

УДК 632.78

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ НИЗКОЙ АТТРАКТИВНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЕРОМОНОВ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА В НОВЫХ СЕВЕРНЫХ ОЧАГАХ ВРЕДНОСТИ НАСЕКОМОГО НА КУКУРУЗЕ

А.Н. Фролов¹, Т.А. Рябчинская²

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург,

²Всероссийский НИИ защиты растений МСХ РФ, п. ВНИИСС Воронежской обл.

Испытания феромонных ловушек на севере Воронежской области свидетельствуют, что их привлекательность для самцов местных популяций Z-расы кукурузного мотылька сильно зависит от дистанции до места выплода имаго, т.е. от участков, занятых под кукурузой в прошлом году. Обсуждается гипотеза о том, что половое и репродуктивное поведение у обитающих в новых северных и традиционных южных очагах размножения имаго кукурузного мотылька осуществляется в соответствии с альтернативными моделями, оптимизирующими использование насекомыми кормового ресурса в зависимости от его обилия в среде обитания. Высказаны предложения, направленные на совершенствование мониторинга и разработку защитных мероприятий против кукурузного мотылька в новых северных очагах размножения вредителя на кукурузе.

Ключевые слова: *Ostrinia nubilalis*, феромониторинг, модели поведения имаго.

Кукурузный мотылек *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) входит в число наиболее опасных и широко распространённых вредителей кукурузы [Mihm, 1985; Фролов, 1993; Bohn et al., 1999; Павлюшин и др., 2005]. Хотя этот вредитель является одним из наиболее изученных энтомологических объектов, которому посвящены десятки тысяч публикаций в Северной Америке, Европе и Азии [Brindley et al., 1975; Mason et al., 1996; Фролов, 1997 a, b; Фролов, Букзеева, 1997; Lassance, 2010], многие стороны жизни насекомого все еще остаются недостаточно изученными [Cordillot, 1987b; Lassance, 2016]. Кукурузный мотылек — уникальный объект, сегрегированный на расы, различающиеся по составу полового феромона: самки Z-расы выделяют феромон состава 97% Z- и 3% E- [Klun, Robinson, 1971], E-расы — 3% Z- и 97% E- [Kochansky et al., 1975], а самки гибридного происхождения — 35% Z и 65% E изомеров 11-тетрадецил ацетата (11-14:OAc) [Klun, Maini, 1979]. Наследственный контроль состава феромона у самок детерминируется аутосомно, а поведенческие реакции самцов на запах феромона — сцепленно с полом [Hansson et al., 1987; Klun, Huettel, 1988; Löfstedt et al., 1989; Glover et al. 1990]. Синтетические половые феромоны широко используются для мониторинга сезонной динамики численности и сигнализации появления вредителя [Bartels et al., 1997; Laurent, Frérot, 2007; Kárpáti et al., 2016].

На территории б. СССР в 70–80-х годах прошлого века кукуруза не повреждалась вредителем севернее линии, проходящей через Житомир — Белгород — Саратов [Фролов, 1993]. В связи с продвижением посевов кукурузы на север отмечается расширение ареала питающихся на этой культуре популяций насекомого, например, недавно его присутствие зарегистрировано в Дании и южной Швеции [Lehmhus et al., 2012]. С 2010 г. кукурузный мотылек превратился в одного из опасных вредителей кукурузы Беларуси [Трепашко и др., 2010; Трепашко, Быковская, 2015], а с 2011 г. он начал вредить посевам этой культуры на севере Воронежской обл. [Фролов и др., 2016].

Результаты испытаний стандартных композиций синтетических половых феромонов кукурузного мотылька хорошо себя зарекомендовали как средство мониторинга в традиционных зонах вреда насекомого, например, в Крас-

