших исследований.

Несмотря на то, что факты неслучайных пространственных перемещений имаго между местами спаривания и местами откладки яиц установлены не только для кукурузного мотылька *O. nubilalis* (Cordillot, 1987; Cordillot, Duelli, 1989), но и для близкого к нему восточного кукурузного мотылька *O. furnicalis* (Li Bixian et al., 1986), особенности проявления их репродуктивных тактик все еще остаются крайне слабо изученными.

Здесь уместно отметить, что и на юге России мониторинг кукурузного мотылька с использованием СПА сталкивается в последние годы с определенными трудностями. Полученные в Краснодарском крае результаты испытаний свидетельствуют о существенной вариации распределения отловленных насекомых по ловушкам, снабженным СПА разного состава (Z, E и ZE), в зависимости от уровня численности насекомых: при низких плотностях самцы в основном обнаруживаются в ловушках, снабженных СПА для расы Z, тогда как при более высоких значениях плотностей бабочки начинают привлекаться вариантами СПА E и ZE, а при достижении плотностью насекомых максимума — количество самцов, привлеченных СПА состава ZE, оказывается сопоставимым с таковым в ловушках, где использовали СПА для Z-расы. Соответственно, статистически достоверная связь между числом самцов перезимовавшего поколения, пойманных в

феромонные ловушки, и плотностью питающихся на растениях кукурузы гусениц первого поколения выявляется только в том случае, если в анализ были включены отловы насекомых на все три типа СПА (Z, E и ZE) ($r = 0.66$, $p = 0.005$). Данное обстоятельство вынуждает использовать для эффективного мониторинга комплекты ловушек, снабженные всеми тремя комбинациями СПА, аттрактивными для генотипов Z, E и ZE, что осложняет как проведение мониторинга, так и принятие решения о проведении защитных мероприятий. Причины, вызвавшие такие существенные изменения распространенности рас, пока неизвестны, возможно они связаны с изменениями границ их распространения в результате потепления климата. В северных областях вредоносности кукурузного мотылька на кукурузе (напр., Полтавская область Украины, Белгородская и Воронежская области, Беларусь) все еще численно преобладают популяции вредителя с феромоном Z-расы и если бы не своеобразие репродуктивной тактики поведения имаго, то для их мониторинга вполне подошли бы ловушки, снабженные одним только Z-вариантом СПА.

Все выше сказанное убедительно свидетельствует о том, что задача обеспечить эффективный мониторинг кукурузного мотылька с помощью ловушек, по сути, сводится к разработке технологии, позволяющей количественно учитывать присутствие на посевах кукурузы самок вредителя.

2. Новые конструкции ловушек, принципы их действия и особенности использования

В настоящее время известно два способа решения проблемы мониторинга имаго кукурузного мотылька.

2.1. Семиохемики растительного происхождения

Выявление факторов, определяющих отношения между растительноядными насекомыми и их растениями-хозяевами, — важная задача сельскохозяйственной энтомологии. Современные представления о

поведении насекомых при выборе ими кормового растения в значительной степени связаны с прогрессом в определении структуры и функции химических стимулов — летучих соединений, выделяемых растением и воспринимаемых насекомым (Thorsteinson, 1960; Visser, 1986; Metcalf, Kogan, 1987; Renwick, Chew, 1994; Hui et al., 2004; Gordon-Weeks, Pickett, 2009; Reinecke, Hilker, 2014; Frérot et al., 2017; Ômura, 2018). В настоящее время известно более 1700 различных летучих семиохемиков растений, включая алканы, алкены, спирты, кетоны, альдегиды, эфиры и органические кислоты, которые определяют поведенческие реакции насекомых при поиске и выборе кормовых растений (Dudareva et al., 2004, 2013; Knudsen et al., 2006; Laothawornkitkul et al., 2009). Эти соединения представляют очевидный интерес для защиты растений, как с точки зрения их использования для мониторинга вредных растительоядных видов, так и управления их численностью (Mitchell, 1980; Буров, Новожилов, 2001; Smart et al., 2014; Blassioli-Moraes et al., 2019).

В растениях кукурузы также обнаружен ряд соединений, аттрактивных для имаго кукурузного мотылька (Valterová et al., 1990; Binder et al., 1995; Marion-Poll, Thiéry, 1996; Udayagiri, Mason, 1995; Bengtsson et al., 2006; Solé et al., 2010; Molnár et al., 2015), среди которых наиболее изучен фенилацетальдегид (Creighton et al., 1973; Cantelo, Jacobson, 1979a, b; Burgio, Maini, 1994; Maini, Burgio, 1990, 1993, 1999).

Этот семиохемик аттрактивен в первую очередь для откладывающих яйца самок (Camerini et al., 2015), однако его привлекающий эффект показан и для самцов (Maini, Burgio, 1990; Burgio, Maini, 1994). Учитывая факты взаимодействия эффектов летучих соединений растений-хозяев и половых феромонов в отношении поведения (Deisig et al., 2012) и физиологии насекомых (Christensen, Hildebrand, 2002; Trona et al., 2013; Bengtsson et al., 2014), делались попытки использовать фенилацетальдегид вместе с СПА в качестве средства для мониторинга кукурузного мотылька (Maini, Burgio,

1999). Однако, несмотря на потенциальные преимущества, обусловленные тем очевидным обстоятельством, что сведения о динамике лёта и численности самок намного информативнее для защиты растений, чем таковые самцов, фенилацетальдегид из-за его весьма низкой аттрактивности и слабой избирательности не нашел коммерческого применения (Maini, Burgio, 1990; Burgio, Maini, 1994; Pélozuelo, Frerot, 2007). Недавно обнаружилось, что добавление к фенилацетальдегиду 4-метокси-2-фенэтилового спирта — летучего семиохемика, также выделенного из кукурузы, в 3-5 раз повышает уловистость ловушек (Tóth et al., 2016). Испытания двух семиохемиков при использовании СПА в качестве стандарта, проведенные в Болгарии, Венгрии, Италии, Словении и Турции, показали отличные результаты: в 11 экспериментах из 13 число пойманных в ловушки насекомых статистически достоверно превышало таковое в ловушках, снабженных СПА (табл. 1, 2) (Tóth et al., 2017). Испытания проводили с использованием оригинальной ловушки Csalomon® Varl производства Института защиты растений Венгрии (Будапешт) (рис. 3).

Выполненные нами пилотные испытания клеевых ловушек «Дельта», снабженных “бисексуальной приманкой” (bisex lure) в Краснодарском крае и Воронежской обл. подтвердили высокую эффективность этих биологически активных соединений для мониторинга кукурузного мотылька (Фролов и др., 2020).

Важный аспект использования ловушек с семиохемиками растительного происхождения — установка их строго на защищаемой культуре, ибо в противном случае возможны всякого рода неожиданности. Так, при размещении ловушек с “бисексуальной приманкой” на краю поля гречихи (по предшественнику кукуруза на зерно), они в массе отлавливали шмелей (рис. 3, фото внизу). Неудивительно, что производитель категорически настаивает, чтобы ловушки с “бисексуальной приманкой” не размещались вблизи пчелиных ульев.

Таблица 1. Места проведения испытаний ловушек Csalomon® Varl, снабженных “бисексуальной приманкой” и синтетическими аналогами полового феромона.

Код участка	Место проведения испытаний	Широта	Долгота	Даты учётов	Культура
BG-1	Knezha (Болгария)	43°28'48.85"N	24°3'22.03"E	30.05. – 28.09.2016	Поле кукурузы
BG-2	Plovdiv (Болгария)	42°08'08.16"N	24°48'18.01"E	15.06. – 16.09.2016	—"
HU-1	Mezősas (Венгрия)	47°05.290'N	21°33.049'E	01.06. – 11.09.2015	—"
HU-2	Látókép (Венгрия)	47°33.197'N	21°26.429'E	01.06. – 03.09.2015	—"
HU-3	Pusztaszabolcs (Венгрия)	47°14.149'N	18°75.855'E	25.07. – 04.09.2015	—"
HU-4	Hajdúnánás (Венгрия)	47°50.876'N	21°18.432'E	27.05. – 18.09.2016	—"
HU-5	Mezőtúr (Венгрия)	47°9.604'N	20°34.073'E	26.05. – 26.08.2016	—"
HU-6	Pusztaszabolcs (Венгрия)	47°8'27"N	18°45'36"E	20.05. – 12.09.2016	—"
IT-1	Quinto di Treviso (Италия)	45°38'36"N	12°09'54"E	12.06. – 18.09.2016	—"
IT-2	Sasse Rami (Италия)	45°04'89"N	11°87'03"E	07.06. – 12.09.2016	—"
SI-1	Zalec (Словения)	46°14.571'N	15°09.565'E	23.05. – 22.09.2016	Поле хмеля
SI-2	Savinja valley, Roje near Zalec (Словения)	46°15.722'N	15°08.1976'E	13.06.– 31.08.2016	—"
TR-1	Adana (Турция)	37°01'56.4"N	35°22'50.7"E	08.08.– 06.10.2016	—"

Цит. по: Tóth et al. (2017).

Таблица 2. Средние значения ($\bar{X} \pm SE$) отлова имаго кукурузного мотылька ловушками Csalomon® Varl, снабженными “бисексуальной приманкой” или синтетическими аналогами полового феромона (продолжение табл. 1).

Код участка	Бисексуальная приманка		Синтетический аналог полового феромона			Всего имаго
	$\bar{X} \pm SE$	% самок	Z	E	ZE	
BG-1	15.8±3.3	73%	0.5±0.3	N.T.	N.T.	65
BG-2	4.0±1.7	N/A	0.0±0.0	N.T.	N.T.	12
HU-1	53.2±4.2	46%	0.0±0.0	N.T.	N.T.	269
HU-2	55.6±6.9	32%	2.0±1.2	N.T.	N.T.	286
HU-3	137.6±17.7	33%	1.3±0.5	N.T.	N.T.	693
HU-4	11.6±2.9	17%	0.3±0.3	N.T.	N.T.	59
HU-5	81.2±10.8	28%	0.5±0.3	N.T.	N.T.	408
HU-6	157.0±14.1	54%	0.0±0.0	N.T.	N.T.	628
IT-1	62.0±14.0	38%	0.0±0.0	1.0±0.6	0.0±0.0	189
IT-2	94.0±37.2	33%	0.0±0.0	1.0±0.0	0.0±0.0	474
SI-1	9.7±4.6	62%	N.T.	5.3±1.5	N.T.	45
SI-2	23.0±4.6	78%	N.T.	10.3±4.7	N.T.	100
TR-1	12.0±1.4	27%	0.3±0.03	N.T.	N.T.	49

Примечание: N.T. — учётов не проводили, N/A — данные отсутствуют. Цит. по: Tóth et al. (2017).



Рис. 3. Оригинальная коническая ловушка Csalomon® Varl производства Института защиты растений Венгрии (Будапешт), снабженная приманкой bisexual lure (вверху); пойманные в ловушку самки целевого объекта — кукурузного мотылька (посередине); гибель шмелей в ловушке с приманкой bisexual lure, установленной вблизи посева гречихи по предшественнику кукуруза на зерно в окр. с. Чураево Белгородской обл., 2019 г. (внизу)

2.2. Светодиодная техника

Феномен лёта насекомых в сумеречное и ночное время суток на свет издавна привлекает внимание энтомологов (Verheijen, 1958; Мазохин-Поршняков, 1955, 1960; Mikkola, 1972; Baker, Sadovy, 1978; Горностаев, 1984; Чернышев, 1996; Yela, Holyoak, 1997; Szentkirályi, 2002; Barghini, Souza de Medeiros, 2012; Truxa, Fiedler, 2012; Shimoda, Honda, 2013; Owens, Lewis, 2018; Kammar et al., 2020, и др.). Привлекаемые светом виды насекомых принадлежат почти ко всем отрядам с самым разным образом жизни, однако при всей разнокачественности летящих на свет насекомых их объединяет общая черта — спонтанная сумеречная или ночная лётная активность (Горностаев, 1984; Чернышев, 1996). Долгое время считалось, что самки на свет не летят вообще или летят очень плохо (Горностаев, 1984), однако, литературные источники самых разных лет свидетельствуют о том, что даже среди чешуекрылых, у которых соотношение полов в сборах на свет обычно сдвинуто в пользу самцов, количество самок в ловушках нередко бывает достаточно большим, причем оно существенно варьирует между разными видами, а порой и популяциями одного вида (Turner, 1918; Yathom, 1981; Горностаев, 1984; Steinbauer, 2003; Beck, Linsenmair, 2006; Garriss, Snyder, 2010; Truxa, Fiedler, 2012; Nowinszky, Puskás, 2015, и др.).

Светоловушки издавна используются в качестве технического средства мониторинга вредных насекомых, в первую очередь тех видов, для которых характерна сумеречная или ночная лётная активность (Терсков, Коломиец, 1966). До недавнего времени широкому применению световых ловушек для целей мониторинга препятствовали их громоздкость и низкая мобильность, зависимость от мощного источника электропитания. В последние годы в светотехнике начали широко применяться светодиоды, которые отличаются высокой эффективностью, малыми размерами и длительным сроком службы (Schubert, 2006). Развитие светодиодной и микроконтроллерной техники с одновременным снижением энергопотребления этих устройств позволило

преодолеть вышеописанные недостатки световых ловушек и создать мобильные программируемые устройства, способные работать в автономном программном режиме без смены источников питания до нескольких суток. Широкие перспективы применения светодиодов в защите растений очевидны (Cohnstaedt et al., 2008; Возмилов и др., 2010; Katsuki et al., 2012; Исмаилов и др., 2012, 2016; Суринский, 2014; Park, Lee, 2017; Kim et al., 2019, Kammar et al., 2020 и др.), однако примеров реального их практического применения в защите растений пока еще не слишком много (Ahuja et al., 2012; Stukenberg et al., 2015; Грушевая и др., 2019).

В целях повышения эффективности мониторинга, в первую очередь вредных представителей *Microlepidoptera*, в ВИЗР (Милицын и др., 2020) была разработана конструкция световой ловушки, которая отличается тем, что имеет корпус из прозрачного долговечного водостойкого материала, коврик с липким слоем и электронный блок, включающий элементы питания, фотодатчик, светодиодный излучатель, снабженный двумя светодиодами, испускающими свет длиной волны 365–370 нМ в противоположные стороны друг от друга вдоль корпуса ловушки (рис. 4). Технические характеристики ловушки включают: 6 аккумуляторов 1,2 В, 2200 мА/час в качестве источника питания, 2 светодиода пиковой мощностью 3 Вт как источник УФ света с длиной волны 365–370 нМ, микроконтроллер Attiny 13А как управляющее устройство. Устройство позволяет автоматически перепрограммировать порог срабатывания ловушки при энергонезависимом хранении программы и данных настройки. Совокупность перечисленных отличительных признаков обеспечивает как высокий привлекающий насекомых эффект, так и упрощает обслуживание ловушки.

Данная ловушка показала очень неплохие результаты в испытаниях 2019–20 гг. — светодиоды привлекали гораздо больше имаго вредителя, чем СПА или “бисексуальная приманка” (табл. 3 и 4).

Таблица 3. Уловистость имаго кукурузного мотылька клеевыми ловушками Дельта, снабженных светодиодными излучателями и синтетическими аналогами полового феромона (СПА), в трех пунктах Краснодарского края (2019 г.)

Отловлено имаго за период лёта поколения в расчете на 1 ловушку		Место проведения испытаний		
		пос. Ботаника	ст. Курчанская	хут. Слободка
светодиодную	самки	14.3 ± 3.8**)	0.3 ± 0.3	1.3 ± 0.7
	самцы	14.7 ± 1.4	4.7 ± 2.2	2.7 ± 1.4
	сумма	29.0 ± 2.3	5.0 ± 2.0	4.0 ± 2.1
с СПА состава (стандарт)	Z*)	5.7 ± 1.7	0.7 ± 0.3	0
	ZE	0	0.3 ± 0.3	0
	E	0	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.3
	сумма	5.7 ± 1.7	1.3 ± 0.3	0.3 ± 0.3
Уловистость светодиодной ловушки по отношению к стандарту, %		512	375	1212

Примечания: *) Расшифровка приманок: Z, E и ZE — СПА состава, свойственного расам кукурузного мотылька Z, E и гибридной форме ZE, производство АО «Щелково Агрохим». **) $\bar{X} \pm SE$. Цит. по: Грушевая и др. (2019).

Таблица 4. Средние оценки плотностей имаго кукурузного мотылька, отловленных клеевыми ловушками Дельта с разными приманками (в расчете на 1 ловушку за 1 неделю) (Краснодарский край, 2020)

Приманка в ловушке		Место проведения испытаний	
		пос. Ботаника	ст. Курчанская
Феромоны АО «Щелково Агрохим»	Z*)	0.28 ± 0.14 a **)	0 a
	E	0.23 ± 0.08 a	0 a
	ZE	0.09 ± 0.05 a	0 a
Феромон ООО «Феромон», Z		0.23 ± 0.06 a	0.03 ± 0.03 a
Бисексуальная приманка (CX)		5.69 ± 0.51 b	0.03 ± 0.03 a
Светодиоды (CB)		19.74 ± 1.21 c	1.37 ± 0.32 b

Примечания: *) Расшифровка приманок: Z — синтетические половые аттрактанты для кукурузного мотылька, раса Z, производство АО «Щелково Агрохим» и ООО «Феромон»; E и ZE — синтетические половые аттрактанты для кукурузного мотылька, раса E и гибридная форма ZE, производство АО «Щелково Агрохим»; CX — бисексуальная приманка bisex lure производства Института защиты растений, Будапешт, Венгрия; CB — светодиодный излучатель производства ВИЗР. **) $\bar{X} \pm SE$; разными буквенными символами снабжены средние в строках, достоверно различающиеся согласно критерию Дункана при $p \leq 0.05$. Цит. по: Frolov et al. (2020).

Побочным негативным следствием от применения световых ловушек может явиться определенное световое загрязнение территории (Pawson, Bader, 2014), способное вызвать гибель представителей полезной энтомофауны (Кремнева и др., 2019, и др.). В качестве примера сошлемся на одну недавнюю публикацию (Овсянникова и др., 2020), в которой сообщается о неудачном, по

мнению авторов, опыте применения светодиодной ловушки для мониторинга вредных энтомологических объектов в Ленинградской области. Две таких ловушки, установленные в дачном массиве п. Тярлево с преобладанием плодово-ягодных культур и на опытном поле ВИЗР (г. Пушкин) вблизи от делянок разных полевых и пропашных культур, произвели отлов особей нескольких десятков видов насекомых (с преобладанием чешуекрылых), однако экономически значимые в регионе виды (яблонная плодожорка, озимая совка, капустная моль) попадались лишь единично (Овсянникова и др., 2020). Хорошо известно, что на отлов насекомых сильно влияет размещение ловушки в пространстве (Bian et al., 2018) и имеется немало свидетельств о позитивных результатах применения светодиодных ловушек для мониторинга вредных насекомых (напр., Frolov et al., 2020; Gebreziher, Gebreziher, 2020; Kammar et al., 2020; Pan et al., 2020), когда одновременно достигались обе цели — массовый отлов целевого объекта и слабый в отношении нецелевых видов насекомых (Грушечная и др., 2019; Frolov et al., 2020). Действительно, если учесть, что ультрафиолетовая часть спектра сильно поглощается, а не отражается растительностью (Caldwell, 1981), то помещая светоловушку внутрь массива сельскохозяйственной культуры [а не на открытом пространстве, как это делали Е.И.Овсянникова с соавторами (2020)], мы ограничиваем спектр привлекаемых видов насекомых в основном самыми многочисленными его обитателями, а именно вредителями той культуры, на посеве или посадке которой осуществляется мониторинг с помощью светодиодной техники.



Рис. 4. Светодиодная клеевая ловушка Дельта конструкции ВИЗР (Мильцын и др., 2020) для учёта численности кукурузного мотылька на посевах кукурузы



Рис. 5. Клеевые вкладыши из светодиодной клеевой ловушки после трех суток учётов численности кукурузного мотылька на посевах кукурузы (Краснодарский край, пос. Ботаника, 2019-2020 гг.)

Проведенные нами полевые испытания подтвердили это предположение. Оказалось, что при размещении светодиодных ловушек внутри посева кукурузы на уровне початка и не ближе 15 м от края поля подавляющее большинство отловленных насекомых представляли собой особей кукурузного мотылька, тогда как количество пойманных особей нецелевых объектов в ловушках было столь же незначительным (рис. 5), как и в ловушках, снабженных СПА (Грушева и др., 2019).

2.3. Комбинация семиохемиков и светодиодов

Известно, что для достижения максимальной точности и достоверности фитосанитарной информации, получаемой при мониторинге вредных насекомых, следует использовать разнообразные по принципам действия (привлечения и фиксации живого материала) и конструктивным особенностям ловушки (Wall, 1989; Delisle et al., 1998).

Как семиохемики, так и светодиоды, при их использовании в качестве средства аттракции вредителей для целей мониторинга не свободны от определенных недостатков. Так, привлекающий особей вредного вида эффект семиохемиков нередко слабее, чем у светодиодной техники (Frolov et al., 2020). И, хотя световые ловушки, в целом, обеспечивают значительно бóльшие объемы вылова особей целевых объектов мониторинга, их аттрактивная способность сильнее варьирует от года к году, и, кроме того, они неизбирательны в отношении отлова видового состава насекомых и поэтому потенциально способны нанести бóльший ущерб полезной энтомофауне. Впрочем, негативное воздействие семиохемиков на нецелевую энтомофауну также отнюдь не исключено, о чем выше уже упоминалось.

В свете сказанного, представляется полезной разработка таких конструкций ловушек, которые бы в качестве приманки использовали комбинацию специфичного для привлечения целевого объекта семиохемика и неспецифичного светового сигнала, благодаря чему можно ожидать

существенного увеличения вылова особей целевого объекта, причем обоих полов, в надежде на 1) существенное повышение достоверности регрессионной зависимости ‘родители — потомки’, как основы прогностических моделей мониторинга и 2) значительное снижение трудоемкости работ, направленных на реализацию задачи массового вылова (и возможно дезориентации самцов) вредителя, благодаря сокращению требуемого на единицу защищаемой площади числа ловушек. Недаром выдающийся московский энтомолог Г.Н.Горностаев (1984) высказывал идею, что в защите растений «будущее истребительного направления за светоферомонными ловушками». Как ни печально, но эта мысль не получила дальнейшего развития, вероятно, 1) вследствие конструктивных недостатков световых ловушек прошлого, основанных на использовании ртутно-кварцевых ламп, с одной стороны, а с другой — 2) по причине охватившей энтомологический мир эйфории, когда от семиохемиков и, особенно СПА, ждали чудес при решении чуть ли не всех проблем защиты растений от вредных насекомых.

В настоящее время периодически появляются публикации, свидетельствующие о том, что комбинация светового и семиохимического сигналов может представлять интерес для защиты растений от вредителей (Debolt et al., 1979; Delisle et al., 1998; Sambaraju, Phillips, 2008; Pan et al., 2015; Rice et al., 2017; Rhainds et al., 2019). При этом часто, хотя и не всегда (Hathaway, 1981; Sambaraju, Phillips, 2008), совместное действие света и семиохемиков вызывает супераддитивный прирост аттракции насекомых, причем у самых разных в таксономическом отношении объектов — чешуекрылых, жуков, трипсов (Gentry, Davis, 1973; Duehl et al., 2011; McQuate, 2014; Miyatake et al., 2016; Otieno et al., 2018; Silva da et al., 2019). Иными словами, совместный эффект зрительных и ольфакторных стимулов порой реализуется у насекомых в виде синергии, когда, фигурально выражаясь, $2 + 2 = 5$ (Latash, 2008). Не вызывает сомнений перспективность использования

эффекта синергии применительно к защите растений от вредных растительноядных насекомых (Smart et al., 1997; Alyokhin et al., 2000; Mizell et al., 2007; Karmakar et al., 2018).

Что же касается технических решений, представляющих интеллектуальную собственность, то в настоящее время в мире действует множество патентов на самые разные конструкции ловушек для насекомых, в первую очередь световые (напр., см. патенты RU85799, RU110600, RU129363, RU167919, RU195732, UA125678, USD757887S1, USD561297S1, KR20170106121A, KR20210021632A, CN205196795U, CN106359335A, CN201536572U, и т.д.), а также снабженные семиохимиками (RU114588, RU146231, US4642936A, US5685109A, US20070094915A1, CS2740116B1, TWM555641U, и т.д.). Гораздо меньше разработано ловушек, в которых бы в качестве приманки для насекомых использовалась комбинация светового излучения и запахового сигнала (WO2009143471A2, GB2545631A, CN102657144A), причем практически все известные нам решения предназначены для использования в условиях, существенно отличающихся от таковых, которые складываются в агроценозах полевых культур.

Для разработки простой и удобной конструкции ловушки, которая была бы пригодна для мониторинга вредных насекомых с использованием комбинации запахового и светового сигналов (семиохемики + светодиоды), в качестве прототипа была выбрана пластиковая ловушка многократного использования Bucket Funnel Trap, первоначально названная UniTrap (сокращенно от Universal Moth Trap) (срок действия патента GB2052942 давно истек). Эта ловушка до сих пор крайне популярна в мире (Epsky et al., 2008) и производится огромным числом компаний, в т.ч. участниками International Biocontrol Manufacturers Association: International Pheromone Systems (Великобритания), Agralan (Великобритания), Pherobank (Нидерланды), Biobest (Бельгия), Hygiene-3d (Франция), Econex (Испания), Andermatt Biocontrol (Швейцария), Pestac (Греция), Novagrica (Греция), BioQuip (США),

Cooper Mill (Канада), Solida (Канада), Insect Science (ЮАР), Flora (Турция), Pherobio (Китай), Yofarm Industrial Company Limited (Китай), Zhangzhou South Perfect Biotech Co., Ltd. (Китай), Monotaro (Малайзия) и мн. др., а число публикаций, в которых сообщается об использовании Bucket Funnel Trap для мониторинга чешуекрылых, вообще не поддается исчислению.

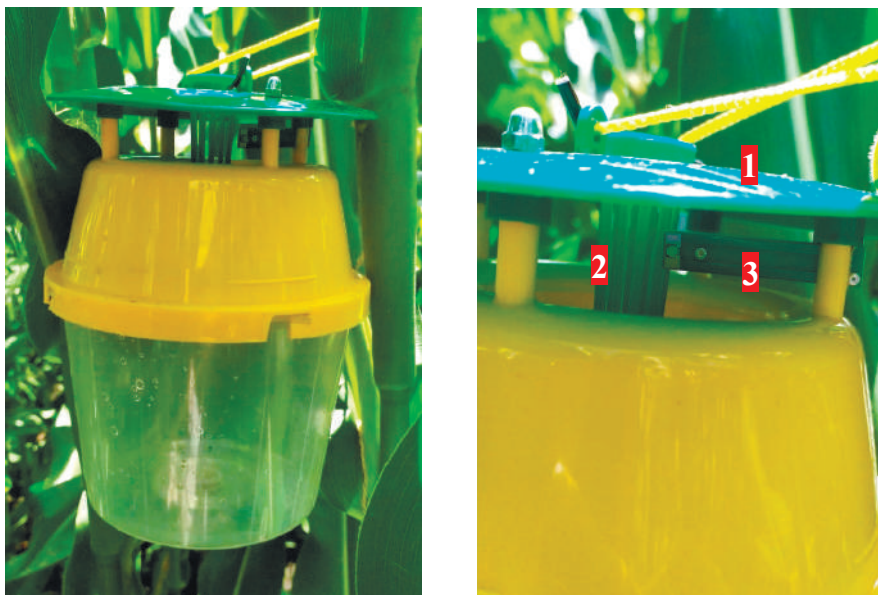


Рис. 6. Созданная в ВИЗР на базе прототипа Bucket Funnel Trap светоферомонная ловушка (Фролов и др., 2020), установленная на поле кукурузы. Слева — общий вид, справа — верхняя часть ловушки: под крышкой (1) рядом с корзинкой для запаховой приманки (семиохемика) (2) находится плата со светодиодами УФ-излучения (3)

Усовершенствование ловушки Bucket Funnel Trap (рис. 6) заключалось в установке платы с элементами питания и двух плат с УФ светодиодами, которые крепятся с помощью резьбовых шпилек, опорной стойки и гаек. Плата, выполненная единым съемным элементом, устанавливается внутрь ловушки в верхней средней ее части, а платы с УФ-светодиодами, излучение которых направлено в противоположные стороны друг от друга вдоль корпуса

ловушки, вставляются в разрезы опорных стоек и располагаются вблизи корзины, предназначенной для помещения туда запаховой приманки (Фролов и др., 2020). Важно подчеркнуть, что корзинка — место для размещения диспензера с семиохемиком — находится вне зоны прямого попадания на него светового излучения от светодиодов, что имеет важное значение с точки зрения предотвращения возможной деградации семиохемика под воздействием ультрафиолета.



Рис. 7. Улов бабочек (в подавляющем большинстве самок) кукурузного мотылька светоферомонной ловушкой за 1 ночь. Для приманивания имаго вредителя использована комбинация “бисексуальной приманки” и светодиодов (пос. Ботаника Краснодарского края, 2021 г.)

Если на дно клеевой светодиодной ловушки «Дельта» поместить запаховую приманку, то она будет столь же активно привлекать насекомых, как и описанная выше светоферомонная ловушка.

3. Сборка и настройка ловушек

3.1. Ловушки с семиохемиками

Оригинальная “бисексуальная приманка” (комбинация фенилацетальдегида и 4-метокси-2-фенэтилового спирта, по 100 мкг каждого на 1 диспензер), выпускается под коммерческим названием (bisex lure) компанией Csalomon® (<http://www.csalomontraps.com>) Института защиты

растений, Будапешт, Венгрия (Budapest, Pf. 102, H-1525, Hungary). Они же предлагают для использования вместе с семиохемиками ловушки Csalomon® Varl (см. рис. 3, сверху).

Поскольку ловушка Csalomon® Varl устроена довольно сложно и ее сборка может вызвать затруднения, ниже мы приведём иллюстрации, взятые из оригинальной инструкции к ловушке, которые снабжены переведенными на русский язык комментариями (рис. 8-16).

Диспенсер с приманкой должен быть зафиксирован под крышкой ловушки с помощью прилагаемой резиновой пробки. Настоятельно рекомендуется при манипулировании диспензерами работать в резиновых перчатках.

Важно подчеркнуть, что до использования диспензеры (пакетики) с семиохемиками желательно хранить в морозильной камере холодильника.

Учитывая, что в зоне проведения работ помимо кукурузного мотылька в ловушки могут попадать другие виды чешуекрылых (например, крупные представители сем. Noctuidae), рекомендуется в контейнеры, предназначенные для сбора бабочек, помещать полоску плотной писчей бумаги, обработанную бытовым инсектицидом (например, дихлофосом или пиретроидным препаратом). В зависимости от стойкости инсектицида обработку возможно придётся повторять через 8-10 дней. Более удобно в качестве умертвляющего насекомых средства использовать куски ошейника для собак, предназначенного для уничтожения блох и клещей, поскольку их токсический эффект проявляется в течение длительного срока (в идеале — на протяжении всего сезона). Инсектицид в комплекты ловушек, естественно, не входит, его придется приобретать отдельно.

“Бисексуальная приманка” (комбинация фенилацетальдегида и 4-метокси-2-фенэтилового спирта, по 100 мкг каждого на 1 диспенсер), для экспериментальных целей изготавливается также АО «Щелково Агрохим». В

качестве ловушек можно использовать клеевые ловушки Дельта или пластиковые ловушки многократного использования Bucket Funnel Trap.

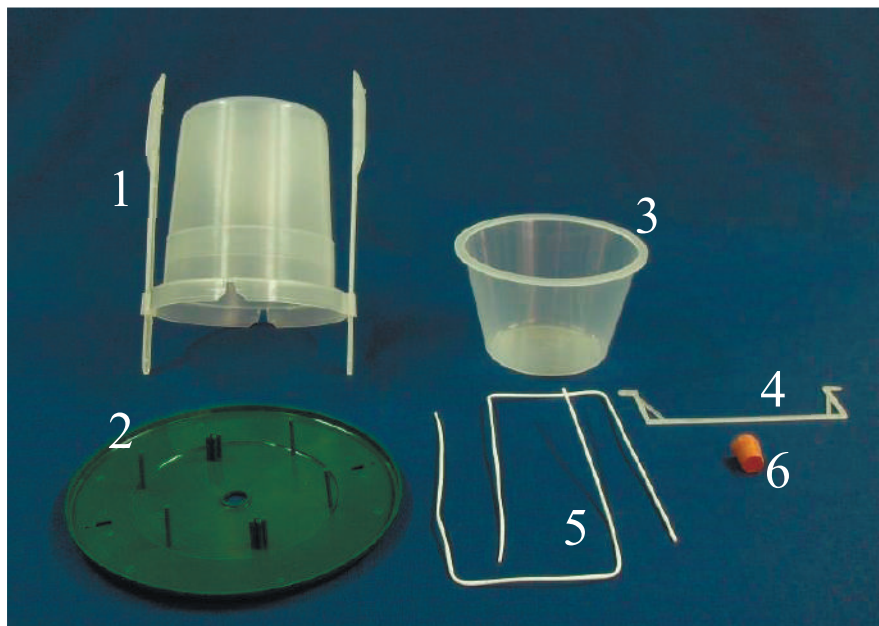


Рис. 8. Составные части ловушки Csalomon® Varl: 1 – воронка с направляющими планками; 2 – крышка; 3 – ловчий контейнер; 4 – пластиковый ремешок; 5 – проволока; 6 – резиновая пробка

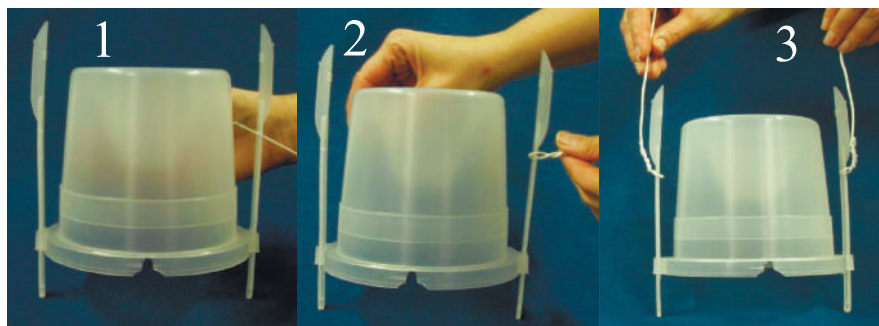


Рис. 9. Установка и закрепление проволоки в отверстиях направляющей планки воронки ловушки Csalomon® Varl

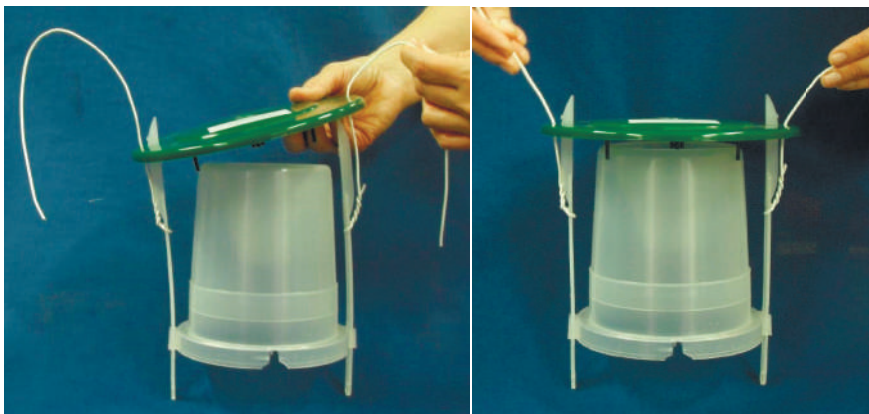


Рис. 10. Установка крышки над воронкой (следует вставить направляющие планки вместе с проволоками в отверстия с двух сторон)



Рис. 11. Закрепление проволоочных концов в верхней части ловушки Csalomon® Varl

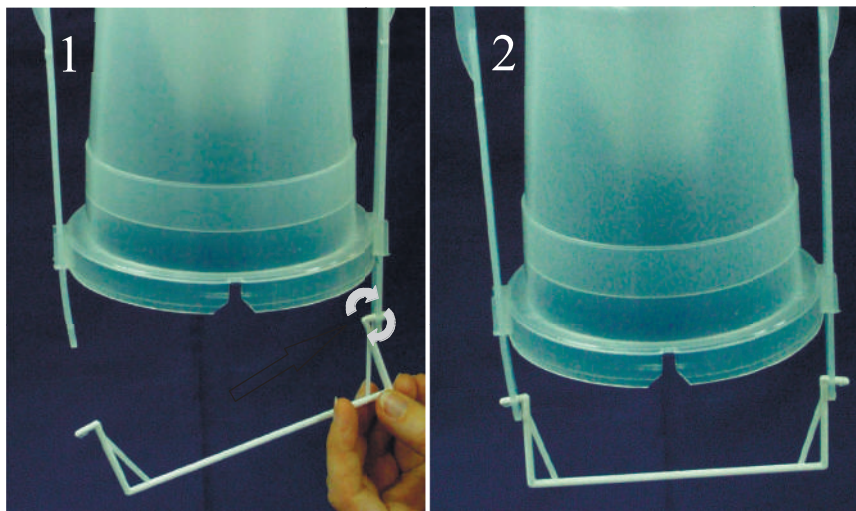


Рис. 12. Пластиковый ремешок пропускается через отверстие в направляющей планке.
То же — с другой стороны воронки ловушки Csalomon® Varl

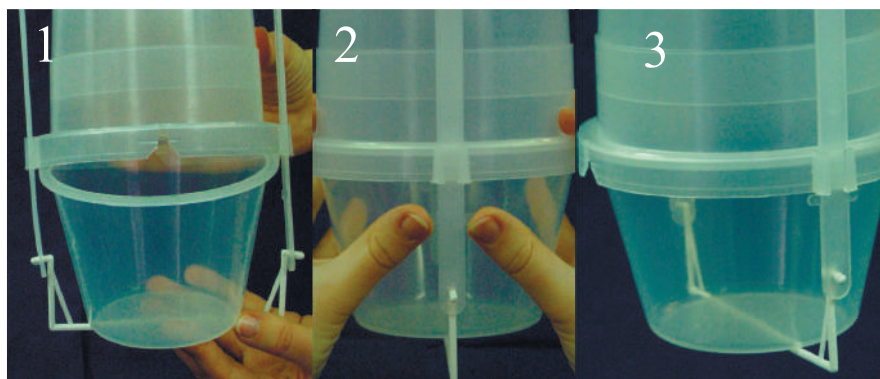


Рис. 13. Установка ловчего контейнера под воронкой ловушки Csalomon® Varl и
закрепление его пластиковым ремешком

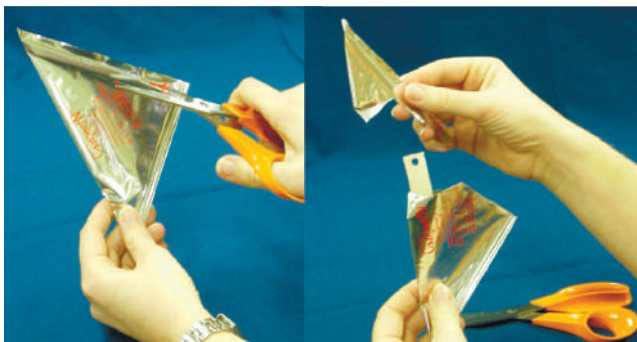


Рис. 14. Вскрытие запаянного пакета с приманкой (держат за пластиковый конец! Нельзя касаться диспензера пальцами — это может привести к загрязнению препарата)!

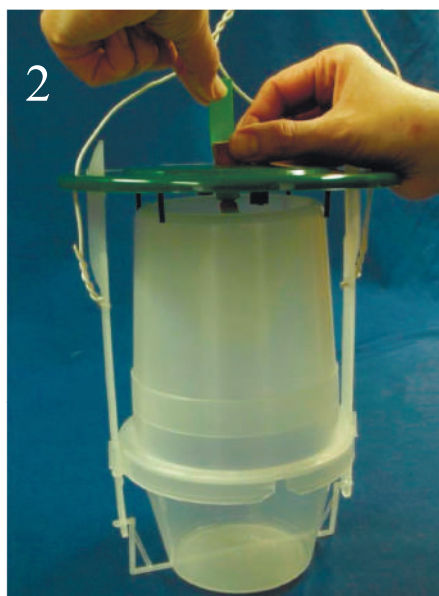


Рис. 15. Закрепление диспензера с приманкой в отверстии в крышке ловушки с помощью резиновой пробки. Диспензер должен быть помещен непосредственно под крышкой ловушки

Значительно проще в сборке (рис. 17) ловушка Bucket Funnel Trap, которая в России продается под названием «Бета» (см. отзыв на ловушку https://otzovik.com/review_6597887.html).