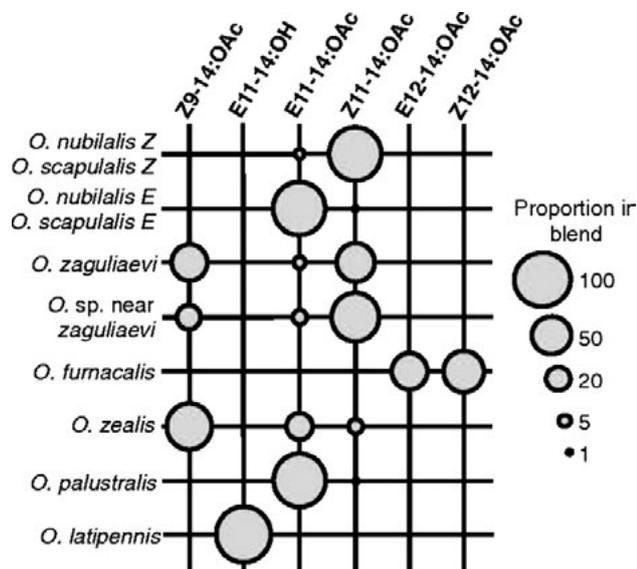
нодарском крае [Фролов, Грушевая, 2017]. Казалось бы, феромониторинг вредителя должен обеспечить хорошие результаты и в новых северных очагах вредности, однако, как в Беларуси, так и в Воронежской обл. аттрактивность феромонных ловушек оказалась на удивление крайне низкой [Грушевая и др., 2015a, b]. В этой связи целью нашей работы, выполнявшейся в 2016–2017 гг. в рамках проекта РФФИ № 16-54-00144 «Новые очаги массовых размножений *O. nubilalis* в восточной Европе: анализ причин возникновения и поиск путей их локализации в Беларуси и России», было выявить причины плохой «работы» ловушек с синтетическими половыми феромонами в новых северных очагах вредности насекомого.

Поскольку большая часть результатов, полученных в ходе выполнения работы по проекту, пока еще не опубликована, в настоящей статье мы сошлемся лишь на общие выводы, которые проиллюстрируем данными, полученными при испытании феромонных ловушек в Воронежской обл. Учитывая важное практическое значение проблемы защиты кукурузы от вредителя в новых северных очагах его вредности, мы также обсудим направления дальнейших исследований в этом регионе.

В рамках проекта испытания соединений с феромонной активностью проводили на посевах кукурузы в Воронежской обл. как в 2016, так и в 2017 гг. В 2016 г. в ООО СП «Дон» Рамонского р-на использовали синтезированные в АО «Щёлково Агрохим» (6 вариантов феромонов и их дозировок) и ФГБУ «ВНИИКР» (16 вариантов) (табл.) композиции, известные своей феромонной активностью для видов рода *Ostrinia*, в т.ч. Z11-14:OAc — для *O. nubilalis*, *O. zaguliaevi* и *O. scapularis*, E11-14:OAc — *O. nubilalis*, *O. zealis*, *O. scapularis*, а также *O. palustralis* и *O. ovalipennis*, Z9-14:OAc — *O. zealis* и *O. zaguliaevi*, Z12-14:OAc и E12-14:OAc — *O. furnacalis* [Miura et al., 2009; Lassance et al., 2013], а E9-14:OAc был выявлен в экстрактах из абдоминальных желез *O. nubilalis* [Klun, Junk, 1977] (рис.). Ловушки Аттракон в 3–5-кратной повторности (повторность — 1 ловушка) с различными вариантами феромонов и их дозировок вывешивали в середине июня в лесополосе, прилегающей к полю кукурузы. Расстояние между ловушками составляло 15 м.

Таблица. Композиции с потенциальной феромонной активностью, испытанные в ООО СП «Дон» Рамонского района Воронежской области в 2016 г.

№	Композиции в испытаниях							
	Z11-14:OAc		E11-14:OAc		E9-14:OAc	Z9-14:OAc	E12-14:OAc	Z12-14:OAc
	%	мг	%	мг	мг	мг	мг	мг
ФГБУ ВНИИКР								
1	90	0.9	10	0.1	—	—	—	—
2	90	0.09	10	0.01	—	—	—	—
3	65	0.65	35	0.35	—	—	—	—
4	65	0.065	35	0.035	—	—	—	—
5	—	0.65	—	0.35	—	0.2	—	—
6	—	0.065	—	0.035	—	0.02	—	—
7	—	0.7	—	0.3	—	—	0.2	—
8	—	0.07	—	0.03	—	—	0.02	—
9	—	0.7	—	0.3	—	—	—	0.2
10	—	0.07	—	0.03	—	—	—	0.02
11	—	0.7	—	0.22	0.08	—	—	—
12	—	0.07	—	0.02	0.01	—	—	—
13	—	0.85	—	0.1	0.20	—	—	—
14	—	0.085	—	0.01	0.02	—	—	—
15	100	0	0	0.1	—	—	—	—
16	45	0.45	55	0.55	—	—	—	—
АО «Щелково Агрохим»								
17	90	0.9	—	0.1	—	—	—	—
18	90	0.09	—	0.01	—	—	—	—
19	65	0.65	—	0.35	—	—	—	—
20	65	0.065	—	0.035	—	—	—	—
21	—	0.65	—	0.35	—	0.2	—	—
22	—	0.065	—	0.035	—	0.02	—	—

Рисунок. Схема состава половых феромонов самок у видов рода *Ostrinia* [цит по: Lassance et al., 2013]

При учетах, проведенных в августе-сентябре 2016 г. на участках, вблизи от которых были выставлены ловушки с феромонными композициями, заселенность растений гусеницами оказалась в пределах от 5 до 25%. При этом ни одна из 22 тестируемых композиций не проявила какой-либо аттрактивности — самцов в ловушках обнаружено не было.

По результатам работ, проведенных в ВИЗР по проекту РФФИ № 16-54-00144 в осенне-весенний период 2016/17 г. (газовая и хромато-масс-спектрометрия экстрактов абдоминальных желез, молекулярно-генетический

анализ, снятие ЭАГ у самцов), удалось доказать генетическую принадлежность популяций кукурузного мотылька из северных очагов вредоносности к феромонной Z-расе *O. nubilalis*, которая широко распространена в Европе [Anglade et al., 1984], включая территорию европейской России [Фролов, 1984]. В то же время обнаружили 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 °С), в которых особи южных популяций развивались бездиапаузно [Фролов и др., 2016]. Полученные данные дают основание полагать, что феномен низкой аттрактивности стандартных феромонных композиций в северных очагах размножения вредителя вряд ли случаен. При этом очевидно, что проблема низкой эффективности феромонных ловушек для северных популяций кукурузного мотылька не связана со спецификой состава феромона самок.

В соответствии с полученными материалами, в испытаниях 2017 г. была включена лишь стандартная для Z-расы двухкомпонентная смесь 97% Z11-14:OAc и 3% E11-14:OAc (100 мкг/диспенсер производства АО «Щелково Агрохим»). Ловушки в трех-пяти повторениях размещали на полях кукурузы в Рамонском (ООО «Электросигнал») и в Верхнехавском (МТС «Агросервис») р-нах Воронежской обл. Посевы кукурузы для испытаний 2017 г. были выбраны таким образом, чтобы расстояние между ними и полями, занятыми под кукурузой в прошлом году, было как можно меньше и по факту в обоих случаях оно составило 100 м. На поле кукурузы в ООО «Электросигнал»

в конце августа поврежденность початков гусеницами оценивалась 7.8%, поврежденность стеблей в начале сентября — 18%. На этом фоне за период лета имаго в ловушки попал один самец (т.е. уловистость оценивается 0.2 экз./ловушку). На поле кукурузы в МТС «Агросервис» была отмечена более высокая численность вредителя: в фазу цветения заселенность початков гусеницами она составила 30–40%, а к уборке в конце сентября достигла 87%. В этот период на поле в массе отмечали ломкость стеблей в местах повреждений при заселенности растений на уровне не менее 70%. На этом фоне в среднем на одну феромонную ловушку было поймано 2.8 самца кукурузного мотылька, а в период массового лета — 1.4 экз. Таким образом, полученные результаты подтвердили вывод о том, что ловушки со стандартным феромоном Z-расы проявляют аттрактивность для местной популяции кукурузного мотылька, однако она обнаруживается лишь при условии размещения ловушек на относительно небольшом расстоянии от мест выплода имаго вредителя. Таким образом, очевидно, что основной причиной низкой аттрактивности феромонных композиций в испытаниях предыдущих лет [Грушевая и др., 2015a, b] являлось пространственная удаленность посевов кукурузы текущего года (где размещали феромонные ловушки) от таковых прошлого года (источника расселения имаго кукурузного мотылька). Учитывая значительное повреждение посевов, на которых размещали ловушки, понятно, что откладывающие яйца самки кукурузного мотылька перелетали на них из мест выплода. При этом отсутствие самцов в феромонных ловушках предполагает, что мигрировали на кукурузу уже осемененные самки, т.е. спаривание имаго должно было происходить еще в местах выплода.