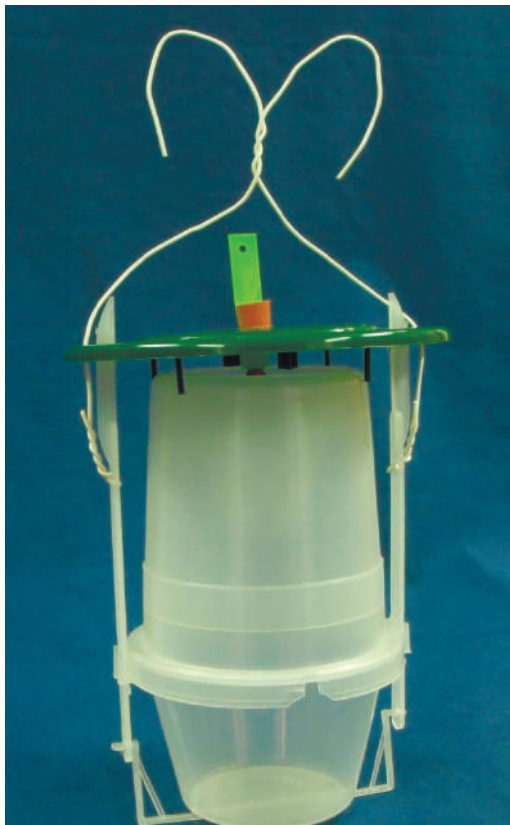


Рис. 16. Собранная ловушка Csalomon® Var1, готовая к использованию



Рис. 17. Оригинальная ловушка для насекомых конструкции Bucket Funnel Trap. Диспенсер с пахучей приманкой помещается в корзинку (Cage) и закрывается сверху колпачком (Plug). Насекомые через воронку (Funnel) попадают в контейнер для сбора насекомых (Base). Ловушка, сверху прикрытая крышкой (Lid), вешается с помощью подвески (Hanger). Взято из: https://www.e-econex.eu/wp-content/uploads/2018/05/triptico-econex-polillero_ingles.pdf

Как уже говорилось выше, для мониторинга кукурузного мотылька с использованием семиохемиков (“бисексуальная приманка”) пригодны

стандартные клеевые ловушки «Дельта». Диспензер с семиохемиком в этом случае помещается на дно ловушки.

3.2. Ловушки со светодиодами

Ранее упоминавшаяся (рис. 4) разработанная в ВИЗР клеевая светодиодная ловушка «Дельта» (патент RU195732U1) доступна для приобретения в ООО «ИЦ РИКСО» (ген. директор А.А.Мильцын). Ловушка состоит из пластикового прозрачного корпуса и съемного блока — кассеты, несущей элементы питания, фотодатчик, два светодиода, испускающих УФ свет длиной волны 365–370 нМ в противоположные друг от друга стороны вдоль корпуса ловушки и электронное устройство, управляющее автоматическим включением светодиодного излучателя при заданном уровне освещенности (рис. 18-19).



Рис. 18. Светодиодная клеевая ловушка «Дельта» – пластиковый прозрачный корпус (1), веревка для подвешивания ловушки (2) и съемный блок – кассета со съемной крышкой (3), несущая сенсор для определения освещенности среды (4), светодиоды УФ излучения (5) и системы управления и питания (внутри под крышкой)

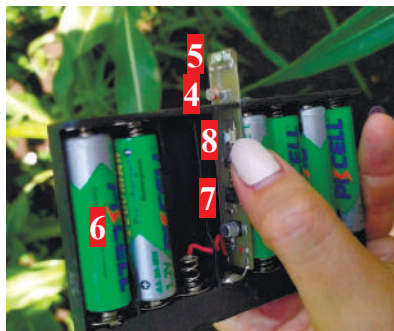


Рис. 19. Съемный блок — кассета со снятой крышкой. Снаружи — сенсор для измерения освещенности среды (4) и плата с двумя светодиодами УФ излучения (5). Внутри — съемные аккумуляторы в качестве источника питания (6 штук) (6), энергонезависимая память (микроконтроллер Attiny 13A) с записанной программой управления светодиодами (7), кнопка для программирования устройства (8)



Рис. 20. Съемный блок — кассета со снятой крышкой. Тумблер включения / выключения ловушки (рычажок в положении off / on) (9)

Поскольку регионы страны существенно различаются уровнем освещенности, при котором начинается лёт насекомых на свет, была выбрана такая схема настройки работы ловушки, которая позволяет вручную регулировать ее включение или выключение при любом заданном пользователем уровне освещенности.

Настройку включения светодиодов при требуемом уровне освещенности проводим в тот период времени суток, при котором начинается лёт кукурузного мотылька в Вашем регионе (например, в 21 час). Перед

настройкой выбираем такое место, где отсутствуют искажающие естественный фон освещенности воздействия внешних источников света.

Последовательность операций при программировании устройства:

1. Снимаем крышку кассеты (надпись OPEN и стрелка подсказывают в какой направлении надо сдвигать крышку, чтобы ее снять).
2. Вставляем аккумуляторы (6 штук) в соответствующие гнезда, соблюдая полярность при подключении (см. подсказки в гнездах корпуса кассеты) (рис. 17).
3. Переключатель на корпусе переводим в положение off (выключаем устройство) (рис. 18).
4. Нажимаем и не отпускаем кнопку для программирования устройства. Не закрываем доступ света к сенсору! (рис. 19).
5. Переводим (при нажатой кнопке для программирования) переключатель на корпусе в положение on (включаем устройство).
6. Считаем число морганий светодиодов. После 8 (для надежности 10) морганий программа записывает в энергонезависимую память текущий уровень освещенности окружающей среды, при достижении которого светодиоды будут включаться, а при превышении — отключаться.
7. Отпускаем кнопку для программирования, закрываем кассету крышкой и переводим переключатель на корпусе кассеты в положение off. Ловушка настроена, дальнейшие операции можно производить на свету.
8. Днем отправляемся в поле, переводим переключатель на корпусе кассеты в положение on (включаем устройство), вставляем кассету в ловушку, которую устанавливаем в нужном месте на поле.
9. Перенастройка уровня освещенности, при котором производится включение/выключение ловушки, в дальнейшем обычно не требуется, т.е. она осуществляется в течение сезона однократно.

При включении ловушки загораются светодиоды (сигнал готовности ее к работе) и в течение ~ 10 мин устройство проводит контроль работы систем ловушки, сопоставляя текущий уровень освещенности с запрограммированным. Поскольку текущий уровень освещенности днем выше заданного, светодиоды гаснут, но не сразу, а спустя 10 минут. Т.е. программа управления работой ловушки настроена так, чтобы она реагировала не на краткосрочные, а на долговременные изменения освещения. Любая реакция сенсора на изменения освещенности будет отложена на 10 минут, и поэтому ловушка не сразу включается или выключается при достижении запрограммированных уровней освещенности. Такая настройка препятствует ее выключению, если, например, ночью сверкнет молния или место расположения ловушки будет кратковременно освещено автомобильными фарами.

При настройке ловушки и подготовке ее к работе можно воспользоваться видеoinструкцией, размещенной по адресу: <https://www.youtube.com/watch?v=kdC0o-T6AI0>.

Работа ловушки от полностью заряженных аккумуляторов гарантируется не менее, чем на протяжении 3 (вплоть до 5) суток. Для зарядки рекомендуется использовать прилагаемые зарядные 8-гнездные устройства фирмы Palo. Зарядка 6 аккумуляторов длится около 15-17 час.

3.3. Ловушки комбинированные (светоферомонные)

Специально разработанная для мониторинга летающих насекомых путем комбинирования аттрактивного действия светового излучения и запахового сигнала ранее упоминавшаяся (см. рис. 6-7) светоферомонная ловушка (патент RU201632U1) доступна для приобретения в ООО «ИЦ РИКСО» (ген. директор А.А.Мильцын).

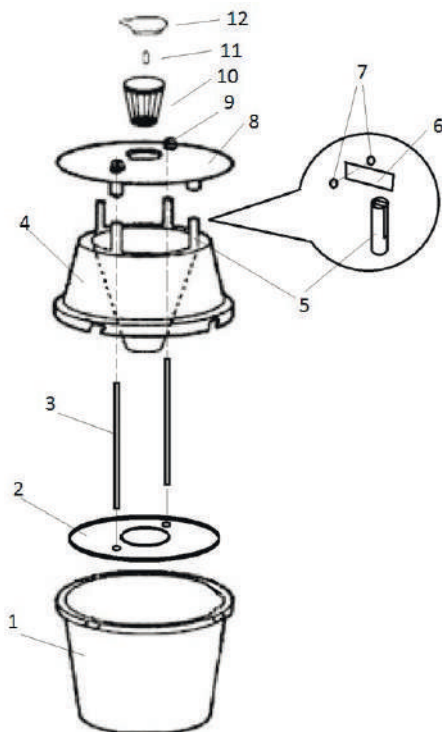


Рис. 21. Схема конструкции светоферомонной ловушки для летающих насекомых (патент RU201632U1): контейнер (1), плата (2) с элементами питания и системой управления, резьбовые шпильки (3) для крепления платы, воронка (4), опорные стойки (5), плата (6) со светодиодами (7), крышка ловушки (8) с крепежными гайками (9), корзинка (10) для пахучей приманки (11) с колпачком (12). Плата (2) установлена внутри ловушки в верхней средней ее части, а платы со светодиодами (7), излучение которых направлено в противоположные стороны друг от друга вдоль корпуса ловушки, вставлены в разрезы опорных стоек и расположены вблизи корзинки (10), куда помещается запаховая приманка (11)

Корпус светоферомонной ловушки для летающих насекомых изготовлен из устойчивого к действию УФ света полимерного материала и включает (рис. 21) контейнер для сбора отловленных насекомых (1), воронку (4), крышку (8) и корзинку (10) для пахучей приманки (11) с колпачком (12), плату (2) с элементами питания и системой управления, плату (6), несущую светодиоды (7), механизм крепления, состоящий из резьбовой шпильки (3), опорных стоек (5) крышки и гаска (9). Плата (2), выполненная единым съемным элементом, установлена внутри в верхней средней части ловушки, а платы со светодиодами (7), излучение которых направлено в противоположные стороны друг от друга вдоль корпуса ловушки, вставлены в разрезы опорных

стоек и расположены вблизи корзины (10), куда помещается пахучая приманка (11), привлекающая целевой вид насекомых.

Привлеченные запахом и/или светом объекты мониторинга попадают в контейнер для сбора насекомых через воронку. Благодаря отсутствию адгезионных материалов находящиеся в контейнере особи не травмируются, что облегчает проведение стандартного таксономического анализа.

Перед тем, как вывесить ловушку для осуществления мониторинга, необходимо произвести ее настройку с тем, чтобы светодиоды включались при падении освещенности ниже заданного уровня. Настройка работы ловушки осуществляется согласно алгоритму, подобному тому, который был ранее описан для светодиодной клеевой ловушки «Дельта» на стр. 55-56. Рисунки 22-25 иллюстрируют процесс настройки светоферомонной ловушки, схема конструкции которой приведена на рис. 21.

Настройка режима включения светодиодов при заданном уровне освещенности выполняется в то время суток, когда начинается в регионе лёта имаго целевого энтомологического объекта — кукурузного мотылька (например, в 21 час). Перед настройкой выбирается место, где отсутствуют искажающие естественный фон освещенности внешние источники света.

Последовательность операций при программировании устройства:

1. Отщелкиваем контейнер от воронки (слегка поворачиваем и снимаем).
2. Отворачиваем гайки с хомутиками (14) (рис. 22), снимаем их с резьбовых шпилек (3), аккуратно снимаем плату (2) с воронки (рис. 23). Внимание! Не повредите провод (19), которым электронная плата (13) соединена со светодиодами (7, рис. 25).
3. Тумблером (15, рис 22) на нижней (внешней) стороне платы выключаем устройство.
4. Находим на верхней (прежде скрытой внутри воронки) стороне электронной платы кнопку для программирования устройства (21,

рис. 24), нажимаем на нее и не отпускаем. Рядом находится сенсор измерения освещенности среды (22, рис. 24) — он должен быть открытым!



Рис. 22. Светоферомонная ловушка с отстегнутым контейнером (вид на воронку снизу). Плата (2) крепится гайками (14) на резьбовых шпильках (3). Электрическая часть ловушки включается с помощью тумблера (15). Для зарядки аккумуляторов используется гнездо (16)

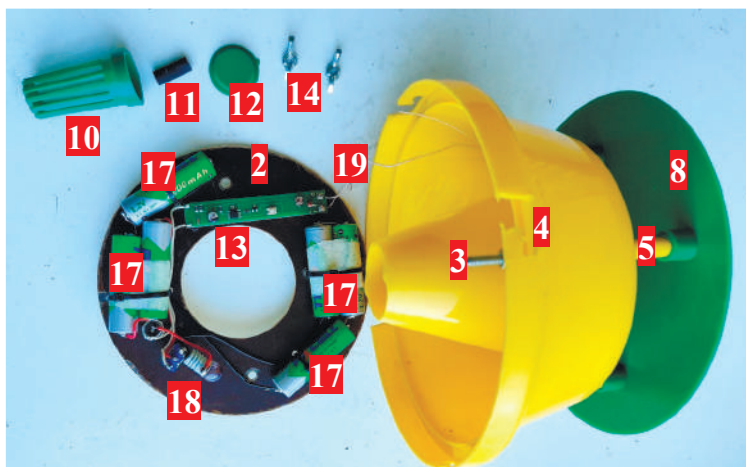


Рис. 23. Разобранная светоферомонная ловушка. Воронка (4), крышка (8), опорные стойки (5), корзинка (10) для приманки (11) с колпачком (12), плата (2) с 6 элементами питания (17), электронной платой (13), несущей энергонезависимую память, куда записана программа управления работой светодиодов, и лампочкой (18) — индикатором зарядки аккумуляторов (17), которая крепится с помощью резьбовых шпилек (3) гайками (14). Внимание! Не повредите провода (19), которыми плата (13) соединена со светодиодами (7 на рис. 25)

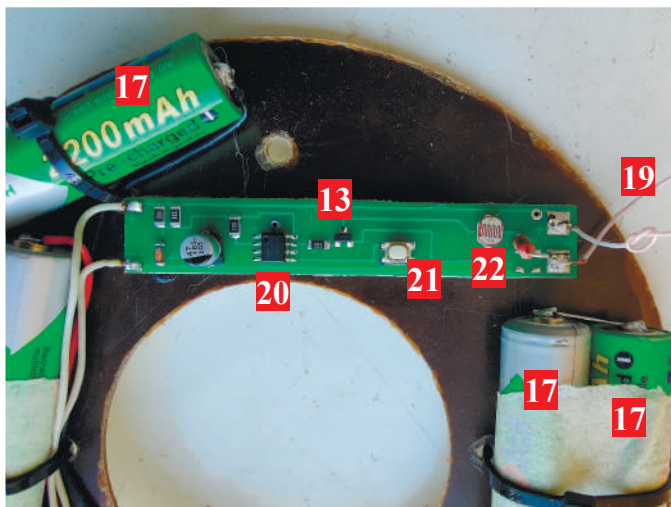


Рис. 24. Электронная плата светоферомонной ловушки (13) с энергонезависимой памятью (20), куда записана программа управления работой светодиодов, кнопкой для программирования устройства (21) и сенсором определения освещенности среды (22), а также 6 элементами питания (17). Внимание! Не повредите провода (19), которыми плата (13) соединена со светодиодами (7, рис. 25)

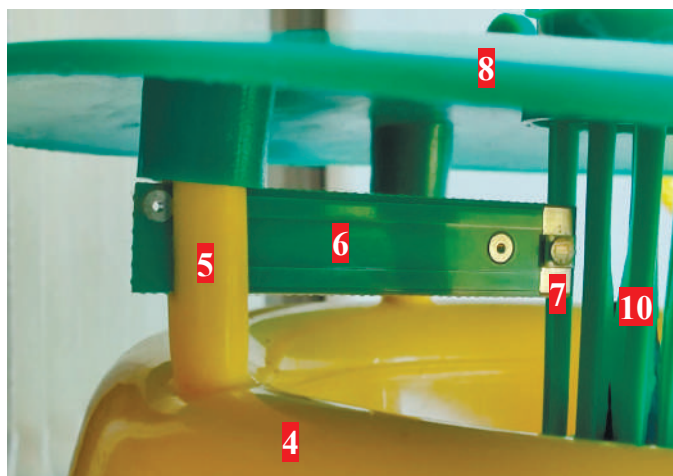


Рис. 25. Верхняя часть светоферомонной ловушки: воронка (4), крышка (8), плата (6), на которой размещены светодиоды (7), и которая крепится в разрез опорной стойки (5) крышки, корзинка для пахучей приманки (10)

5. Включаем (при нажатой кнопке для программирования) устройство с помощью тумблера, расположенного на нижней стороне платы (15, рис. 22).
6. Считаем число морганий светодиода (7, рис. 25). После 8 морганий программа записывает в энергонезависимую память текущий уровень освещенности окружающей среды, при достижении которого светодиоды будут включаться, а при превышении — отключаться.
7. Отпускаем кнопку для программирования устройства (21, рис. 24), выключаем ловушку с помощью тумблера, расположенного на нижней стороне платы (15, рис 22). Дальнейшие операции можно производить при обычном освещении.
8. Устанавливаем плату (2) на воронку, закрепляем ее на резьбовых шпильках (3) гайками с хомутиками (14, рис. 22-23).
9. Днем отправляемся в поле, включаем ловушку тумблером (15, рис. 22), который расположен на нижней стороне платы (2), и устанавливаем ловушку на посеве кукурузы.
10. Перенастройка уровня освещенности, при котором производится включение/выключение ловушки, в дальнейшем обычно не требуется, т.е. она осуществляется в течение сезона однократно.

При включении ловушки загораются светодиоды (сигнал готовности ее к работе) и в течение ~ 10 мин устройство проводит контроль работы систем ловушки, сопоставляя текущий уровень освещенности с запрограммированным. Поскольку текущий уровень освещенности днем выше заданного, светодиоды гаснут, но не сразу, а спустя 10 минут. Т.е. программа управления работой ловушки настроена таким образом, чтобы она реагировала не на краткосрочные, а на долговременные изменения освещения. Любая реакция сенсора на изменения освещенности будет отложена на 10 минут, и поэтому ловушка не сразу будет включаться или выключаться при

достижении запрограммированных уровней освещенности. Такая настройка препятствует выключению ловушки ночью или включению днем при кратковременном изменении уровня освещенности.

Работа ловушки от полностью заряженных аккумуляторов гарантируется не менее, чем в течение 3 суток (фактически вплоть до 5 суток). Для зарядки рекомендуется использовать прилагаемые зарядные устройства, которые подключаются к соответствующему разъему, расположенному на нижней стороне электронной платы (16, рис. 22). Зарядка 6 аккумуляторов длится около 14-15 час. О корректной работе зарядного устройства свидетельствует яркое горение индикаторной лампочка (18, рис. 23), хорошо заметное сквозь пластик воронки (4). По окончании процесса зарядки ее свет становится тусклым и свечение перестает быть видимым.

В качестве светоферомонной ловушки допустимо также использовать клеевые светодиодные ловушки «Дельта», на дно которых помещают приманку в виде СПА или семиохемика растительного происхождения.

4. Установка ловушек и проведение учётов

Ловушки выбранного Вами типа (снабженные семиохемиками, светодиодными излучателями или обоими видами приманок одновременно) размещаются на том посеве кукурузы, где планируется провести мониторинг кукурузного мотылька. По возможности стоит выбрать таковой посев, который расположен как можно ближе к тому месту, где кукурузу выращивали в прошлом году, чтобы обеспечить бóльшую уловистость ловушек благодаря меньшему расстоянию, которое вынуждены будут преодолевать насекомые при перелете из места зимовки к месту откладки яиц. В случае проведения сравнительных испытаний (в качестве контроля используется стандарт — СПА для Z-расы вредителя) выбранные ловушки той или иной конструкции (но обязательно все одинаковые, т.е. либо клеевые Дельта, либо Csalomon® Varl, либо светоферомонные) размещаются как минимум тремя блоками (рис.

26). Внутри блоков ловушки размещаются на расстоянии 8-10 м друг от друга, блоки рекомендуется размещать на расстоянии не менее 30 м друг от друга.

Блок 1		Блок 2		Блок 3	
ловушка с СПА		ловушка нового типа		пустая ловушка	
10 м		10 м		10 м	
пустая ловушка	30 м	ловушка с СПА	30 м	ловушка нового типа	
10 м		10 м		10 м	
ловушка нового типа		пустая ловушка		ловушка с СПА	

Рис. 26. Схема размещения ловушек на посеве кукурузы при проведении сравнительных испытаний нового типа ловушек и снабженных синтетическим половым аттрактантом (СПА) (стандарт), а также без приманки (контроль)

Географические координаты места проведения испытаний определяются с помощью подручных средств (например, с помощью датчика GPS сотового телефона). Настоятельно рекомендуется фиксировать также информацию о гибриде кукурузы, площади поля, предшественнике, а также датах посева, цветения метелок и початков у 50% растений.