Обитание в агроценозах требует от насекомых постоянных миграционных перемещений [Jeger, 1999; Mazzi, Dorn, 2012]. Благодаря севообороту места откладки яиц и выплода имаго кукурузного мотылька, как правило, пространственно удалены друг от друга, и лишь в редких случаях выращивания монокультуры они совпадают. Хотя кукуруза достаточно легко выдерживает бессменные посевы [Лошаков, 2016], довольно широко распространенные в мире [Бондарева, 1986], преимущества возделывания кукурузы в севообороте хорошо известны [Dgury, Tan, 1995; Berzsenyi et al., 2000; Стахурлова и др., 2015; Воронин и др., 2017]. Кроме того, благодаря проникновению в Европу листоеда *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte необходимость возделывания кукурузы в севообороте здесь стала практически обязательной [Пилипенко, Константинова, 2009].

Рассмотрим известные сведения о биологии размножения кукурузного мотылька. Наблюдения и эксперименты по изучению пространственных перемещений кукурузного мотылька в США показали, что имаго способны перемещаться в пределах 25–80 км [Caffrey, Worthley, 1927; Chiang, 1972; Showers et al., 2001; Sappington, 2005]. При этом склонность к миграциям оказалась более свойственной самкам, нежели самцам [Dorhout et al., 2008], причем таковая зависит от возраста, репродуктивной стадии, наличия или отсутствия сексуального контакта у самки [Reardon, Sappington, 2007]. Для спаривания имаго кукурузного мотылька выбирают местообитания, характеризующиеся набором специфических признаков — разме-

рами около 100–150 м², покрытием невысокой (0.5–1.0 м высотой) густой, преимущественно злаковой растительностью [Showers et al., 1976; Sappington, Showers, 1983a; Sappington, 2005; Reardon et al., 2006]. На таких площадках поддерживается благоприятный для насекомых микроклимат, нередко выпадает роса, необходимая для поддержания жизнеспособности имаго и спаривания [DeRozari et al., 1977]. Здесь происходит концентрация имаго и формирование характерных «рыхлых» роёв, в которых осуществляются половые контакты имаго [Showers et al., 1974]. Показано, что численность самок в местах агрегаций хорошо коррелирует с плотностью яиц на посевах, вблизи которого концентрируются насекомые [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 склонны оставаться в агрегациях, осуществляя поиск еще не осемененных самок [Sappington, Showers, 1983a].

В зоне кукурузного пояса США такие агрегации локализуются вблизи посевов кукурузы [Showers et al., 1976]. Для Краснодарского края показано, что места агрегаций, где концентрируются имаго обоих полов перезимовавшего поколения, характеризуются такими признаками, как (1) близость к посеву кукурузы, (2) защищенность лесополосами и (3) покрытие густой невысокой растительностью [Фролов, Тришкин, 1992]. Имаго первого поколения концентрируются по периметру посева кукурузы, предпочитая сильно засоренные участки [Фролов и др., 1996]. Соответственно, феромонные ловушки, установленные в Краснодарском крае на посевах кукурузы, эффективно привлекают и отлавливают самцов кукурузного мотылька, позволяя не только сигнализировать начало лета вредителя, но и прогнозировать вероятность достижения ЭПВ на посевах по причине тесной связи между плотностью питающихся на растениях гусениц дочернего поколения и числом пойманных в ловушки самцов родительской генерации [Фролов, Грушевая, 2017]. Можно предположить, что модель поведения, при которой как самки, так и самцы мигрируют из мест выплода (участков, занятых под кукурузой в прошлом году) на посевы кукурузы текущего года, на периферии которых в местах агрегации происходит предшествующее откладке самками яиц спаривание, является выгодной в условиях, когда концентрация пищевого ресурса значительна и его нахождение насекомым практически гарантировано, что может обеспечивать, например, (1) экономию расхода энергоресурсов самками на лётную активность (наличие сперматофора существенно увеличивает массу тела самки, хотя известно, что эйякулят продлевает жизнь самки [Royer, McNeil, 1993]), (2) на участках агрегации легко осуществимы повторные спаривания, и хотя для реализации половой продукции самке достаточно одного спаривания, неоднократные половые контакты способствуют повышению их плодовитости [Fadamiro, Baker, 1999], и, наконец, (3) благодаря повышению вероятности половых контактов в агрегациях у имаго, перелетевших из разных мест выплода, очевидно снижается вероятность инбридинга, которая, скорее всего, выше в случае организации половых контактов имаго в местах их выплода.