Первоначально ловушки на посеве кукурузы устанавливаются на высоте не менее 50 см от земли внутри рядков таким образом, чтобы исключить их повреждение при междурядных обработках почвы. По мере роста растений ловушки следует поднимать вплоть до высоты расположения основного початка. Смену диспензеров с аттрактантами в ловушках проводят 1 раз в месяц.

До начала лёта имаго вредителя ловушки следует осматривать ежедневно, с его наступлением — два раза в неделю (1 раз в 3-4 дня). Подсчет пойманных в ловушки-живоловки насекомых и их размещение на ватных энтомологических матрасиках для дальнейшего хранения удобнее проводить в лаборатории. Поэтому в полевых условиях мертвых насекомых следует переложить из ловчих контейнеров в плотно закрывающиеся пластиковые баночки, причем обязательно из каждой ловушки в отдельную баночку. Умерщвленных насекомых размещают на стандартных ватных энтомологических матрасиках, которые весьма просты в изготовлении (Злыгостев, 2019: <http://insectalib.ru/books/item/f00/s00/z0000010/st019.shtml>). По завершении полевого сезона матрасики с размещенными на них насекомыми (наряду с другими материалами) следует пересылать в лабораторию сельскохозяйственной энтомологии ВИЗР (196608 С.-Петербург – Пушкин, ш. Подбельского, 3, Фролову А.Н.) для контроля корректности определения видовой принадлежности насекомых, выловленных ловушками.

При учётах фиксируют число пойманных имаго отдельно по полам — отдельно самцов и самок (рис. 27). Самцы обычно темнее, но, главное, конец брюшка у них заострен.

Для чего нужен сухой материал? В ловушки помимо целевого объекта могут попадать и другие виды насекомых. Так, в Венгрии помимо кукурузного мотылька, изредка в ловушках с семиохемиками обнаруживают живущую на крапиве огневку *Haritala ruralis* Scop., внешне довольно похожую на целевой объект (рис. 28).

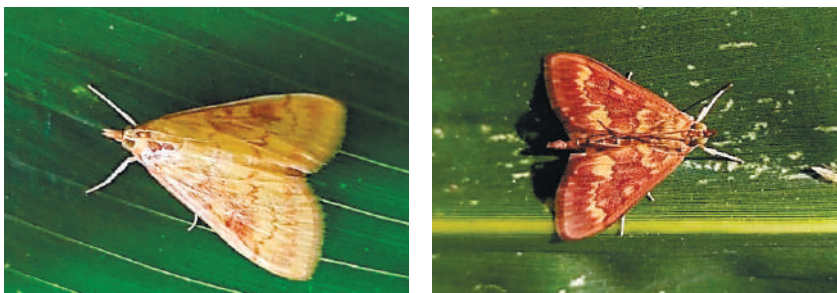


Рис. 27. Самка (слева) и самец (справа) кукурузного мотылька

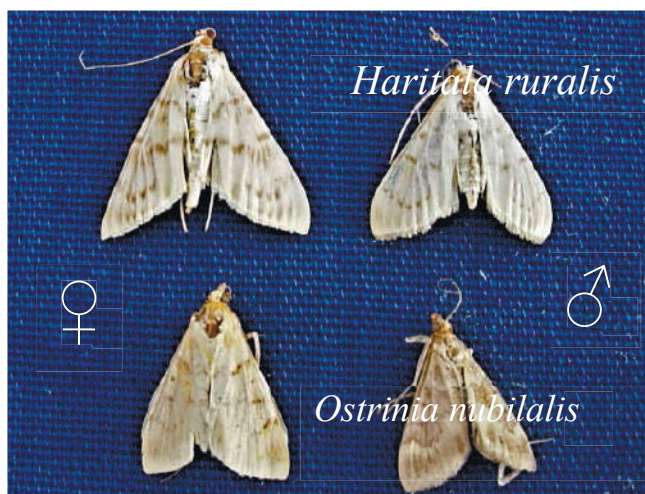


Рис. 28. Похожая на кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* огневка *Haritala ruralis* порой обнаруживается в ловушках Csalomon® Varl в Венгрии

Помимо кукурузного мотылька, в ловушки с семиохемиками растительного происхождения (“бисексуальной приманкой”) порой в значительных количествах попадают совки (представители родов *Autographa*, *Abrostola*, *Helicoverpa* и др.), которые значительно крупнее кукурузного мотылька и легко от него отличимы (рис. 29-31).

Помимо идентификации видовой принадлежности пойманных в ловушки насекомых, сухой материал может быть использован также для оценки осемененности самок кукурузного мотылька (выявляется по наличию сперматофора) и их физиологического возраста (определяется после размачивания сухого материала и его препарирования), который оценивается в баллах (шкала 1-4) по степени опустошения содержимого сперматофора (рис. 32) (Showers et al., 1974b).

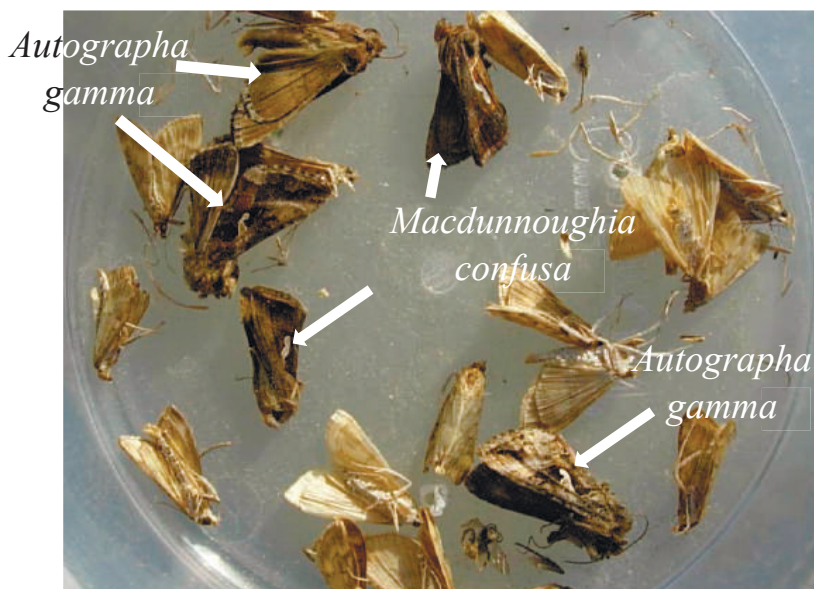


Рис. 29. Некоторые виды совок (сем. Noctuidae), попавшие в ловушки Csalmos® Varl с семиохемиками растительного происхождения (начало)

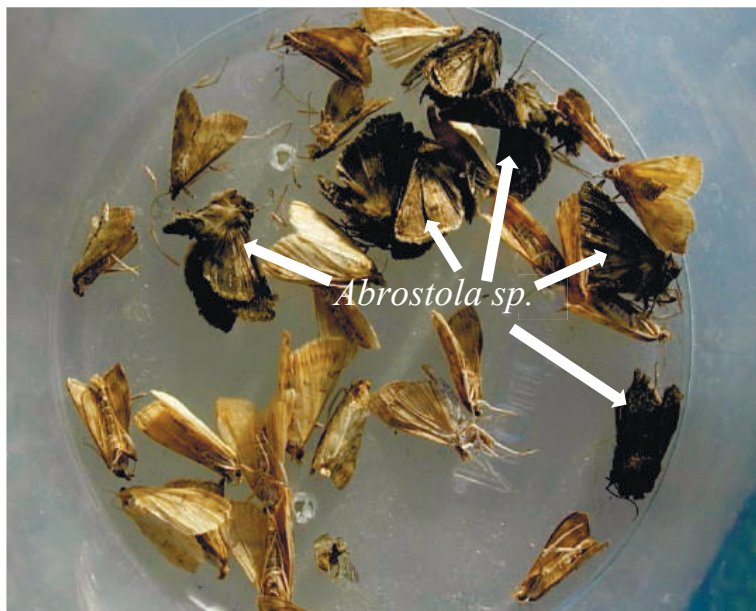


Рис. 30. Некоторые виды совок (сем. Noctuidae), попавшие в ловушки Csalomon® VarL с семиохемиками растительного происхождения (продолжение)



Рис. 31. Некоторые виды совок (сем. Noctuidae), попавшие в ловушки Csalomon® VarL с семиохемиками растительного происхождения (завершение)

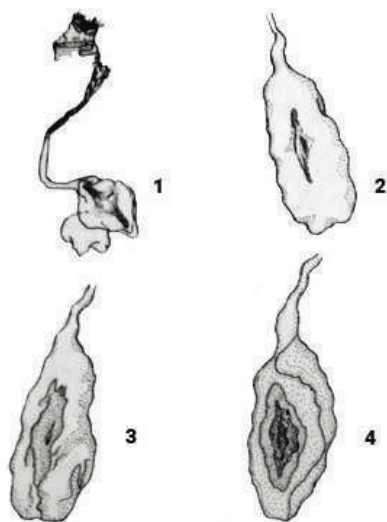


Рис. 32. Соположительная сумка самки кукурузного мотылька:

1. у неоплодотворенной самки;
2. со сперматофором сразу после спаривания;
3. сперматофор со впячиванием, запас спермы частично израсходован;
4. сперматофор меланизирован, с глубоким впячиванием, сперма полностью израсходована.

Цит. по: И.Д. Шапиро и др. (1979а)

В целях получения информации, необходимой для определения порогового значения отловленной численности родительского поколения имаго кукурузного мотылька, при которой формируется такая численность дочернего поколения гусениц, которая наносит существенный вред растениям, на поле кукурузы, на котором размещались блоки ловушек, следует провести учёты плотности гусениц вредителя (рис. 33) — потомков той генерации имаго, численность которой учитывали отловами в ловушки. Необходимость проведения таких учётов обусловлена тем обстоятельством, что наличие коррелятивной связи между плотностями пойманных имаго и их вредоносного потомства является необходимой основой для эффективного мониторинга (Фролов, Рябчинская, 2018). И хотя на первый взгляд такая связь представляется очевидной (Гричанов, Овсянникова, 2005), очень многие экологические факторы могут оказывать возмущающие воздействия на корреляционные зависимости между численностью имаго в ловушках и плотностью яиц и гусениц на посеве.

Каждый учёт гусениц кукурузного мотылька представляет собой осмотр и вскрытие не менее 100 растений кукурузы, взятых на 10-20 площадках размером по 5-10 растений каждая. Случайным образом выбранные на поле площадки могут располагаться на примерно равном удалении друг от друга — например, как на рис. 34. Растения кукурузы внимательно осматривают, при наличии признаков повреждений производят их вскрытие и осуществляют поиск гусениц, питающихся внутри растений (рис. 35). Попавшие в пределы учётной площадки сорные растения также следует осматривать на предмет их заселения гусеницами вредителя.

Гусеницы кукурузного мотылька в своем развитии проходит 5 возрастов (рис. 36). Количество и возраст найденных гусениц записывают в полевой журнал. В ходе учётов живых гусениц отделяют от мертвых, отмечая среди последних погибших от паразитов (определяется по наличию коконов или пупариев), хищников, болезней или иных причин (табл. 5).



Рис. 33. Взрослая гусеница кукурузного мотылька 5 возраста, питающаяся внутри растения кукурузы

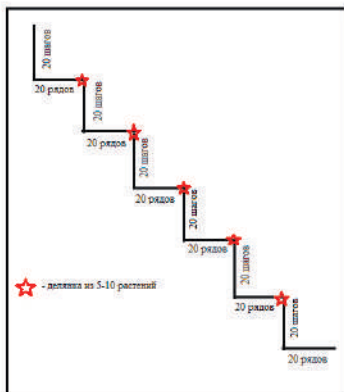


Рис. 34. Примерное расположение делянок для учёта плотности гусениц кукурузного мотылька на посеве кукурузы



Рис. 35. Следы питания гусениц кукурузного мотылька



Рис. 36. Размеры гусениц пяти возрастов кукурузного мотылька (цит. по: Mason et al., 2018). Для наглядности добавлена линейка (1 деление = 1 мм)

Ниже приводятся изображения (рис. 37-40) некоторых видов паразитов кукурузного мотылька.



Рис. 37. Личинки и коконы паразита гусениц кукурузного мотылька *Habrobracon hebetor* Say (сем. Braconidae)



Рис. 38. Личинка (сбрасывает покровы тела съеденной изнутри гусеницы кукурузного мотылька) и pupарий паразита кукурузного мотылька — мухи *Lydella thompsoni* Hert. (сем. Tachinidae)



Рис. 39. Кокон и имаго паразита кукурузного мотылька *Eriborus terebrans* (Grav.) (сем. Ichneumonidae)

Паразит мотылька *Sinophorus turionus* внешне очень похож на *Eriborus terebrans*, но отличим от него по наличию «зеркальца» на передних крыльях (рис. 40).

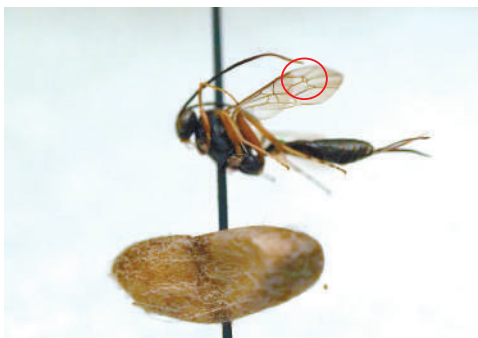


Рис. 40. Имаго паразита кукурузного мотылька *Sinophorus turionus* Ratz. (сем. Ichneumonidae)

Таблица 5. Образец таблицы для фиксации данных полевого учёта.

Дата учёта	№ делянки (число растений)	Кол-во гусениц живых по возрастам						Куколки	Всего живых	Мертвые	Паразиты	Всего живых и погибших
		1	2	3	4	5	всего					

Целых (неповрежденных при проведении учётов) гусениц следует собирать в спирт в герметичную стеклянную или пластиковую пробирку (баночку). На каждой банке необходимо указывать дату учёта, культуру

(гибрид), место сбора, количество гусениц (минимум 30 особей). Собранный материал пересылают в лабораторию сельскохозяйственной энтомологии ВИЗР (196608 С.-Петербург – Пушкин, ш. Подбельского, 3, Фролову А.Н.).

5. Заключение

1. Кукурузный мотылек характеризуется существенной внутривидовой изменчивостью по составу полового феромона самок и репродуктивным тактикам имаго (поведении при поиске полового партнера и кормового растения), в связи с чем использование синтетических половых аттрактантов (СПА) для мониторинга вредителя нередко оказывается недостаточно эффективным.
2. Новые типы ловушек, снабженные как светодиодами, так и семиохемиками растительного происхождения, существенно расширяют арсенал доступных средств для мониторинга вредителя, обеспечивая высокую эффективность сигнализации развития и сезонного прогноза размножения насекомого.
3. В отличие от СПА, светодиоды и семиохемики растительного происхождения привлекают значительное количество самок, чья прогностическая ценность для защиты растений существенно выше, чем самцов.
4. В период лёта имаго кукурузного мотылька светодиодная техника в сочетании с семиохемиками растительного происхождения, как правило, обнаруживает максимальную уловистость в сравнении со всеми остальными испытанными приманками.
5. Важный аспект практического использования как светодиодных, так и снабженных семиохемиками растительного происхождения ловушек — размещать их следует в местообитаниях объекта мониторинга (в случае кукурузного мотылька на посеве кукурузы), что обеспечит доминирование целевого объекта в отловах.

6. Хотя стоимость и обслуживание светодиодных ловушек обходится дороже остальных, надо иметь в виду, что их конструкция предполагает многолетнее использование.

6. Литература

АБ Экспертно-аналитический центр агробизнеса (2020). Просо: площади, сборы и урожайность в 2001-2019 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/proso-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (дата обращения: 30.06.2021).

Александрова Е.А. (1974). Стеблевой мотылек — *Ostrinia nubilalis* Hbn. в орошаемой зоне Алма-Атинской области. Тр. Казах. НИИ земледелия. 11: 114–128.

Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. (2016). Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Справочник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 76 с.

Бахмут О.О. (2002). Стійкість гібридів і сортотразків кукурудзи до кукурудзяного метелика та багаторічний прогноз його чисельності в Лісостепу України: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Киев: Нац. Університет. 18 с.

Богущ П.П. (1936). Некоторые наблюдения над кукурузным мотыльком (*Pyrausta nubilalis* Hb.) в Средней Азии за 1930-1935 гг. Науч. бюлл. Всесоюз. НИИ по хлопку, Ташкент. 6(27): 75–83.

Бондарева В.Ю. (1986). Возделывание кукурузы на зерно в насыщенных севооборотах и бессменных посевах. М.: Агропромиздат. 49 с.

Букзеева О.Н. (1991). Методические указания по использованию новых методов при составлении прогноза развития и вредоносности первого и основного поколения стеблевого мотылька на посевах кукурузы. Л.: ВИЗР. 29 с.

Букзеева О.Н., Поляков И.Я. (1993). Фазы динамики популяций стеблевого мотылька и модели их прогноза. Сб. научн. тр. ВИЗР. 95: 115–124.

Булыгинская М.А., Порсаев М.М., Гричанов И.Я. (1993). Сезонный прогноз численности хлопковой совки с помощью феромонных ловушек. В кн.: Теория, методы и технология автоматизации фитосанитарной диагностики. СПб: ВИЗР. с. 60–70.

Буров В.Н., Новожилов К.В. (2001). Семиохемики в защите растений от сельскохозяйственных вредителей. Тр. Русского энтомол. об-ва. 72: 3–15.

Вендило Н.В., Лебедева К.В. (2016). Применение феромонных препаратов в лесном хозяйстве. Защита и карантин растений. 5: 43–45.

Возмилов А.Г., Суринский Д.О., Дюрягин А.Ю. (2010). Светоловушка для проведения мониторинга численности насекомых на основе фотоэлектрических преобразователей и светодиодов. Вестн. Челябинской гос. агроинж. академии. 57: 27–30.

Войняк В., Бравовский В., Батко М., Настасе Т. (2009). Итоги и перспективы применения БАВ в системах интегрированной защиты растений. *Protecția plantelor — realizări și perspective*. 40: 212–217.

Войняк В.И., Ковалев Б.Г. (2010). Эффективность половых феромонов вредителей кукурузы. Защита и карантин растений. 7: 25–27.

Воронин В.И., Стулин А.Ф., Блеканов Д.Н., Подрезов П.И., Драчёв Н.А. (2017). Оценка продуктивности кукурузы в условиях выращивания её в севообороте и в виде монокультуры при длительном применении удобрений. Успехи совр. науки. 7: 18–25.

Гончаров Н.Р. (2010). Развитие инновационных процессов в защите растений. Защита и карантин растений. 4: 4–8.

Горностаев Г.Н. (1984). Введение в этологию насекомых-фотоксенов (лёт насекомых на искусственные источники света). Тр. Всесоюзного энтомол. об-ва, т. 66 «Этология насекомых». Л.: Наука. с. 101–167.

Гричанов И.Я. (1986). Оценка численности хлопковой совки с помощью феромонов. Защита растений. 12: 42–43.

Гричанов И.Я., Овсянникова Е.И. (2005). Феромоны для фитосанитарного мониторинга вредных чешуекрылых насекомых. СПб, Пушкин, ВИЗР. 244 с.

Грушевая И.В. (2018). Факторы многолетней динамики численности кукурузного мотылька в Краснодарском крае в связи с разработкой мониторинга и прогноза размножения вредителя: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб: ВИЗР. 23 с.

Грушевая И.В., Конончук А.Г., Малыш С.М., Мильцын А.А., Фролов А.Н. (2019). Светодиодная ловушка для мониторинга кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis*: испытания в Краснодарском крае. Вестн. защиты растений. 4(102): 49–54.

Грушевая И.В., Фролов А.Н., Рябчинская Т.А., Трепашко Л.И., Быковская А.В. (2015). Новые очаги массовых размножений кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в Беларуси и России: тревожный вызов устоявшимся знаниям о вредителе. В сб. «Современные проблемы энтомологии Восточной Европы». Мат. I Межд. научно-практич. конф. Минск: Экоперспектива. с. 93–97.

Дмитриев Г.В. (1932). Кукурузный (стеблевой) мотылек в правобережье средней Волги. В кн.: Бюлл. VII Всесоюзного съезда по защите растений в Ленинграде (15–23 ноября 1932 г.). 8: 5–8.

Добродеев А.И. (1921). Просяной или кукурузный мотылек (*Pyrausta nubilalis* Hüb.). Тр. 2 Всерос. энтомо-фитопатологич. съезда в Петрограде 25-30 окт. 1920 г., Петроград. с. 123–128.

Долженко В.И. (2018). Защита растений: настоящее и будущее. Плодородие. 1(100): 24–26.

Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Буркова Л.А., Иванова Г.П., Васильева Т.И., Долженко О.В., Лаптиев А.Б. (2021). Совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями растений в XXI веке. Агрохимия. 1: 31–40.

Долженко Т.В. (2017). Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: Автореф. дисс. ... доктора биол. наук. СПб-Пушкин. 43 с.

Дружелюбова Т.С., Макарова Л.А., Хомякова В.О. (1969). Методика прогноза развития, численности и вредоносности озимой совки и стеблевого (кукурузного) мотылька. М.: Колос. 39 с.

Ду Чжэнь-вэнь (1961). Роль сезонных адаптаций в фенологии и распространении кукурузного мотылька (*Pyrausta nubilalis* Hbn.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ЛГУ. 20 с.

Злыгостев А. (2019). Укладывание насекомых на ватные матрасики. Насекомые — библиотека по энтомологии URL: <http://insectalib.ru/books/item/f00/s00/z0000010/st019.shtml> (дата обращения: 11.07.2021).

Иващенко В.Г., Фролов А.Н., Дубровина А.Г., Гаркушка В.Г. (2008). Устойчивость кукурузы к вредным организмам как важнейший резерв реализации высокого потенциала продуктивности в селекции на гетерозис Докл. IV Межд. Конгресса «Зерно и хлеб России», 11-13 ноября 2008 г., С.-Петербург. с. 46–48.

Исмаилов В.Я., Пачкин А.А., Садковский В.Т., Соколов Ю.Г. (2012). Перспективы применения сверхярких светодиодов в ловушках насекомых. В кн.: Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ВНИИБЗР. 7: 224–228.

Исмаилов В.Я., Садковский В.Т., Соколов Ю.Г., Шумилов Ю.В., Мкртчян А.Г. (2016). Опыт разработки ловушек насекомых с использованием сверхярких светодиодов. В кн.: Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ВНИИБЗР. 9: 45–50.

Каландадзе Л.П., Батиашвили И.Д., Небиеридзе З.Я., Надирадзе Н.В. (1959). К изучению кукурузного, или стеблевого, мотылька в условиях Грузии. Зоол. журн. 38(4): 565–578.

Карпова А.И. (1959). Развитие и кормовые связи стеблевого мотылька *Pyrausta nubilalis* (Lepidoptera, Pyralidae) в новых районах возделывания кукурузы. Энтомол. обзор. 38(4): 724–733.

Кожанчиков И.В. (1938). Географическое распространение и физиологические признаки *Pyrausta nubilalis* Hbn. Зоол. журн. 17(2): 246–259.

Козакевич З.М. (1978). Щетконогий мотылек — *Ostrinia scapularis* Walker (Lepidoptera, Pyraustidae) на Украине. Вестн. зоол. 2: 27–30.

Коломиец Н.Г. (1960). Кукурузный мотылек и меры борьбы с ним в условиях лесостепной части Правобережья УССР. Науч. зап. Белоцерков. с.-х. ин-та. 10: 111–127.

Конончук А.Г. (2013). Эколого-географическая структура популяций стеблевых мотыльков и факторы, ее определяющие: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб: ВИЗР. 131 с.

Кравченко В.Д. (1991). Бесперспективный метод учёта. Защита растений. 8: 13.

Кремнева О.Ю., Садковский В.Т., Соколов Ю.Г., Исмаилов В.Я., Данилов Р.Ю. (2019). Оценка эффективности ловушек насекомых различных конструкций для фитосанитарного мониторинга. Зерновое хоз-во России. 1(61): 52–55.

Криницкий К.В. (1932а). Кукурузный мотылек в основных районах коноплеводства СССР. М. 76 с.

Криницкий К.В. (1932б). Трофотаксисы и роль сорной растительности в динамике кукурузного мотылька. В кн.: Бюлл. VII Всесоюзного съезда по защите растений в Ленинграде (15–23 ноября 1932 г.). 5: 13.

Кудина Ж.Д. (1967). Размножение кукурузного мотылька на разных сортах. С.-х. биол. 1: 136–137.

Кузнецова Е.И. (1963). Особенности биологии кукурузного (стеблевого) мотылька (*Pyrausta nubilalis* Hbn.) в зоне орошения Ростовской области и меры

борьбы с ним: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Харьков: Харьковский госуниверситет. 18 с.

Ладыженская Л.А. (1937). Влияние экологических условий на выживаемость яиц и гусениц стеблевого (кукурузного) мотылька на конопле. В кн.: Итоги науч.-исслед. работ ВИЗР за 1936 г. Л.: ВИЗР. 2: 366–368.

Лошаков В.Г. (2016). Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений. Достижения науки и техники АПК. 30(1): 9–13.

Лысов В.Н. (1968). Просо. Л. 224 с.

Мазохин-Поршняков Г.А. (1955). Массовое привлечение насекомых на ультрафиолетовое излучение. Докл. АН СССР. 102(4): 729–732.

Мазохин-Поршняков Г.А. (1960). Почему насекомые летят на свет. Энтомол. обозр. 39(1): 52–58.

Макеев И.М. (1972). Биологические особенности стеблевого мотылька (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) в различных вертикальных зонах Кабардино-Балкарской АССР и меры борьбы с ним: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: Ленингр. с.-х. ин-т. 25 с.

Мильцын А.А., Грушечная И.В., Конончук А.Г., Малыш Ю.М., Токарев Ю.С., Фролов А.Н. (2020). Световая ловушка для мониторинга насекомых. Патент на полезную модель RU 195732 U1, 04.02.2020. Заявка № 2019131861 от 09.10.2019.

Овсянникова Е.И., Гричанов И.Я., Кремнева О.Ю., Пачкин А.А. (2020). Апробация светодиодных ловушек. Защита и карантин растений. 7: 29–32.

Остроухов М.А. (1977). Вопросы устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) и некоторым другим вредителям в условиях Краснодарского края: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ВИЗР. 22 с.

Остроухов М.А. (1984). Вредоносность стеблевого мотылька на кукурузе. Сб. научн. тр. КНИИСХ. 27: 176–182.

Павлюшин В.А. (2010). Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России. Защита и карантин растений. 2: 11–15.

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. (2016). Новая парадигма развития защиты растений и моделирование фитосанитарных процессов в агроэкосистемах. В сб.: Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления. Мат. Всерос. научн. конф. с. 31–36.

Павлюшин В.А., Долженко В.И., Шпанев А.М., Лаптев А.Б., Гончаров Н.Р., Лысов А.К., Кунгурцева О.В., Гришечкина Л.Д., Буркова Л.А., Голубев А.С., Яковлев А.А. (2015). Интегрированная защита озимой пшеницы. Защита и карантин растений. Приложение. 5: 38–71.

Переверзев Д.С. (1976). Сортовая устойчивость кукурузы и снижение вредоносности стеблевого мотылька (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). Тр. ВИЗР. 48: 102–106.

Половинчикова А.М. (1975). Пищевые растения стеблевого (кукурузного) мотылька в Приморье. Тр. Дальневост. НИИСХ. 18(2): 24–28.

Поляков И.Я., Персов М.П., Смирнов В.А. (1984). Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). Л.: Колос. Ленингр. отд. 318 с.

Пятнова Ю.Б. (2007). Феромонные препараты. Защита и карантин растений. 3: 67–68.

Пятнова Ю.Б., Лебедева К.В., Каракотов С.Д. (2016). Феромоны насекомых: на службе защиты растений. Защита и карантин растений. 5: 37–40.

Румянцев М.Д. (1939). Изменения плодовитости самок кукурузного мотылька в различные годы и факторы, их определяющие. В кн.: Вопросы экологии и биоценологии. Л. 5–6: 219–227.

Рябчинская Т.А. (2016). Стеблевой кукурузный мотылек и методы его мониторинга. Защита и карантин растений. 1: 25–28.

Рябчинская Т.А., Колесова Д.А., Саранцева Н.А., Харченко Г.Л., Бобрешова И.Ю. (2015). Использование синтетических половых феромонов для снижения плотности популяции вредных чешуекрылых. *Агрохимия*. 10: 75–89.

Сабиров З.С. (1968). Особенности биологии и экологии стеблевого мотылька *Pyrausta nubilalis* Hbn. в условиях Ташкентской и Сыр-Дарьинской областей и методика прогнозирования сроков его развития: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент: АН УзССР. 23 с.

Сазонов А.П. (1988). Синтетические половые аттрактанты в защите растений (вместо введения). В кн.: Феромоны насекомых и разработка путей их практического использования. Сб. научн. тр. ВИЗР. с. 5–15.

Саранцева Н.А., Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Бобрешова И.Ю. (2014). Оптимизация феромониторинга хлопковой совки на посевах кукурузы в ЦЧР. *Защита и карантин растений*. 3: 27–29.

Сафонкин А.Ф. (2011). Моногамная репродуктивная стратегия у чешуекрылых. *Изв. РАН, сер. биол.* 4: 427–435.

Сафонкин А.Ф. (2012). Разнообразие сообщества листоверток: вклад репродуктивного поведения. М.: Тов-во научн. изд. КМК. 136 с.

Серapiонов Д.А. (2008). Динамика численности кукурузного мотылька и ее моделирование в связи с оптимизацией прогноза размножения: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб.: ВИЗР. 19 с.

Серapiонов Д.А., Фролов А.Н. (2008). Эффективность природной популяции трихограммы против кукурузного мотылька. *Защита и карантин растений*. 2: 63–64.

Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф., Громовик А.И. (2015). Продуктивность кукурузы в условиях длительного применения различных агротехнических приемов на черноземах выщелоченных. *Вестн. Воронеж. гос. университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация*. 2: 92–95.

Стоковская Т.М. (1966). Экологические особенности размножения стеблевого мотылька на кукурузе в Черновицкой области и эффективные меры борьбы с ним: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону: Ростовский госуниверситет. 19 с.

Суринский Д.О. (2014). Результаты экспериментальных исследований устройства для мониторинга насекомых-вредителей. Вестн. Красноярского гос. агр. университета. 12: 208–214.

Талицкий В.И. (1932). Кукурузный мотылек в кукурузном хозяйстве. В кн.: Бюлл. Всесоюзного съезда по защите растений в Ленинграде (15–23 ноября 1932 г.). 8: 8–11.

Талицкий В.И., Немлиенко Ф.Е. (1934). Главнейшие вредители и болезни кукурузы и борьба с ними. Л. 93 с.

Терсков И.А., Коломиец Н.Г. (1966). Световые ловушки и их использование в защите растений. М.: Наука. 146 с.

Ткалич П.П. (1973). Стеблевой мотылек и меры борьбы с ним на конопле: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев: Укр. с.-х. акад. 23 с.

Трепашко Л.И., Быковская А.В. (2015). Целесообразность защиты кукурузы от стеблевого кукурузного мотылька в Беларуси. Защита и карантин растений. 7: 38–41.

Трепашко Л.И., Надточаева С.В., Майсеенко А.В. (2010). Стеблевой мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) — новый вредитель кукурузы в Беларуси. Белорус. сел. хоз-во. 11: 24–28.

Тришкин Д.С. (1997). Экологические факторы, влияющие на размножение кукурузного мотылька, и их связь с защитой растений: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Моск. с.-х. акад. 16 с.

Фролов А.Н. (1980). Микроэволюция некоторых видов рода *Ostrinia* Hübner и ее связь с кормовыми растениями: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ВИЗР. 24 с.

Фролов А.Н. (1982). К истории вредной деятельности кукурузного мотылька на кукурузе в СССР. Бюлл. ВИЗР. 52: 15–20.

Фролов А.Н. (1984). Биотаксономический анализ вредных видов рода *Ostrinia* Hbn. Тр. Всесоюзного энтомол. об-ва. 66: 4–100.

Фролов А.Н. (1992). Изменчивость кукурузного мотылька и устойчивость к нему кукурузы: Дисс. на соиск. учен. степ. доктора биол. наук. СПб: ВИЗР. 780 с.

Фролов А.Н. (1997а). Кукурузный мотылек: факторы, влияющие на динамику численности. Защита и карантин растений. 1: 35–36.

Фролов А.Н. (1997б). Кукурузный мотылек: система мероприятий и их эффективность. Защита и карантин растений. 6: 32–33.

Фролов А.Н. (2004). Биотические факторы депрессии кукурузного мотылька. Вестн. защиты растений. 2: 37–47.

Фролов А.Н. (2006). Динамика численности кукурузного мотылька и ее прогноз. Бюлл. МОИП, отд. биол. 111(1): 10–14.

Фролов А.Н. (2011). Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга. Защита и карантин растений. 4: 15–20.

Фролов А.Н., Берим М.Н., Грушечая И.В., Малыш Ю.М., Рябчинская Т.А., Трепашко Л.И., Быковская А.В. (2016). Диапауза у *Ostrinia nubilalis* Hbn. из северного очага размножения на кукурузе в условиях длинного дня. Вестн. защиты растений. 89(4): 89–91.

Фролов А.Н., Букзеева О.Н. (1997). Кукурузный мотылек: прогноз развития, методы учёта. Защита и карантин растений. 4: 38–39.

Фролов А.Н., Грушечая И.В. (2017). Феромониторинг кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) в Краснодарском крае: динамика численности самцов и гусениц на посевах кукурузы. Вестн. защиты растений. 1 (91): 55–58.

Фролов А.Н., Грушечая И.В. (2018). Сезонная вариация отлова самцов кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. феромонными ловушками и ее

связь с динамикой численности вредителя. Вестн. защиты растений. 4(98): 18–21.

Фролов А.Н., Грушевая И.В. (2019). Неслучайность многолетних колебаний численности кукурузного мотылька, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Crambidae) в Краснодарском крае. Энтومол. обозр. 98(1): 49–64.

Фролов А.Н., Грушевая И.В. (2020). Роль метеорологического фактора в многолетней динамике численности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в Краснодарском крае: анализ таблиц выживаемости. С.-х. биол. 50(1): 184–193.

Фролов А.Н., Грушевая И.В., Конончук А.Г., Рябчинская Т.А., Колесников В.Б., Tóth M. (2020). Оценка эффективности мониторинга кукурузного мотылька с использованием бисексуальной приманки по данным испытаний на Кубани и в ЦЧР. В кн.: «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки». Мат. конф., 21-25 сентября 2020 г., Республика Крым, Россия. с. 104–106.

Фролов А.Н., Малыш Ю.М. (2004). Плотность размещения и смертность яиц и гусениц младших возрастов кукурузного мотылька на растениях кукурузы. Вестн. защиты растений. 1: 42–55.

Фролов А.Н., Мильцын А.А., Захарова Ю.А., Грушевая И.В., Конончук А.Г., Токарев Ю.С. (2020). Светоферомонная ловушка для летающих насекомых. Патент на полезную модель RU 201632 U1, 24.12.2020. Заявка № 2020127904 от 21.08.2020.

Фролов А.Н., Рябчинская Т.А. (2018). К вопросу о причинах низкой аттрактивности синтетических феромонов кукурузного мотылька в новых северных очагах вредоносности насекомого на кукурузе. Вестн. защиты растений. 1(95): 5–11.

Фролов А.Н., Тришкин Д.С. (1992). Факторы, влияющие на концентрацию бабочек кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) перезимовавшего поколения в местах спаривания в Краснодарском крае. Зоол. журн. 71(10): 144–148.

Фролов А.Н., Тришкин Д.С., Дятлова К.Д., Чумаков М.А. (1996). Пространственное распределение кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в зоне развития двух поколений. Зоол. журн. 75(11): 1644–1652.

Фролов А.Н., Тришкин Д.С., Чумаков М.А., Дятлова К.Д., Махоткин А.Г. (1995). Новый подход в защите кукурузы от кукурузного мотылька. В кн.: Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность. Тез. докл. Всерос. съезда по защите растений, СПб, декабрь, 1995. с. 145–146.

Фролов А.Н., Фролова Т.А., Гаркушка В.Г., Царегородцева О.Е. (1999). Кукурузный мотылек: заселенность растений и урожай зерна кукурузы. Агро XXI. 1: 14–15.

Хомякова В.О. (1962). Кукурузный мотылек. М.-Л., Сельхозиздат. 36 с.

Хомякова В.О. (1963). Вредоносность стеблевого мотылька в зоне неустойчивого увлажнения. Тр. ВИЗР. 18: 275–279.

Хомякова В.О. (1971). Факторы, влияющие на развитие, численность и вредоносность стеблевого (кукурузного) мотылька в степных районах Ставрополя: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ВИЗР. 22 с.

Хомякова В.О. (1972). Влияние погодных условий на сроки сезонного развития и динамику численности стеблевого мотылька. Тр. ВИЗР. 38: 124–129.

Хомякова В.О. (1975). Стеблевой кукурузный мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). В кн.: Распространение главнейших вредителей сельскохозяйственных культур в СССР и эффективность борьбы с ними. Л.: ВИЗР. с. 45–50.

Хроменко А.С. (1982). Устойчивость кукурузы к кукурузному мотыльку в условиях Центральной лесостепи Украины: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: ВИЗР. 24 с.

Чернышев В.Б. (1996). Экология насекомых. М.: Изд-во МГУ. 304 с.

Чумаков М.А., Семенова А.Г. (2000). К изучению биотических факторов, влияющих на динамику численности и вредоносность кукурузного

мотылька. Сб. научн. тр. СПГАУ «Защита растений от вредителей, болезней и сорняков». СПб, 2000. с. 137–141.

Чумаков М.А., Фролов А.Н., Дятлова К.Д. (1998). Лёт и откладка яиц у кукурузного мотылька в Белгородской области и их связь с потенциальной эффективностью устойчивости растений. Энтومол. обозр. 77(1): 67–72.

Шамшев И.В., Гричанов И.Я. (2008). Место феромонов в фитосанитарных технологиях. Защита и карантин растений. 9: 22–23.

Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Фролов А.Н. (1979а). Методические указания по испытанию синтетических половых феромонов стеблевого мотылька. Л.: ВИЗР. 14 с.

Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Фролов А.Н., Овсянко Э.П. (1979б). Энергетика питания стеблевого мотылька на разных кормовых растениях. В кн.: Вопросы экологической физиологии насекомых и проблемы защиты растений. Сб. научн. тр. ВИЗР. с. 107–112.

Шапиро И.Д., Переверзев Д.С., Худон М. (1979в). Возможности управления размножением стеблевого мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae) в СССР и Канаде путем использования устойчивых форм кукурузы. Энтومол. обозр. 58(1): 3–14.

Шапиро И.Д., Переверзев Д.С., Чумаков М.А. (1979г). Вредоносность стеблевого мотылька на посевах кукурузы в Краснодарском крае. Бюлл. ВИЗР. 46: 45–49.

Шпанёв А.М., Лаптев А.Б., Байбакова Н.Я. (2019). Особенности развития и вредоносность кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lepidoptera, Pyralidae) в Центральном Черноземье. Энтومол. обозр. 98(3): 469–480.

Шура-Бура Г.Б. (1968). Особенности развития стеблевого мотылька на различных по устойчивости гибридах и линиях кукурузы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ВИЗР. 19 с.

Щеголев В.Н. (1932). Проблема кукурузного мотылька в СССР. В кн.: Бюлл. VII Всесоюзного съезда по защите растений в Ленинграде (15-23 ноября 1932 г.). 5: 15–19.

Щеголев В.Н. (1934). Кукурузный мотылек (*Pyrausta nubilalis* Hb.). Хозяйственное значение. Экология. Системы мероприятий. Л.: ВИЗР. 64 с.

Яцынин В.Г. (1989). Феромоны в борьбе с насекомыми. Защита растений. 1: 60–63.

Agee H.R. (1969). Acoustic sensitivity of the European corn borer moth, *Ostrinia nubilalis*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 62(6): 1364–1367.

Ahuja D.B., Ahuja U.R., Srinivas P., Singh R.V., Malik M., Sharma P., Bamawale O.M. (2012). Development of farmer-led integrated management of major pests of cauliflower cultivated in rainy season in India. J. Agric. Sci. 4(2): 79–90.

Allen D.C., Abrahamson L.P., Eggen D.A., Lanier G.N., Swier S.R., Kelley R.S., Auger M. (1986). Monitoring spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) populations with pheromone-baited traps. Environ. Entomol. 15(1): 152–165.

Altieri M., Nicholls C. (2004). Biodiversity and pest management in agroecosystems. N.Y. et al.: CRC Press. 2004. 252 p.

Alyokhin A.V., Messing R.H., Duan J.J. (2000). Visual and olfactory stimuli and fruit maturity affect trap captures of oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 93(3): 644–649.

Anderson E., Martin J.H. (1949). World production and consumption of millet and sorghum. Econ. Bot. 3(3): 265–288.

Ando T., Inomata S.I., Yamamoto M. (2004). Lepidopteran sex pheromones. In: “The chemistry of pheromones and other semiochemicals”. I: 51–96.