Можно предположить, что до перехода кукурузного мотылька на питание кукурузой в новых северных очагах

ее повреждения, насекомым приходилось довольствоваться питанием единичными посевами проса и в меньшей степени дикими просовидными, обнаружение которых для откладки яиц самкой представляет несомненную проблему. Здесь уместно отметить, что двудольные виды растений, такие как полынь, хмель или конопля не служат кормовыми растениями для *O. nubilalis*, а потребляются симпатричным ему щетконогим мотыльком *O. scapularis* (Wlk.) [Фролов, 1994; Frolov et al., 2007] Соответственно, для выживания кукурузного мотылька в таких весьма жестких условиях более выгодной будет модель, при которой на поиск растения-хозяина для откладки яиц отправляется уже оплодотворенная самка, т.к. вероятность встретить полового партнера вблизи редко встречающегося кормового растения весьма мала. Исходя из вышеизложенного, логично также предположить, что самки из северных очагов вредоносности на кукурузе скорее всего должны обнаруживать склонность к моногамности в сравнении с гетерогамными особями из популяций, обитающих в традиционных южных очагах, однако вопрос этот требует специального анализа [Сафонкин, 2011].

Несмотря на то, что феномен пространственной разобщенности мест спаривания и мест откладки яиц известен не только для *O. nubilalis* [Cordillot, 1987a; Cordillot, Duelli, 1989], но и для близкого к нему восточного кукурузного мотылька *O. furnicalis* [Li Bixian et al., 1986], биологические модели, описывающие специфику полового и репродуктивного поведения самцов и самок кукурузного мотылька при выборе ими той или иной стратегии использования ресурсов растений-хозяев пока могут быть охарактеризованы лишь в крайне обобщенном, скорее даже гипотетическом плане, безусловно являясь предметом специального изучения в рамках дальнейших исследований.

Что касается практических вопросов усовершенствования защиты растений от кукурузного мотылька в новых северных очагах, то уже сейчас можно обозначить ряд важных моментов:

1. Для целей мониторинга лёта кукурузного мотылька (контроль начала и пика) феромонные ловушки, вероятно, следует устанавливать в местах выплода имаго (на прошлогодних участках кукурузы, которые были сильно повреждены) в точках, где предполагается максималь-

ная концентрация имаго, например, на участках пшеницы, примыкающих к лесным полосам.

2. Исходя из известной информации об организации спаривания у кукурузного мотылька, участки агрегации имаго по своим размерам должны быть на несколько порядков меньше посевов кукурузы, которые необходимо защитить от повреждения. В этой связи целесообразно проверить эффективность метода дезориентации самцов вредителя путем размещения микрокапсул с феромоном в местах агрегации. Альтернативным подходом могут стать инсектицидные обработки мест агрегации, однако такие участки бывает не так-то просто обработать, хотя высокая эффективность от применения инсектицидов по местам агрегации была продемонстрирована как в США [Showers et al., 1980], так и в России [Фролов и др., 1995]. Метод дезориентации самцов в местах агрегации был пока апробирован лишь в США [Fadamiro et al., 1999].

3. Пока еще нуждающаяся в фактическом обосновании специфика моделей организации размножения имаго «северных» и «южных» популяций кукурузного мотылька (включая стереотипы полового поведения и поведения, нацеленного на поиск кормового ресурса для обеспечения потомства пищей), должна являться результатом эволюционного приспособления популяций к специфическим условиям среды. С одной стороны, всё более широкое возделывание кукурузы в новых северных областях ее возделывания вполне может способствовать повышению вероятности распространения «южной» модели поведения у насекомых, при которой имаго обоих полов будут для агрегации занимать подходящие участки вблизи посевов кукурузы текущего года. С другой стороны, необходимость сохранения специфической фотопериодической реакции для обеспечения адаптированности «северных» популяций к местному климату может служить определенным препятствием для сближения стереотипов брачного поведения насекомых «северных» популяций с «южными». Соответственно, мониторинг за состоянием популяций вредителя в новых северных очагах представляет не только прикладную ценность, но и научную, поскольку способен раскрыть приоритеты антропогенной эволюции вредных насекомых.

Авторы выражают искреннюю благодарность Ю.Б. Пятновой (АО «Щелково Агрохим») и Н.Г. Тодорову (ФГБУ ВНИИКР) за предоставленные для испытаний феромонные композиции.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-54-00144.