Anglade P. (1975). Corn pest management in Western Europe exemplified by French systems. In: Rept. Intern. Project on *Ostrinia nubilalis*. Phase II Results. Budapest. p. 42–46.

Anglade P., Stockel J. et IWGO Cooperators (1984). Intraspecific sex-pheromone variability in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae). *Agronomie*. 4(2): 183–187.

Arbuthnot K.D. (1944). Strains of the European corn borer in the United States. *USDA Techn. Bull.* 869: 1–20.

Austad S.N. (1984). A classification of alternative reproductive behaviors and methods for field-testing ESS models. *Amer. Zool.* 24(2): 309–319.

Babcock K.W. (1927). The European corn borer *Pyrausta nubilalis* Hubn.: I. A discussion of its dormant period. *Ecology*. 8(1): 45–59.

Babcock K.W., Vance A.M. (1929). The corn borer in Central Europe. A review of investigations from 1924 to 1927. *USDA Techn. Bull.* 135: 1–55.

Baker R.R., Sadovy Y. (1978). The distance and nature of the light-trap response of moths. *Nature*. 276(5690): 818–821.

Bancal M.O., Robert C., Ney B. (2007). Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Ann. Bot.* 100(4): 777–789.

Barber G.W. (1926). Some factors responsible for the decrease of the European corn borer in New England during 1923 and 1924. *Ecology*. 7(2): 143–162.

Barghini A., Souza de Medeiros B.A. (2012). UV radiation as an attractor for insects. *Leukos*. 9(1): 47–56.

Bartels D.W., Hutchison W.D., Udayagiri S. (1997). Pheromone trap monitoring of Z-strain European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae): optimum pheromone blend, comparison with blacklight traps, and trap number requirements. *J. Econ. Entomol.* 90(2): 449–457.

Barton Browne L., Soo Hoo C.F., Gerwen van A.C. M., Sherwell I.R. (1969). Mating flight behaviour in three species of *Oncopera* moths (Lepidoptera: Hepialidae). *Austral. J. Entomol.* 8(2): 168–172.

Beck J., Linsenmair K.E. (2006). Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight

times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). J. Res. Lepid. 39: 18–37.

Beck S.D. (1957). The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hübner), and its principal host plant — VI: Host plant resistance of larval establishment. J. Insect Physiol. 1(2): 158–177.

Beck S.D. (1967). Water intake and the termination of diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. J. Insect Physiol. 13(5): 739–750.

Beck S.D., Chippendale G.M., Swinton D.E. (1968). Nutrition of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. VI. A larval rearing medium without crude plant fractions. Ann. Entomol. Soc. Amer. 61(2): 459–462.

Bell W.J. (1990). Searching behavior patterns in insects. Annu. Rev. Entomol. 35(1): 447–467.

Bengtsson J.M., Gonzalez F., Cattaneo A.M., Montagné N., Walker W.B., Bengtsson M., Anfora G., Ignell R., Jacquin-Joly E., Witzgall P. (2014). A predicted sex pheromone receptor of codling moth *Cydia pomonella* detects the plant volatile pear ester. Frontiers Ecol. Evol. 2: 33.

Bengtsson M., Kárpáti Z., Szöcs G., Reuveny H., Yang Z., Witzgall P. (2006). Flight tunnel responses of Z strain European corn borer females to corn and hemp plants. Environ. Entomol. 35(5): 1238–1243.

Bereś P.K. (2012). Flight dynamics of *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Crambidae) based on the light and pheromone trap catches in Nienadówka (south-eastern Poland) in 2006–2008. J. Plant Protection Res. 52(1): 130–138.

Bereś P.K. (2014). Monitoring of occurrence and notifying dates for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) control measures in Poland — current situation and perspective. Progress in Plant Protection. 54(3): 276–282.

Bernays E.A., Chapman R.F. (2007). Host-plant selection by phytophagous insects (vol. 2). Springer Science & Business Media. 312 p.

Berry E.C., Campbell J.E. (1978). European corn borer: relationship between stalk damage and yield losses in inbred and single-cross seed corn. *Iowa State J. Res.* 53: 49–57.

Berzsenyi Z., Györfy B., Lap D. (2000). Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. *Eur. J. Agron.* 13(2–3): 225–244.

Bian L., Cai X.M., Luo Z.X., Li Z.Q., Chen Z.M. (2018). Decreased capture of natural enemies of pests in light traps with light-emitting diode technology. *Ann. App. Biol.* 173(3): 251–260.

Binder B.F., Robbins J.C., Wilson R.L. (1995). Chemically mediated ovipositional behaviors of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Chem. Ecol.* 21(9): 1315–1327.

Blassioli-Moraes M.C., Laumann R.A., Michereff M.F., Borges M. (2019). Semiochemicals for integrated pest management. In: “Sustainable agrochemistry”. Springer, Cham. p. 85–112.

Bode W.M., Calvin D.D. (1990). Yield-loss relationships and economic injury levels for European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) populations infesting Pennsylvania field corn. *J. Econ. Entomol.* 83(4): 1595–1603.

Bohn M., Kreps R.C., Klein D., Melchinger A.E. (1999). Damage and grain yield losses caused by European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in early maturing European maize hybrids. *J. Econ. Entomol.* 92(3): 723–731.

Bottger G.T. (1942). Development of synthetic food media for use in nutrition studies of the European corn borer. *J. Agr. Res.* 65(10): 493–500.

Bourdouxhe L. (1980). Study of changes in *Heliothis armigera* flights with synthetic pheromone traps in Senegal. *FAO Plant Protection Bull.* 28(3): 107–109.

Brindley T.A., Dicke F.F. (1963). Significant developments in European corn borer research. *Annu. Rev. Entomol.* 8: 155–176.

Brindley T.A., Sparks A.N., Showers W.B., Guthrie W.D. (1975). Recent research advances on the European corn borer in North America. *Annu. Rev. Entomol.* 20(1): 221–239.

Brooks D.R., Bater J.E., Clark S.J., Monteith D.T., Andrews C., Corbett S.J., Bfeaumont D.A., Chapman J.W. (2012). Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. *J. Appl. Ecol.* 49(5): 1009–1019.

Burgio G., Maini S. (1994). Phenylacetaldehyde trapping of *Ostrinia nubilalis* (Hb.), *Autographa gamma* (L.) and hoverflies: trap design efficacy. *Boll. Ist. Entomol. Univ. Bologna.* 49: 1–14.

Caffrey D.J., Huber L.L. (1928). The fundamental phases of European corn borer research. *J. Econ. Entomol.* 21(1): 104–107.

Caffrey D.J., Worthley L.H. (1927). A progress report on the investigations of the European corn borer. *USDA Dept. Bull.* 1476: 1–155.

Caldwell M.M. (1981). Plant response to solar ultraviolet radiation. In: “Physiological plant ecology”. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 169–197.

Calvin D.D., Knapp M.C., Xingquan K., Poston F.L., Welch S.M. (1988). Influence of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) feeding on various stages of field corn in Kansas. *J. Econ. Entomol.* 81(4): 1203–1208.

Camerini G., Groppali R., Rama F., Maini S. (2015). Semiochemicals of *Ostrinia nubilalis*: diel response to sex pheromone and phenylacetaldehyde in open field. *Bull. Insectol.* 68(1): 45–50.

Cameron S.A., Lozier J.D., Strange J.P., Koch J.B., Cordes N., Solter L.F., Griswold T.L. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 108(2): 662–667.

Cannon W.N., Ortega A.C. (1966). Studies of *Ostrinia nubilalis* larvae (Lepidoptera: Pyraustidae) on corn plants supplied with various amounts of nitrogen and phosphorus. I. Survival. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 59(4): 631–638.

Cantelo W.W., Jacobson M. (1979a). Corn silk volatiles attract many pest species of moths. *J. Environ. Sci. Health, ser. A*, 14(8): 695–707.

Cantelo W.W., Jacobson M. (1979b). Phenylacetaldehyde attracts moths to bladder flower and to blacklight traps. *Environ. Entomol.* 8(3): 444–447.

Cardé R.T., Kochansky J., Stimmel J.F., Wheeler A.G., Roelofs W.L. (1975). Sex pheromone of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*): cis- and trans-responding males in Pennsylvania. *Environ. Entomol.* 4(3): 413–414.

Cardé R.T., Roelofs W.L., Harrison R.G., Vawter A.T., Brussard P.F., Mutuura A., Munroe E. (1978). European corn borer: pheromone polymorphism or sibling species? *Science*. 199(4328): 555–556.

Cardoso P., Leather S.R. (2019). Predicting a global insect apocalypse. *Insect Cons. Diversity*. 12(4): 263–267.

Caro T.M., Bateson P. (1986). Organization and ontogeny of alternative tactics. *Anim. Behav.* 34(5): 1483–1499.

Carrière Y., Antilla L., Liesner L., Tabashnik B.E. (2017). Large-scale evaluation of association between pheromone trap captures and cotton boll infestation for pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Econ. Entomol.* 110(3): 1345–1350.

Chaudhury M.F.B., Raun E.S. (1966). Spermatogenesis and testicular development of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyraustidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 59(6): 1157–1159.

Chiang H.C. (1964). The effects of feeding site on the interaction of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, and its host, the field corn, *Zea mays*. *Entomol. exp. appl.* 7(2): 144–148.

Chiang H.C. (1968). Host variety as an ecological environmental factor in the population dynamics of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 61(6): 1521–1523.

Chiang H.C. (1978). Pest management in corn. *Annu. Rev. Entomol.* 23(1): 101–123.

Chiang H.C. (1982). Factors to be considered in refining a general model of economic threshold. *Entomophaga*. 27(1): 99–103.

Chiang H.C., Hodson A.C. (1959a). Distribution of the first generation egg masses of the European corn borer in corn fields. *J. Econ. Entomol.* 52(2): 295–299.

Chiang H.C., Hodson A.C. (1959b). Population fluctuations of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948 to 1957. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 52(6): 710–724.

Chiang H.C., Hodson A.C. (1972). Population fluctuations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948-70. *Environ. Entomol.* 1(1): 7–16.

Chiang H.C., Wilcoxson R.D. (1961). Interactions of the European corn borer and stalk rot in corn. *J. Econ. Entomol.* 54(5): 850–852.

Chiang H.C., Kim K.C., Brown B.W. (1970). Morphometric variability related to ecological conditions of three biotypes of *Ostrinia nubilalis* in the North Central United States. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 63(4): 1013–1016.

Chippendale G.M., Beck S.D. (1966). Haemolymph proteins of *Ostrinia nubilalis* during diapause and prepupal differentiation. *J. Insect Physiol.* 12(12): 1629–1638.

Chippendale G.M., Beck S.D. (1967). Fat body proteins of *Ostrinia nubilalis* during diapause and prepupal differentiation. *J. Insect Physiol.* 13(7): 995–1006.

Chippendale G.M., Yin C.M. (1979). Larval diapause of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: further experiments examining its hormonal control. *J. Insect Physiol.* 25(1): 53–58.

Christensen J.J., Schneider C.L. (1950). European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.) in relation to shank, stalk, and ear rots of corn. *Phytopathology*. 40(3): 284–291.

Christensen T.A., Hildebrand J.G. (2002). Pheromonal and host-odor processing in the insect antennal lobe: how different? *Curr. Opin Neurobiol.* 12(4): 393–399.

Cianchi R., Maini S., Bullini L. (1980). Genetic distance between pheromone strains of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: different contribution of variable substrate, regulatory and non regulatory enzymes. *Heredity*. 45(3): 383–388.

Clark C.A. (1934). The European corn borer and its controlling factors in the Orient. *Techn. Bull. USDA*: 1–38.

Clark C.A. (1939). Host plants and seasonal development of the European corn borer in New Jersey. *J. Econ. Entomol.* 32(4): 516–520.

Coates B.S., Kozak G.M., Kim K.S., Sun J., Zhang Y., Fleischer S.J., Dopman E.B., Sappington T.W. (2019). Influence of host plant, geography and pheromone strain on genomic differentiation in sympatric populations of *Ostrinia nubilalis*. *Molecular Ecol.* 28(19): 4439–4452.

Cohnstaedt L.E.E., Gillen J.I., Munstermann L.E. (2008). Light-emitting diode technology improves insect trapping. *J. Amer. Mosquito Control Association*. 24(2): 331–334.

Coll M., Gavish S., Dori I. (2000). Population biology of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), in two potato cropping systems in Israel. *Bull. Entomol. Res.* 90(4): 309–315.

Conrad K.F., Warren M.S., Fox R., Parsons M.S., Woiwod I.P. (2006). Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biol. Cons.* 132(3): 279–291.

Cooper W.S., Kaplan R.H. (1982). Adaptive “coin-flipping”: a decision-theoretic examination of natural selection for random individual variation. *J. Theor. Biol.* 94(1): 135–151.

Cordillot F. (1987). Population movements and oviposition flights of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.; Lep.: Pyralidae) in maize. In: Working Group “Use of pheromones and other semiochemicals in integrated control”. Neustadt, 8-12 Sept. IOBC WPRS Bull. 10(3): 61–62.

Cordillot F., Duelli P. (1989). Adaptive dispersal in the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Pyralidae) in northwestern Switzerland. In: *Proc. Ist Int.*

Symp. maize arthropods, Gödöllő, Aug., 1987. Acta phytopathol. entomol. hung. 24(1–2): 65–71.

Cornford M.E., Rowley W.A., Klun J.A. (1973). Scanning electron microscopy of antennal sensilla of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 66(5): 1079–1088.

Crawford H.G., Spencer G.J. (1922). The European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hübn.): life history in Ontario. In: 52nd Annual Report of the Entomol. Soc. Ontario. p. 22–26.

Creighton C.S., McFadden T.L., Cuthbert E.R. (1973). Supplementary data on phenylacetaldehyde: an attractant for Lepidoptera. J. Econ. Entomol. 66(1): 114–115.

Cullen E.M., Zalom F.G. (2005). Relationship between *Euschistus conspersus* (Hem., Pentatomidae) pheromone trap catch and canopy samples in processing tomatoes. J. Appl. Entomol. 129 (9–10): 505–514.

Debolt J.W., Wolf W.W., Henneberry T.J., Vail P.V. (1979). Evaluation of light traps and sex pheromone for control of cabbage looper and other lepidopterous insect pests of lettuce. USDA, Techn. Bull. 1606. 39 p.

Deisig N., Kropf J., Vitecek S., Pevergne D., Rouyar A., Sandoz J.C., Lucas P., Gadenne C., Anton S., Barrozo R. (2012). Differential interactions of sex pheromone and plant odour in the olfactory pathway of a male moth. PloS One. 7(3): e33159.

Delisle J., West R.J., Bowers W.W. (1998). The relative performance of pheromone and light traps in monitoring the seasonal activity of both sexes of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria*. Entomol. exp. appl. 89(1): 87–98.

DeRozari M.B., Showers W.B., Shaw R.H. (1977). Environment and the sexual activity of the European corn borer. Environ. Entomol. 6(5): 657–665.

Derrick M.E., Showers W.B. (1990). Relationship of adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in action sites with egg masses in the cornfield. *Environ. Entomol.* 19(4): 1081–1085.

Derrick M.E., Duyn van J.W., Sorenson C.E., Kennedy G.G. (1992). Effect of pheromone trap placement on capture of male European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in three North Carolina crops. *Environ. Entomol.* 21(2): 240–246.

Dicke F.F. (1932). Studies of the host plants of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hubner, in southeastern Michigan. *J. Econ. Entomol.* 25(4): 868–878.

Dillehay B.L., Calvin D.D., Roth G.W., Hyde J.A., Kuldau G.A., Kratochvil R.J., Russo J.M., Voight D.G. (2005). Verification of a European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) loss equation in the major corn production region of the Northeastern United States. *J. Econ. Entomol.* 98(1): 103–112.

Dominey W.J. (1984). Alternative mating tactics and evolutionarily stable strategies. *Amer. Zool.* 24(2): 385–396.

Dornelas M., Daskalova G.N. (2020). Nuanced changes in insect abundance. *Science.* 368(6489): 368–369.

Drury C.F., Tan C.S. (1995). Long-term (35 years) effects of fertilization, rotation and weather on corn yields. *Can. J. Plant Sci.* 75(2): 355–362.

Dudareva N., Klempien A., Muhlemann J.K., Kaplan I. (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist.* 198(1): 16–32.

Dudareva N., Pichersky E., Gershenzon J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiol.* 135(4): 1893–1902.

Duehl A.J., Cohnstaedt L.W., Arbogast R.T., Teal P.E.A. (2011). Evaluating light attraction to increase trap efficiency for *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* 104(4): 1430–1435.

Durant J.A., Manley D.G., Cardé R.T. (1986). Monitoring of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in South Carolina using pheromone traps. *J. Econ. Entomol.* 79(6): 1539–1543.

Dyck van H., Strien van A.J., Maes D., Swaay van C.A. (2009). Declines in common, widespread butterflies in a landscape under intense human use. *Cons. Biol.* 23(4): 957–965.

Eisenhauer N., Bonn A., Guerra C.A. (2019). Recognizing the quiet extinction of invertebrates. *Nature Comm.* 10(1): 50.

Ellinger T. (1928). Report on the preliminary corn borer investigations in the Union of Socialistic Soviet Republics. In: “International corn borer investigations. Scientific reports”. Chicago. 1: 223–237.

Elliott W.M. (1977). Mating frequency of the female European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in southwestern Ontario. *Can. Entomol.* 109(1): 117–122.

El-Wakeil N.E. (2010). Insect economic levels in relation to crop production. *Arch. Phytopathol. Plant Protection.* 43(17): 1711–1745.

Epsky N.D., Morrill W.L., Mankin R.W. (2008). Traps for capturing insects. In: “Encyclopedia of entomology”, 2nd edition. Capinera J.L. (ed.). Springer Science & Business Media. p. 3887–3901.

Ertle L.R., Davis C.P. (1975). *Trichogramma nubilale* new species (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasite of *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 68(3): 525–528.

Evenden M.L., Borden J.H., Sickel van G.A. (1995). Predictive capabilities of a pheromone-based monitoring system for western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae). *Environ. Entomol.* 24(4): 933–943.

Everett T.R., Chiang H.C., Hibbs E.T. (1958). Some factors influencing populations of European corn borer [*Pyrausta nubilalis* (Hbn.)] in the North Central States. Resistance of corn, time of planting, and weather conditions. *Minnesota Univ. Agr. Expt. Sta. Techn. Bull.* 229: 1–63.

Fadamiro H.Y., Baker T.C. (1999). Reproductive performance and longevity of female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: effects of multiple mating, delay in mating, and adult feeding. *J. Insect Physiol.* 45(4): 385–392.

Fletcher-Howell G., Ferro D.N., Butkewich S. (1983). Pheromone and blacklight trap monitoring of adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in western Massachusetts. *Environ. Entomol.* 12(2): 531–534.

Foott W.H., Timmins P.R. (1981). Effects of a natural bivoltine strain of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), on grain corn yields in southwestern Ontario, 1973–77. *Can. Entomol.* 113(7): 585–591.

Forister M.L., Pelton E.M., Black S.H. (2019). Declines in insect abundance and diversity: we know enough to act now. *Cons. Sci. Practice.* 1(8): e80.

Fox R. (2013). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Cons. Diversity.* 6(1): 5–19.

Frérot B., Leppik E., Groot A.T., Unbehend M., Holopainen J.K. (2017). Chemical signatures in plant-insect interactions. *Adv. Bot. Res.* 81: 139–177.

Frolov A.N. (1998). Variation in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, and allies (Lepidoptera: Pyralidae). *Mem. Soc. R. Belg. Entomol.* 38: 1–21.

Frolov A.N., Bourguet D., Ponsard S. (2007). Reconsidering the taxonomy of several *Ostrinia* species in the light of reproductive isolation: a tale for Ernst Mayr. *Biol. J. Lin. Soc.* 91(2): 49–72.

Frolov A.N., Dyatlova K.D., Chumakov M.A. (1999). Population dynamics of *Ostrinia nubilalis*: specificity in key factors for one and two generation zones of Russia. In: *Proc. of the XX Conf. IWGO, Adana (Turkey)*, 4–10 Sept. p. 64–79.

Frolov A.N., Grushevaya I.V., Kononchuk A.G. (2020). LEDS and semiochemicals vs. sex pheromons: tests of the European corn borer attractivity in the Krasnodar Territory. *Plant Protection News.* 103(4): 270–274.

Garris H.W., Snyder J.A. (2010). Sex-specific attraction of moth species to ultraviolet light traps. *Southeast. Nat.* 9(3): 427–434.

Gebreziher H.G., Gebreziher F.G. (2020). Effect of integrating night-time light traps and push-pull method on monitoring and deterring adult fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). Int. J. Entomol. Res. 5(1): 28–32.