Библиографический список

- Бондарева В.Ю. Возделывание кукурузы на зерно в насыщенных севооборотах и бессменных посевах. / В.Ю. Бондарева. М.: Агропромиздат, 1986. 49 с.
- Воронин В.И. Оценка продуктивности кукурузы в условиях выращивания её в севообороте и в виде монокультуры при длительном применении удобрений. / В.И. Воронин, А.Ф. Стулин, Д.Н. Блеканов, П.И. Подрезов, Н.А. Драчёв // Успехи совр. науки, 2017. N 7. С. 18–25.
- Грушевая И.В. Новые очаги массовых размножений кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в Беларуси и России: тревожный вызов устоявшимся знаниям о вредителе. / И.В. Грушевая, А.Н. Фролов, Т.А. Рябчинская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // В сб. «Современные проблемы энтомологии Восточной Европы». Мат. I Межд. научно-практич. конф. Минск: Экоперспектива, 2015а. С. 93–97.
- Грушевая И.В. Феромониторинг *Ostrinia nubilalis* Hbn.: проблема с аттрактивностью известных композиций / И.В. Грушевая, А.Н. Фролов, Т.А. Рябчинская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // Образование, наука и производство, 2015b. N 3 (12). С. 107–110.
- Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений / В.Г. Лошаков // Достижения науки и техники АПК, 2016. Т. 30, N 1. С. 9–13.
- Павлюшин В.А. Ареалы и зоны вредоносности основных сорных растений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур / В.А. Павлюшин, А.Н. Фролов, И.Я. Гричанов, М.М. Левитин, Н.Н. Лунева, М.И. Саулич (ред.). СПб: ВИЗР РАСХН, 2005, 84 с.
- Пилипенко Л.А. Фитосанитарный контроль западного кукурузного жука в странах ЕС и на Украине. / Л.А. Пилипенко, Н.А. Константинова // Защ. и кар. раст., 2009. N 7. С. 29–33.
- Сафонкин А.Ф. Моногамная репродуктивная стратегия у чешуекрылых. / А.Ф. Сафонкин // Изв. РАН, сер. биол., 2011. N 4. С. 427–435.
- Стахурлова Л.Д. Продуктивность кукурузы в условиях длительного применения различных агротехнических приемов на черноземах

- выщелоченных. / Л.Д. Стахурлова, А.Ф. Стулин, А.И. Громовик // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Химия. Биология. Фармация, 2015. N 2. С. 92–95.
- Трепашко Л.И. Стеблевой мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) — новый вредитель кукурузы в Беларуси / Л.И. Трепашко, С.В. Надточаева, А.В. Майсенко // Белорус. сел. хоз-во, 2010. N 11. С. 24–28.
- Трепашко Л.И. Целесообразность защиты кукурузы от стеблевого кукурузного мотылька в Беларуси. / Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // Защ. и кар. раст., 2015. N 7. С. 38–41.
- Фролов А.Н. Биотаксономический анализ вредных видов рода *Ostrinia* Hbn. / А.Н. Фролов // Этология насекомых (Тр.ВЭО, Т. 66). Л.: Наука, 1984. С.4–100.
- Фролов А.Н. Изменчивость кукурузного мотылька и устойчивость к нему кукурузы: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. доктора биол. наук. / А.Н. Фролов. СПб: ВИЗР, 1993. 41 с.
- Фролов А.Н. Географическая изменчивость популяционной структуры стеблевых мотыльков (*Ostrinia* spp.) на двудольных растениях-хозяевах и факторы, её определяющие / А.Н. Фролов // Зоол. журн., 1994. Т. 73, N 3. С. 47–59.
- Фролов А.Н. Кукурузный мотылек: факторы, влияющие на динамику численности / А.Н. Фролов // Защ. и кар. раст., 1997а. N 1. С. 35–36.
- Фролов А.Н. Кукурузный мотылек: система мероприятий и их эффективность / А.Н. Фролов // Защ. и кар. раст., 1997б. N 6. С. 32–33.
- Фролов А.Н. Кукурузный мотылек: прогноз развития, методы учета / А.Н. Фролов, О.Н. Букзеева // Защ. и кар. раст., 1997. N 4. С. 38–39.
- Фролов А.Н. Факторы, влияющие на концентрацию бабочек кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) перезимовавшего поколения в местах спаривания в Краснодарском крае. / А.Н. Фролов, Д.С. Тришкин // Зоол. журн., 1992. Т. 71, N 10. С. 144–148.
- Фролов А.Н. Новый подход в защите кукурузы от кукурузного мотылька / А.Н. Фролов, Д.С. Тришкин, М.А. Чумаков, К.Д. Дятлова, А.Г. Махоткин // В кн.: Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тез. докл. Всерос. съезда по защите растений, СПб, декабрь, 1995. СПб, 1995. С. 145–146.
- Фролов А.Н. Пространственное распределение имаго кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* в зоне развития двух поколений. / А.Н. Фролов, Д.С. Тришкин, К.Д. Дятлова, М.А. Чумаков // Зоол. журн. 1996. Т. 75, N 11. С. 1644–1652.
- Фролов А.Н. Диапауза у *Ostrinia nubilalis* Hbn. из северного очага размножения на кукурузе в условиях длинного дня. / А.Н. Фролов, М.Н. Берим, И.В. Грушевая, Ю.М. Малыш, Т.А. Рябчинская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // Вест. защ. раст., 2016. 4(90). С. 89–91.
- Фролов А.Н. Феромониторинг кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) в Краснодарском крае: динамика численности самцов и гусениц на посевах кукурузы. / А.Н. Фролов, И.В. Грушевая // Вест. защ. раст., 2017. 1(91). С. 55–58.
- Anglade P. Intraspecific sex-pheromone variability in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae). / P. Anglade, J. Stockel, Cooperators IWGO // Agronomie, 1984. V.4, N 2. P. 183–187.
- Bartels D.W. Pheromone trap monitoring of Z-strain European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae): optimum pheromone blend, comparison with blacklight traps, and trap number requirements. / D.W. Bartels, W.D. Hutchison, S. Udayagiri // J. Econ. Entomol., 1997. V. 90, N 2. P. 449–457.
- Berzsenyi Z. Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. / Z. Berzsenyi, B. Györfy, D. Lap // Eur. J. Agron., 2000. V. 13, N 2-3. P. 225–244.
- Bohn M. Damage and grain yield losses caused by European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in early maturing European maize hybrids. / M. Bohn, R.C. Kreps, D. Klein, A.E. Melchinger // J. Econ. Entomol., 1999. V. 92, N 3. P. 723–731.
- Brindley T.A. Recent research advances on the European corn borer in North America. / T.A. Brindley, A.N. Sparks, W.B. Showers, W.D. Guthrie // Annu. Rev. Entomol., 1975. V. 20, N 1. P. 221–239.
- Caffrey D.J. A progress report on the investigations of the European corn borer. / D.J. Caffrey, L.H. Worthley. USDA Bull. N 1476. Washington, D.C., 1927. 155 p.
- Chiang H.C. Dispersion of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Minnesota and South Dakota, 1945 to 1970. / H.C. Chiang // Environ. Entomol., 1972. V. 1, N 2. P. 157–161.
- Cordillot F. Population movements and oviposition flights of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.; Lep.: Pyralidae) in maize / F. Cordillot // Working Group “Use of pheromones and other semiochemicals in integrated control”. Neustadt, 8-12 Sept. IOBC WPRS Bull., 1987a. V. 10, N 3. P. 61–62.