Gentry C.R., Davis D.R. (1973). Weather: influence on catches of adult cabbage loopers in traps baited with BL only or with BL plus synthetic sex pheromone. Environ. Entomol. 2(6): 1074–1077.

Ghidiu G.M., Berry E.G., DuRose P. (1979). Relationship between entrance holes and stalk cavities caused by first and second generation European corn borer in field corn. J. Econ. Entomol. 72(1): 85–86.

Glass E.H., Thurston H.D. (1978). Traditional and modern crop protection in perspective. Bioscience. 1978. 28(2): 109–115.

Godfrey L.D., Holtzer T.O., Spomer S.M., Norman J.M. (1991). European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) tunneling and drought stress: effects on corn yield. J. Econ. Entomol. 84(6): 1850–1860.

Gordon-Weeks R., Pickett J.A. (2009). Role of natural products in nature: plant-insect interactions. In: “Plant-derived natural products”. Springer, New York, NY. p. 321–347.

Guthrie W.D. (1971). Resistance of maize to second-brood European corn borers. In: Proc. 26th Hybrid Corn Industry-Res. Conf. p. 165–179.

Guthrie W.D., Dicke F.F. (1972). Resistance of inbred lines of dent corn to leaf feeding by 1st-brood European corn borers. Iowa State J. Sci. 46(3): 339–355.

Guthrie W.D., Dicke F.F., Neiswander C.R. (1960). Leaf and sheath feeding resistance to the European corn borer in eight inbred lines of dent corn. Ohio Agric. Expt. Sta. Res. Bull. 860: 1–38.

Guthrie W.D., Dollinger E.J., Stetson J. (1965a). Chromosome studies of the European corn borer, smartweed borer, and lotus borer (Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 58(1): 100–105.

Guthrie W.D., Huggans J.L., Chatterji S.M. (1969). Influence of corn pollen on the survival and development of second-brood larvae of the European corn borer. *Iowa State J. Sci.* 44(2): 185–192.

Guthrie W.D., Huggans J.L., Chatterji S.M. (1970). Sheath and collar feeding resistance to the second-brood European corn borer in six inbred lines of dent corn. *Iowa State J. Sci.* 44(3): 297–311.

Guthrie W.D., Lillehoj E.B., Barry D., McMillian W.W., Kwolek W.F., Franz A.O., Catalano E.A., Russell W.A., Widstrom N.W. (1982). Aflatoxin contamination of preharvest corn: interaction of European corn borer larvae and *Aspergillus flavus*-group isolates. *J. Econ. Entomol.* 75(2): 265–269.

Guthrie W.D., Raun E.S., Dicke F.F., Pesho G.R., Carter S.W. (1965b). Laboratory production of European corn borer egg masses. *Iowa State J. Sci.* 40(1): 65–83.

Haggis M.J., McKinley D.J. (1982). International workshop on *Heliothis* management, Hyderabad, India, November 1981. *Trop. Pest Manag.* 28(1): 92–98.

Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörren T., Goulson D., Kroon de H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One.* 12(10): e0185809.

Hansson B.S. (1995). Olfaction in Lepidoptera. *Experientia.* 51(11): 1003–1027.

Harrison R.G., Vawter A.T. (1977). Allozyme differentiation between pheromone strains of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 70(5): 717–720.

Hathaway D.O. (1981). Codling moth: field evaluation of blacklight and sex attractant traps. *ARS USDA. Advances in Agricultural Technology AAT-W-19/August 1981.* 4 p.

Hill R.E., Carpino D.P., Mayo Z.B. (1978). Insect parasites of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* in Nebraska from 1948-1976. *Environ. Entomol.* 7(2): 249–253.

Hill R.E., Sparks A.N., Burkhardt C.C., Chiang H.C., Fairchild M.L., Guthrie W.D. (1967). European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) populations in field corn, *Zea mays* (L.) in the North Central United States. Res. Bull. Agric. Expt. Sta. Nebraska. 225: 1–100.

Hopper K.R., Rosenheim J.A., Prout T., Oppenheim S.J. (2003). Within-generation bet hedging: a seductive explanation? *Oikos*. 101(1): 219–222.

Hopper K.R. (1999). Risk-spreading and bet-hedging in insect population biology. *Annu. Rev. Entomol.* 44(1): 535–560.

Huber L.L., Neiswander C.R., Salter R.M. (1928). The European corn borer and its environment. *Ohio Agric. Expt. Sta. Bull.* 429: 1–196.

Hudon M., Chiang M.S., Chez D. (1979). Resistance and tolerance of maize inbred lines to the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hubner) and their maturity in Quebec. *Phytoprotection*. 60(1): 1–22.

Hudon M., LeRoux E.J. (1986). Biology and population dynamics of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with special reference to sweet corn in Quebec. III. Population dynamics and spatial distribution. *Phytoprotection*. 67(2): 93–115.

Hui F.A.N., Youju J.I.N., Jiquan L.I., Huaju C. (2004). Advances on plant volatile semiochemicals attracting herbivorous insects. *J. Beijing Forest. Univ.* 26(3): 76–81.

Hutchison W.D., Burkness E.C., Mitchell P.D., Moon R.D., Leslie T.W., Fleischer S.J., Abrahamson M., Hamilton K.L., Steffey K.L., Gray M.E., Hellmich R.L., Kaster L.V., Hunt T.E., Wright R.J., Pecinovsky K., Rabacay T.L., Flood B.R., Raun E.S. (2010). Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. *Science*. 330(6001): 222–225.

Hodgson B.E. (1928). The host plants of the European corn borer in New England. *USDA Bull.* 77: 1–64.

Jarvis J.L., Everett T.R., Brindley T.A., Dicke F.F. (1961). Evaluating the effect of European corn borer populations on corn yield. *Iowa State J. Sci.* 36(2): 115–132.

Jarvis J.L., Guthrie W.D., Robbins J.C. (1986). Yield losses from second-generation European corn borers (Lepidoptera: Pyralidae) in long-season maize hybrids planted early compared with short-season hybrids planted late. *J. Econ. Entomol.* 79(1): 243–246.

Jeger M.J. (1999). Improved understanding of dispersal in crop pest and disease management: current status and future directions. *Agric. Forest Meteorol.* 97(4): 331–349.

Kalinová B., Minař A., Kotěra L. (1994). Sex pheromone characterisation and field trapping of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in South Moravia and Slovakia. *Eur. J. Entomol.* 91: 197–203.

Kammar V., Rani A. T., Kumar K.P., Chakravarthy A.K. (2020). Light trap: a dynamic tool for data analysis, documenting, and monitoring insect populations and diversity. In: “Innovative pest management approaches for the 21st century”. Chakravarthy A.K. (ed.). Springer, Singapore. p. 137–163.

Karmakar A., Mitra S., Barik A. (2018). Systemically released volatiles from *Solena amplexicaulis* plant leaves with color cues influencing attraction of a generalist insect herbivore. *Int. J. Pest Manag.* 64(3): 210–220.

Kárpáti Z., Fejes-Tóth A., Csengele B., Szőke C., Bónis P., Marton L.C., Molnár B.P. (2016). Pheromone-based monitoring of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in Hungary. *Maydica*. 61(2): 1–7.

Katsuki M., Omae Y., Okada K., Kamura T., Matsuyama T., Haraguchi D., Kohama T., Miyatake T. (2012). Ultraviolet light-emitting diode (UV LED) trap for the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *App. Entomol. Zool.* 47(4): 285–290.

Kehat M., Gothilf S., Dunkelblum E., Greenberg S. (1982). Sex pheromone traps as a means of improving control programs for the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 11(3): 727–729.

Kennedy G.G., Anderson T.E. (1980). European corn borer trapping in North Carolina with various sex pheromone component blend. J. Econ. Entomol. 73(5): 642–646.

Keszthelyi S., Lengyel Z. (2003). Flight of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as followed by light-and pheromone traps in Várda and Balatonmagyaród 2002. J. Centr. Eur. Agric. 4(1): 55–64.

Kim K.C., Chiang H.C., Brown B.W. (1967). Morphometric differences among four biotypes of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 60(4): 796–801.

Kim K.N., Huang Q.Y., Lei C.L. (2019). Advances in insect phototaxis and application to pest management: a review. Pest Manag. Sci. 75(12): 3135–3143.

Kinaci E., Kinaci G. (2004). Quality and yield losses due to sunn pest (Hemiptera: Scutelleridae) in different wheat types in Turkey. Field Crops Res. 89: 187–195.

Kira M.T., Guthrie W.D., Huggans J.L. (1969). Effect of drinking water on production of eggs by the European corn borer. J. Econ. Entomol. 62(6): 1366–1368.

Klink van R., Bowler D.E., Gongalsky K.B., Swengel A.B., Gentile A., Chase J.M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. Science. 368(6489): 417–420.

Klun J.A. (1968). Isolation of sex pheromone of European corn borer. J. Econ. Entomol. 61(2): 484–487.

Klun J.A. et Cooperators (1975). Insect sex pheromones: intraspecific pheromonal variability of *Ostrinia nubilalis* in North America and Europe. Environ. Entomol. 4(6): 891–894.

Klun J.A., Bierl-Leonhardt B.A., Schwarz M., Litsinger J.A., Barrion A.T., Chiang H.C., Jiang Zhungxie (1980). Sex pheromone of the Asian corn borer moth. *Life Sci.* 27(17): 1603–1606.

Klun J.A., Brindley T.A. (1970). Cis-11-tetradecenyl acetate a sex stimulant of the European corn borer. *J. Econ. Entomol.* 63(3): 779–780.

Klun J.A., Chapman O.L., Mathes K.C., Wojtkowsky P.W., Beroza M., Sonnet P.E. (1973). Insect sex pheromones: minor amount of opposite geometrical isomer critical to attraction. *Science.* 181(4100): 661–663.

Klun J.A., Guthrie W.D., Hallauer A.R., Russell W.A. (1970). Genetic nature of the concentration of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one and resistance to the European corn borer in a diallel set of eleven maize inbreds. *Crop. Sci.* 10(1): 87–90.

Klun J.A., Junk G.A. (1977). Iowa European corn borer sex pheromone: isolation and identification of four C14 esters. *J. Chem. Ecol.* 3(4): 447–459.

Klun J.A., Maini S. (1979). Genetic basis of an insect chemical communication system: the European corn borer. *Environ. Entomol.* 8(3): 423–426.

Klun J.A., Robinson J.F. (1969). Concentration of two 1,4-benzoxazinones in dent corn at various stages of development of the plant and its relation to resistance of the host plant to the European corn borer. *J. Econ. Entomol.* 62(1): 214–220.

Klun J.A., Robinson J.F. (1971). European corn borer moth: sex attractant and sex attraction inhibitors. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 64(5): 1083–1086.

Klun J.A., Robinson J.F. (1972). Olfactory discrimination in the European corn borer and several pheromonally analogous moth. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 65(6): 1337–1340.

Klun J.A., Tipton C.L., Brindley T.A. (1967). 2,4-Dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA), an active agent in the resistance of maize to the European corn borer. *J. Econ. Entomol.* 60(6): 1529–1533.

Knudsen J.T., Eriksson R., Gershenzon J., Ståhl B. (2006). Diversity and distribution of floral scent. *Bot. Rev.* 72(1): 1–120.

Kochansky J.R., Cardé R.T., Liebherr J., Roelofs W.L. (1975). Sex pheromones of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in New York. J. Chem. Ecol. 1(2): 225–231.

Kuwajama S. (1929). Some observations on the so-called European corn borer in Japan. In: 4th International Congress Entomol. 2: 100–109.

Kwolek W.F., Brindley T.A. (1959). The effects of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hübn. on corn yield. Iowa State J. Sci. 33: 293–323.

Landolt P.J., Phillips T.W. (1997). Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 42(1): 371–391.

Laothawornkitkul J., Taylor J.E., Paul N.D., Hewitt C.N. (2009). Biogenic volatile organic compounds in the Earth system. New Phytologist. 183(1): 27–51.

Lassance J.M. (2016). The European corn borer *Ostrinia nubilalis*: exotic pest and model system to study pheromone evolution and speciation. In: “Pheromone communication in moths: evolution, behavior and application”. Allison J.D., Cardé R.T. (eds). Univ. California Press, Oakland, CA. p. 233–244.

Latash M.L. (2008). Synergy. Oxford Univ. Press. 412 p.

Lehmhus J., Cordsen-Nielsen G., Söderlind C., Szocs G., Lassance J.M., Fodor J., Künstler A. (2012). First records of the Z-race of European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) from Scandinavia. J. Kulturpflanzen. 64(5): 163–167.

Lewis L.C. (1978). Migration of larvae of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) infected with *Nosema pyrausta* (Microsporida: Nosematidae) and subsequent dissemination of this Microsporidium. Can. Entomol. 110(9): 897–900.

Lewis L.C., Lynch R.E. (1969). Rearing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), on diets containing corn leaf and wheat germ. Iowa State J. Sci. 44(1): 9–14.

Li Bixian, Gow Shulan, Liu Yong, Zheng Li (1986). Studies on the behavior of overwintering generation adults of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenee). In: Proc. XIV Symp. Int. Work. Group *Ostrinia*. Beijing, China. p. 95–103.

Liebherr J., Roelofs W. (1975). Laboratory hybridization and mating period studies using two pheromone strains of *Ostrinia nubilalis*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68(2): 305–309.

Liebold A., Kamata N. (2000). Are population cycles and spatial synchrony a universal characteristic of forest insect populations? Pop. Ecol. 42(3): 205–209.

López O., Rach M. M., Migallon H., Malumbres M.P., Bonastre A., Serrano J. (2012). Monitoring pest insect traps by means of low-power image sensor technologies. Sensors. 12(11): 15801–15819.

Loughner G.E. (1972). Mating behaviour of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, as influenced by photoperiod and thermoperiod. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65(5): 1016–1019.

Lynch R.E. (1980). European corn borer: yield losses in relation to hybrid and stage of corn development. J. Econ. Entomol. 73(1): 159–164.

Lynch R.E., Robinson J.F., Berry E.C. (1980). European corn borer: yield losses and damage resulting from a simulated natural infestation. J. Econ. Entomol. 73(1): 141–144.

Maini S., Burgio G. (1990). Influence of trap design and phenylacetaldehyde upon field capture of male and female *Ostrinia nubilalis* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae) and other moths. Boll. Ist. Entomol. Univ. Bologna. 45: 157–165.

Maini S., Burgio G. (1993). Relazione tra infestazione e catture di adulti di *Ostrinia nubilalis* (Hb.) in trappole a feromone sessuale e fenilacetaleide, su peperone sotto tunnel. Boll. Ist. Entomol. Univ. Bologna. 48: 101–107.

Maini S., Burgio G. (1999). *Ostrinia nubilalis* (Hb.) (Lep., Pyralidae) on sweet corn: relationship between adults caught in multibaited traps and ear damages. J. Appl. Entomol. 123(3): 179–185.

Marion-Poll F., Thiéry D. (1996). Dynamics of EAG responses to host-plant volatiles delivered by a gas chromatograph. Entomol. exp. appl. 80(1): 120–123.

Marston A.R. (1930). Breeding corn for resistance to the European corn borer. J. Amer. Soc. Agron. 22: 986–992.

Mason C.E., Rice M.E., Calvin D.D., Duyn van J.W., Showers W.B., Hutchison W.D., Witkowski J.F., Higgins R.A., Onstad D.W., Dively G.P. (1997a). European corn borer: ecology and management. NCR-327. North Central Regional Extension Publication. Iowa State Univ. 52 p.

Mason C.E., Rice M.E., DiFonzo C.D., Porter R.P. (eds). (2018). European corn borer: ecology, management, association with other corn pests. North Central Regional Extension Publication No. NCR 0327. Iowa State Univ., Ames, Iowa. 81 p.

Mason C.E., Stromdahl E.Y., Pesek J.D. (1997b). Placement of pheromone traps within the vegetation canopy to enhance capture of male European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 90(3): 795–800.

Mason K.S., Isaacs R. (2018). Juice grape canopy structure and cluster availability do not reduce middle- and late-season captures of male *Paralobesia viteana* (Lepidoptera: Tortricidae) in sex pheromone traps. Environ. Entomol. 47(3): 707–714.

Mazzi D., Dorn S. (2012). Movement of insect pests in agricultural landscapes. Ann. Appl. Biol. 160(2): 97–113.

McLeod D.G.R. (1976). Geographical variation of diapause termination in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in southwestern Ontario. Can. Entomol. 108(12): 1403–1408.

McLeod D.G.R., Beck S.D. (1963). The anatomy of the neuroendocrine complex of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, and its relation to diapause. Ann. Entomol. Soc. Amer. 56(6): 723–727.

McLeod D.G.R., Starratt A.N. (1978). Some factors influencing pheromone trap catches of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Can. Entomol. 110(1): 51–55.

McMillian W.W., Widstrom N.W., Barry D., Lillehoj E.B. (1988). Aflatoxin contamination in selected corn germplasm classified for resistance to European corn borer (Lepidoptera: Noctuidae). J. Entomol. Sci. 23(3): 240–244.

McQuate G.T. (2014). Green light synergistically enhances male sweetpotato weevil response to sex pheromone. *Sci. Reports*. 4: 4499.

Melero Y., Stefanescu C., Pino J. (2016). General declines in Mediterranean butterflies over the last two decades are modulated by species traits. *Biol. Cons.* 201: 336–342.

Metcalf R.L., Kogan M. (1987). Plant volatiles as insect attractants. *Critical reviews in plant sciences*. 5(3): 251–301.

Meyers M.T., Patch L.H. (1937). A statistical study of sampling in field surveys of the fall population of the European corn borer. *J. Agric. Res.* 55(11): 849–871.

Mikkola K. (1972). Behavioural and electrophysiological responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. *Ann. Zool. Fenn.* 9(4): 225–254.

Miluch C.E., Dosdall L.M., Evenden M.L. (2013). The potential for pheromone-based monitoring to predict larval populations of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in canola (*Brassica napus* L.). *Crop Protection*. 45: 89–97.

Mitchell E. (ed.) (1980). Management of insect pests with semiochemicals: concepts and practice. Plenum Press, New York, 1981. Proc. Int. Colloquium on Management of Insect Pests with Semiochemicals. March 23–28, 1980. Gainesville, Florida, USA. 514 p.

Miyatake T., Yokoi T., Fuchikawa T., Korehisa N., Kamura T., Nanba K., Ryouji S., Kamioka N., Hironaka M., Osada M., Hariyama T., Sasaki R., Shinoda K. (2016). Monitoring and detecting the cigarette beetle (Coleoptera: Anobiidae) using ultraviolet (LED) direct and reflected lights and/or pheromone traps in a laboratory and a storehouse. *J. Econ. Entomol.* 109(6): 2551–2560.

Mizell R.F., Martin F.G., Tedders W.L. (2007). Behavioral response by *Hylobius pales*, *Pachylobius picivorus* (Coleoptera: Curculionidae) and *Xylotrechus sagittatus* (Coleoptera: Cerambycidae) to trap visual and olfactory cues and an estimate of trap efficiency. *J. Entomol. Sci.* 42(4): 558–572.

Molinari F., Mazzoni E. (1986). Recherche per la valutazione del danno da *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lepidoptera Pyraustidae) a ibridi di mais. Redia. 69: 65–82.

Molnár B.P., Tóth Z., Fejes-Tóth A., Dekker T., Kárpáti Z. (2015). Electrophysiologically-active maize volatiles attract gravid female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. J. Chem. Ecol. 41(11): 997–1005.

Montgomery G.A., Dunn R.R., Fox R., Jongejans E., Leather S.R., Saunders M.E., Shortall C.R., Tingley M.W., Wagner D.L. (2020). Is the insect apocalypse upon us? How to find out. Biol. Cons. 241: 108327.

Moore R.H. (1928). Odorous constituents of the corn plant in their relationship to the European corn borer. In: Proc. Oklahoma Acad. Sci. p. 16–18.

Mupepele A.C., Bruelheide H., Dauber J., Krüß A., Potthast T., Wägele W., Klein A.M. (2019). Insect decline and their drivers: unsupported conclusions in a poorly performed meta-analysis on trends — a critique of Sánchez-Bayo and Wyckhuys (2019). Basic Appl. Ecol. 37: 20–23.

Mutchmor J.A., Beckel W.E. (1959). Some factors affecting diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae). Can. J. Zool. 37(2): 161–168.

Mutuura A., Munroe E. (1970). Taxonomy and distribution of the European corn borer and allied species: genus *Ostrinia* (Lepidoptera: Pyralidae). Entomol. Soc. Canada Mem. 71: 1–112.

Myers S.W., Wedberg J.L. (1999). Development of an economic injury level for European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) on corn grown for silage. J. Econ. Entomol. 92(3): 624–630.

Nagai T., Starratt A.N., McLeod D.G.R., Driscoll G.R. (1977). Electroantennogram responses of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, to (Z)- and (E)-11-tetradecenyl acetates. J. Insect Physiol. 23(5): 591–597.

Nagy B. (1970). Rearing of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) on a simplified artificial diet. Acta phytopathol. acad. sci. hung. 5(1): 73–79.

Neiswander C.R., Huber L.L. (1929). Height and silking as factors influencing European corn borer populations. *Ann. Entomol.* 22(3): 527–542.

Nowinszky L., Puskás J. (2015). Sex ratio analysis of some Macrolepidoptera species collected by Hungarian forestry light traps. *Acta silv. lignaria hung.* 11(2): 99–110.

Oerke E.C., Dehne H.W., Schonbeck F., Weber A. (1994). Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam: Elsevier. 808 p.

Ohnesorge B. (1989). Investigations on the population dynamics of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in south-western Germany. *Acta phytopathol. entomol. hung.* 24(1–2): 165–168.

Oliveira R.F., Taborsky M., Brockmann H.J. (eds). (2008). Alternative reproductive tactics: an integrative approach. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 507 p.

Ômura H. (2018). Plant secondary metabolites in host selection of butterfly. In: “Chemical ecology of insects”. CRC Press. p. 3–27.

Onstad D.W., Gould F. (1998). Modeling the dynamics of adaptation to transgenic maize by European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 91(3): 585–593.

Otieno J.A., Stukenberg N., Weller J., Poehling H.M. (2018). Efficacy of LED-enhanced blue sticky traps combined with the synthetic lure Lurem-TR for trapping of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *J. Pest Sci.* 91(4): 1301–1314.

Owens A.C., Lewis S.M. (2018). The impact of artificial light at night on nocturnal insects: a review and synthesis. *Ecol. & Evol.* 8(22): 11337–11358.

Pal S., Chatterjee H., Senapati S.K. (2015). Influence of abiotic factors on pheromone trap catches and field infestation of *Helicoverpa armigera* on carnation (*Dianthus caryophyllus*) in Hilly Region of West Bengal, India. *Intern. J. Bio-Res. & Stress Manag.* 6(6): 695–699.

Pan H., Xiu C., Lu Y. (2015). A combination of olfactory and visual cues enhance the behavioral responses of *Apolygus lucorum*. J. Insect Behav. 28(5): 525–534.

Pan H., Xu Y., Liang G., Wyckhuys K.A., Yang Y., Lu Y. (2020). Field evaluation of light-emitting diodes to trap the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. Crop Protection. 137: 105267.

Park J.H., Lee H.S. (2017). Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs). Appl. Biol. Chem. 60(2): 137–144.

Patch L.H. (1929). Some factors determining corn borer damage. J. Econ. Entomol. 22(1): 174–183.

Patch L.H. (1942). Height of corn as a factor in egg laying by the European corn borer moth in the one-generation area. J. Arg. Res. 64(9): 503–515.

Patch L.H., Still G.W., Schlosberg M., Bottger G.T. (1942). Factors determining the reduction in yield of field corn by the European corn borer. J. Agric. Res. 65: 473–482.

Patil J.V. (ed.). (2016). Millets and *Sorghum*: biology and genetic improvement. John Wiley & Sons. 459 p.

Pawson S.M., Bader M.F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. Ecol. Appl. 24(7): 1561–1568.

Pélozuelo L., Frérot B. (2007). Monitoring of European corn borer with pheromone-baited traps: review of trapping system basics and remaining problems. J. Econ. Entomol. 100(6): 1797–1807.

Penny L.H., Dicke F.F. (1959). European corn borer damage in resistant and susceptible dent corn hybrids. Agron. J. 51(6): 15–18.

Pesho G.R., Dicke F.F., Carter S.W. (1964). Field comparisons of survival and damage of European corn borer from different egg mass sources. Proc. North Cent. Br. Entomol. Soc. Amer. 19: 88–91.

Pesho G.R., Dicke F.F., Russell W.A. (1965). Resistance of inbred lines of corn (*Zea mays* L.) to the second brood of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* (Hübner). Iowa State J. Sci. 40(1): 85–98.

Pieprzyk W., Romankow W. (1960). Wyniki jednorocznych obserwacji nad biologią omacnicy prosowianki (*Pyrausta nubilalis* Hbn., Lepidoptera, Tortricidae). Biul. Inst. Ochr. Roślin. 9: 127–139.

Preti M., Verheggen F., Angeli S. (2021). Insect pest monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations. J. Pest Sci. 94(2): 203–217.

Price P.W., Denno R.F., Eubanks M.D., Finke D.L., Kaplan I. (2011). Insect ecology: behavior, populations and communities. Cambridge Univ. Press. 816 p.

Raemisch D.R., Walgenbach D.D. (1984). Assessment of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) impact on grain and silage yield in three areas of eastern South Dakota. J. Kans. Entomol. Soc. 57(1): 79–83.

Rak Cizej M., Cilenšek A., Persolja J. (2014). Monitoring the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) on hops (*Humulus lupulus* L.) with sex pheromone traps in Slovenia. IOBC/WPRS Bull. 99: 129–132.

Ramaswamy S.B., Cardé R.T., Witter J.A. (1983). Relationships between catch in pheromone-baited traps and larval density of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Entomol. 115(11): 1437–1443.

Rawat R.K., Keval R., Chakravarty S., Ganguly S. (2017). Monitoring of gram pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) through pheromone traps on long duration pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. J. Entomol. Zool. Studies. 5(5): 665–669.

Reardon B.J., Sumerford D.V., Sappington T.W. (2006). Impact of trap design, windbreaks, and weather on captures of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in pheromone-baited traps. J. Econ. Entomol. 99(6): 2002–2009.

Reinecke A., Hilker M. (2014). Plant semiochemicals — perception and behavioural responses by insects. *Annu. Plant Rev.: Insect-Plant Interactions*. 47(4): 115–153.

Renwick J.A.A., Chew F.S. (1994). Oviposition behavior in Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 39(1): 377–400.

Rhainds M., Lavigne D., Rideout T., Candau J.N. (2019). Temporal variation in abundance of male and female spruce budworms at combinatory associations of light traps and pheromone traps. *Entomol. exp. appl.* 167(6): 526–533.

Rhainds M., Therrien P., Morneau L. (2015). Pheromone-based monitoring of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in relation to trap position. *J. Econ. Entomol.* 109(2): 717–723.

Rice K.B., Cullum J.P., Wiman N.G., Hilton R., Leskey T.C. (2017). *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) response to pyramid traps baited with attractive light and pheromonal stimuli. *Fla Entomol.* 100(2): 449–453.

Riedl H., Croft B.A. (1974). A study of pheromone trap catches in relation to codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) damage. *Can. Entomol.* 106(5): 525–537.

Riggs D.I.M., Hoffmann M.P., Thetford L.C. (1998). Treatment thresholds for European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) infestations in early-season fresh market sweet corn. *J. Entomol. Sci.* 33(4): 393–399.

Roelofs W.L., Cardé R.T. (1977). Responses of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. *Annu. Rev. Entomol.* 22(1): 377–405.

Roelofs W.L., Cardé R.T., Bartell R.J., Tierney P.C. (1972). Sex attractant trapping of the European corn borer in New York. *Environ. Entomol.* 1(5): 606–608.

Roubaud E. (1928). Biological researches on *Pyrausta nubilalis* Hbn. In: “International corn borer investigations. Scientific reports”. Chicago. 1: 1–40.

Roubaud E. (1929). Biological researches on *Pyrausta nubilalis* Hbn. II. In: “International corn borer investigations. Scientific reports”. Chicago. 2: 1–21.

Sambaraju K.R., Phillips T.W. (2008). Responses of adult *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) to light and combinations of attractants and light. *J. Insect Behav.* 21(5): 422–439.

Sánchez-Bayo F., Wyckhuys K.A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biol. Cons.* 232: 8–27.

Sappington T.W. (2005). First-flight adult European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) distribution in roadside vegetation relative to cropping patterns and corn phenology. *Environ. Entomol.* 34(6): 1541–1548.

Sappington T.W., Showers W.B. (1983a). Adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) flight activity in and away from aggregation sites. *Environ. Entomol.* 12(4): 1154–1158.

Sappington T.W., Showers W.B. (1983b). Comparison of three sampling methods for monitoring adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) population trends. *J. Econ. Ent.* 76(6): 1291–1297.

Sayers A.C., Johnson R.H., Arndt D.J., Bergman M.K. (1994). Development of economic injury levels for European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) on corn grown for seed. *J. Econ. Entomol.* 87(2): 458–464.

Schmidt J. (1835). Lebens und Vertilgungsweise einiger dem Landwirthes schädlichen Insekten. In: *Verhandlungen Nova Acta der K. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforschers, Halle a. d. Saale.* 17(1): 477.

Schoonhoven L.M., Loon van J.J.A., Dicke M. (2005). *Insect-plant biology.* 2nd edition. Oxford Univ. Press, Oxford. 440 p.

Schubert E.F. (2006). *Light-emitting diodes.* 2nd edition. Cambridge Univ. Press. 422 p.

Schuch S., Wesche K., Schaefer M. (2012). Long-term decline in the abundance of leafhoppers and planthoppers (Auchenorrhyncha) in Central European protected dry grasslands. *Biol. Cons.* 149(1): 75–83.

Schurr K., Holdaway F.G. (1970). Olfactory responses of female *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyraustinae). *Entomol. exp. appl.* 13(4): 455–461.

Seibold S., Gossner M.M., Simons N.K., Blüthgen N., Müller J., Ambarlı D., Ammer C., Bauhus J., Fischer M., Habel J.C., Linsenmair K.E., Nauss T., Penone C., Prati D., Schall P., Schulze E.D., Vogt J., Wllauer S., Weisser W.W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*. 574(7780): 671–674.

Shelton A.M., Nyrop J.P., Seaman A., Foster R.E. (1986). Distribution of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) egg masses and larvae on sweet corn in New York. *Environ. Entomol.* 15(3): 501–506.

Shimoda M., Honda K.I. (2013). Insect reactions to light and its applications to pest management. *Appl. Entomol. Zool.* 48(4): 413–421.

Showers W.B., Berry E.C., Kaster von L. (1980). Management of 2nd-generation European corn borer by controlling moths outside the cornfield. *J. Econ. Entomol.* 73(1): 88–91.

Showers W.B., Chiang H.C., Keaster A.J., Hill R.E., Reed G.L., Sparks A.N., Musick G.J. (1975). Ecotypes of the European corn borer in North America. *Environ. Entomol.* 4(5): 753–760.

Showers W.B., Reed G.L., Oloumi-Sadeghi H. (1974a). European corn borer: attraction of males to synthetic lure and to females of different strains. *Environ. Entomol.* 3(1): 51–58.

Showers W.B., Reed C.L., Oloumi-Sadeghi H. (1974b). Mating studies of female European corn borers: relationship between deposition of egg masses on corn and captures in light traps. *J. Econ. Entomol.* 67(5): 616–619.

Showers W.B., Reed G.L., Robinson J.F., DeRozari M.B. (1976). Flight and sexual activity of the European corn borer. *Environ. Entomol.* 5(6): 1099–1104.

Silva da A.A., Rebêlo J.M.M., Carneiro B.F., Castro M.P.P., Sousa de Almeida de M., Ponte I.S., Aguiar J.V.C., Silva F.S. (2019). Exploiting the synergistic effect of kairomones and light-emitting diodes on the attraction of phlebotomine sand flies to light traps in Brazil. *J. Med. Entomol.* 56(5): 1441–1445.

Smart L.E., Aradottir G.I., Bruce T.J.A. (2014). Role of semiochemicals in integrated pest management. In: “Integrated pest management”. Acad. Press. p. 93–109.

Smart L.E., Blight M.M., Hick A.J. (1997). Effect of visual cues and a mixture of isothiocyanates on trap capture of cabbage seed weevil, *Ceutorhynchus assimilis*. J. Chem. Ecol. 23(4): 889–902.

Solé J., Sans A., Riba M., Guerrero A. (2010). Behavioural and electrophysiological responses of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* to host-plant volatiles and related chemicals. Physiol. Entomol. 35(4): 354–363.

Sorenson C.E., Kennedy G.G., Schal C., Walgenbach J.F. (2005). Geographical variation in pheromone response of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae), in North Carolina: a 20-y perspective. Environ. Entomol. 34(5): 1057–1062.

Sorenson C.E., Kennedy G.G., Duyn van J.W., Bradly J.R. (1993). Distribution of second generation European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, egg masses in field corn and relationship to subsequent tunneling damage. Entomol. exp. appl. 68(1): 15–23.

Sparks A.N. (1963). Preliminary studies of factors influencing mating of the European corn borer. Proc. North Centr. Br. Entomol. Soc. Amer. 18: 95.

Sparks A.N., Chiang H.C., Triplehorn C.A., Guthrie W.D., Brindley T.A. (1967). Some factors influencing populations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner) in the north central states: Resistance of corn, time of planting and weather conditions. Part II, 1958-1962. Iowa Agric. Home Econ. Expt. Sta. Res. Bull. 36(559): 1–103.

Starratt A.N., McLeod D.G.R. (1976). Influence of pheromone trap age on capture of the European corn borer. Environ. Entomol. 5(5): 1008–1010.

Steffens R., Fox F.R., Kassell B. (1978). Effect of trypsin inhibitors on growth and metamorphosis of corn borer larvae, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). J. Agric. Food Chem. 26(1): 170–174.

Steinbauer M.J. (2003). Using ultra-violet light traps to monitor autumn gum moth, *Mnesampela privata* (Lepidoptera: Geometridae), in south-eastern Australia. Austral. Forest. 66(4): 279–286.

Stern V.M., Smith R.F., Bosch van den R., Hagen K.S. (1959). The integrated control concept. Hilgardia. 29(2): 81–101.

Stirrett G.M. (1938). A field study of the flight, oviposition and establishment periods in the life cycle of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis*, Hbn., and the physical factors affecting them: V. The seasonal characteristics of flight, oviposition and larval establishment. the variations and effects of seasonal climate. the factors causing fluctuations in borer populations. Summary. Acknowledgments. Sci. Agric. 18(11): 656–683.

Stukenberg N., Gebauer K., Poehling H.M. (2015). Light emitting diode (LED)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). J. Appl. Entomol. 139(4): 268–279.

Sullivan S.L., Gracen V.E., Ortega A. (1974). Resistance of exotic maize varieties to the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner). Environ. Entomol. 3(4): 718–720.

Swengel S.R., Schlicht D., Olsen F., Swengel A.B. (2011). Declines of prairie butterflies in the midwestern USA. J. Insect Cons. 15(1): 327–339.

Szentkirályi F. (2002). Fifty years-long insect survey in Hungary: T. Jeremy's contribution to light-trapping. Acta zool. acad. sci. hung. 48 (supl. 1): 85–105.

Szőke C., Zsuzsori Z., Pók I., Rácz F., Illés O., Szegedi I. (2002). Significance of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübn.) in maize production. Acta agron. hung. 50(4): 447–461.

Thompson D.C., Capinera J.L., Pilcher S.D. (1987). Comparison of an aerial water-pan pheromone trap with traditional trapping techniques for the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol. 16(1): 154–158.

Thompson W.R., Parker H.L. (1928a). The European corn borer and its controlling factors in Europe. USDA Techn. Bull. 59: 1–63.

Thompson W.R., Parker H.L. (1928b). Host selection in *Pyrausta nubilalis* Hübn. Bull. Entomol. Res. 18(4): 359–364.

Thorsteinson A.J. (1960). Host selection in phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 5(1): 193–218.

Tingle F.C., Mitchell E.R. (1981). Relationships between pheromone trap catches of male tobacco budworm, larval infestations, and damage levels in tobacco. J. Econ. Entomol. 74(4): 437–440.

Tóth M., Szarukán I., Nagy A., Ábri T., Katona V., Kőrösi S., Nagy T., Szarvas Á., Koczor S. (2016). An improved female-targeted semiochemical lure for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. Acta phytopathol. entomol. hung. 51(2): 247–254.

Tóth M., Szarukán I., Nagy A., Furlan L., Benvegnù I., Cizej M.R., Ábri T., Kéki T., Kőrösi S., Pogonyi A., Toshova T., Velchev D., Atanasova D., Kurtulus A., Kaydan B.M., Signori A. (2017). European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lepidoptera: Crambidae): comparing the performance of a new bisexual lure with that of synthetic sex pheromone in five countries. Pest Manag. Sci. 73(12): 2504–2508.

Trona F., Anfora G., Balkenius A., Bengtsson M., Tasin M., Knight A., Janz N., Witzgall P., Ignell R. (2013). Neural coding merges sex and habitat chemosensory signals in an insect herbivore. Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci. 280(1760): 20130267.

Truxa C., Fiedler K. (2012). Attraction to light — from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? Europ. J. Entomol. 109(1): 77–84.

Turner W.B. (1918). Female Lepidoptera at light traps. J. Agric. Res. 14(3): 135–149.

Udayagiri S., Mason C.E. (1995). Host plant constituents as oviposition stimulants for a generalist herbivore: European corn borer. Entomol. exp. appl. 76(1): 59–65.

Umeozor O.C., Duyn van J.W., Kennedy G.G., Bradley J.R. (1985). European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage to maize in eastern North Carolina. *J. Econ. Entomol.* 78(6): 1488–1494.

Valterová I., Bolgar T.S., Kalinová B., Kovalev B.G., Vrkoč J. (1990). Host plant components from maize tassel and electroantennogram responses of *Ostrinia nubilalis* to the identified compounds and their analogues. *Acta Entomol. Bohemosl.* 87(6): 435–444.

Vance A.M. (1949). Some physiological relationships of the female European corn borer moth in controlled environments. *J. Econ. Entomol.* 42(3): 474–484.

Verheijen F.J. (1958). The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. *Arch. Néerland. de Zool.* 13(1): 1–107.

Visser J.H. (1986). Host odor perception in phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 121–144.

Wagner D.L. (2019). Insect declines in the Anthropocene. *Annu. Rev. Entomol.* 65: 457–480.

Wagner D.L., Fox R., Salcido D.M., Dyer L.A. (2021). A window to the world of global insect declines: moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 118(2): 1–8.

Wall C. (1989). Monitoring and spray timing. In: “Insect pheromones in plant protection”. Jutsum A.R., Gordon R.F.S. (eds). Wiley, Chichester, UK. p. 39–66.

Weber D.C., Mangan F.X., Ferro D.N., Marsh H.V. (1990). Effect of weed abundance on European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) infestation of sweet corn. *Environ. Entomol.* 19(6): 1858–1865.

Webster R.P., Charlton R.E., Schal C., Cardé R.T. (1986). High-efficiency pheromone trap for the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 79(4): 1139–1142.

Wepprich T., Adrion J.R., Ries L., Wiedmann J., Haddad N.M. (2019). Butterfly abundance declines over 20 years of systematic monitoring in Ohio, USA. *PLoS One.* 14(7): e0216270.

Wilke S. (1926). Der Stand der Maiszünslerfrage. Arch. Natur. Abteil. A, Strand E. (Hrsg.). 9: 31–72.

Windels M.B., Chiang H.C., Furgala B. (1976). Effects of *Nosema pyrausta* on pupa and adult stages of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. J. Invertebrate Pathol. 27(2): 239–242.

Witzgall P., Kirsch P., Cork A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. J. Chem. Ecol. 36(1): 80–100.

Wressell H.B. (1955). The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera, Pyralidae), in Canada. A review. Annu. Rep. Entomol. Soc. Ontario. 84: 45–48.

Wressell H.B. (1973). The role of parasites in the control of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in southwestern Ontario. Can. Entomol. 105(4): 553–557.

Yathom S. (1981). Sex ratio and mating status of *Earias insulana* females (Lepidoptera: Noctuidae) collected from light traps in Israel. Israel J. Entomol. 15: 97–100.

Yela J.L., Holyoak M. (1997). Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 26(6): 1283–1290.

Yudenko E. (1938). Studies on the corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.) in connection with the infestation of hops (*Humulus lupulus* Lin.) and millet (*Panicum miliaceum* Lin.). Prace wydziału chorob i szkodników roślin. 17: 19–122.

Научное издание

Фролов Андрей Николаевич
Грушечная Инна Валентиновна
Конончук Анастасия Геннадьевна

**Современные типы ловушек
для мониторинга чешуекрылых
на примере кукурузного мотылька**

Монография

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
197372, Санкт-Петербург, пр. Богатырский,
дом 32, к. 1 лит. А, пом. 6Н.
<https://publishing.intelgr.com>
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: (812) 945-50-63

Подписано в печать 19.10.2021.
Формат 60х84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Объем 7,5 печ. л. Тираж 300 экз.

ISBN 978-5-6046688-9-4