- Cordillot F.P. “What’s up with *Ostrinia*?” — some thoughts about more problems than success in the control of the European corn borer. / F.P. Cordillot // IWGO Newsletter, 1987b. V. 8, N 2. P. 2–8.
- Cordillot F. Adaptive dispersal in the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Pyralidae) in northwestern Switzerland / F. Cordillot, P. Duelli // Proc. 1st Int. Symp. maize arthropods, Gödöllő, Aug., 1987. Acta phytopathol. et entomol. hung., 1989. V. 24, N 1-2. P. 65–71.
- DeRozari M.B. Environment and the sexual activity of the European corn borer. / M.B. DeRozari, W.B. Showers, R.H. Shaw // Environ. Entomol., 1977. V. 6, N 5. P. 657–665.
- Dorhout D.L. Evidence for obligate migratory flight behavior in young European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) females. / D.L. Dorhout, T.W. Sappington, M.E. Rice // Environ. Entomol., 2008. V. 37, N 5. P. 1280–1290.
- Drury C.F. Long-term (35 years) effects of fertilization, rotation and weather on corn yields. / C.F. Drury, C.S. Tan // Can. J. Plant Sci., 1995. V. 75, N 2. P. 355–362.
- Fadamiro H.Y. Reproductive performance and longevity of female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: effects of multiple mating, delay in mating, and adult feeding. / H.Y. Fadamiro, T.C. Baker // J. Insect Physiol., 1999. V. 45, N 4. P. 385–392.
- Fadamiro H.Y. Mating disruption of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* by using two types of sex pheromone dispensers deployed in grassy aggregation sites in Iowa cornfields. / H.Y. Fadamiro, A.A. Cossé, T.C. Baker // J. Asia-Pacific Entomol., 1999. V. 2, N 2. P. 121–132.
- Frolov A.N. Reconsidering the taxonomy of several *Ostrinia* species in the light of reproductive isolation: a tale for Ernst Mayr / Frolov A.N., D. Bourguet, S. Ponsard // Biol. J. Lin. Soc., 2007. V. 91, N 1. P. 49–72.
- Glover T. Sex-linked control of sex pheromone behavioral responses in European corn-borer moths (*Ostrinia nubilalis*) confirmed with TPI marker gene. / T. Glover, M. Campbell, P. Robbins, W. Roelofs // Arch. Insect Biochem. Physiol., 1990. V. 15, N 2. P. 67–77.
- Hansson B.S. Inheritance of olfactory response to sex pheromone components in *Ostrinia nubilalis*. / B.S. Hansson, C. Löfstedt, W.L. Roelofs // Naturwissenschaften, 1987. V. 74, N 10. P. 497–499.
- Jeger M.J. Improved understanding of dispersal in crop pest and disease management: current status and future directions. / M.J. Jeger // Agric. Forest Meteorol., 1999. V. 97, N 4. P. 331–349.
- Kárpáti Z. Pheromone-based monitoring of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in Hungary. / Z. Kárpáti, A. Fejes-Tóth, B. Csengele, C. Szöke, P. Bónis, L.C. Marton, B.P. Molnár // Maydica, 2016. V. 61, N 2. P. 1–7.
- Klun J.A. Genetic regulation of sex pheromone production and response. / J.A. Klun, M.D. Huettel // J. Chem. Ecol., 1988. V. 14, N 11. P. 2047–2061.
- Klun J.A. Iowa European corn borer sex pheromone isolation and identification of four C 14 esters. / J.A. Klun, G.A. Junk // J. Chem. Ecol., 1977. V. 3, N 4. P. 447–459.
- Klun J.A. Genetic basis of an insect chemical communication system: the European corn borer. / J.A. Klun, S. Maini // Environ. Entomol., 1979. V. 8, N 3. P. 423–426.
- Klun J.A. European corn borer moth: sex attractant and sex attraction inhibitors. / J.A. Klun, J.F. Robinson // Ann. Entomol. Soc. Amer., 1971. V. 64, N 5. P. 1083–1086.
- Kochansky J. Sex pheromone of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in New York. / J. Kochansky, R.T. Cardé, J. Liebherr, W.L. Roelofs // J. Chem. Ecol., 1975. V. 1, N 2. P. 225–231.
- Lassance J.-M. Journey in the *Ostrinia* world: from pest to model in chemical ecology. / J.-M. Lassance // J. Chem. Ecol., 2010. V. 36, N 10. P. 1155–1169.
- Lassance J.-M. The European corn borer *Ostrinia nubilalis*: exotic pest and model system to study pheromone evolution and speciation / J.-M. Lassance / In: Pheromone Communication in Moths: Evolution, Behavior, and Application. Allison J.D., Carde R.T. (eds.) Univ. Calif. Press, Oakland, CA, 2016. P. 233–244.
- Lassance J.-M. Functional consequences of sequence variation in the pheromone biosynthetic gene pgFAR for *Ostrinia* moths. / J.-M. Lassance, M.A. Liénard, B. Antony, S. Qian, T. Fujii, J. Tabata, Y. Ishikawa, C. Löfstedt // Proc. Natl. Acad. Sci., 2013. V. 110, N 10. P. 3967–3972

- Laurent P. Monitoring of European corn borer with pheromone-baited traps: review of trapping system basics and remaining problems. / P. Laurent, B. Frérot // J. Econ. Entomol., 2007. V. 100, N 6. P. 1797–1807.
- Lehmhus J. First records of the Z-race of European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) from Scandinavia. / J. Lehmhus, G. Cordsen-Nielsen, C. Söderlind, G. Szocs, J.-M. Lassance, J. Fodor, A. Künstler // J. Kulturpflanzen, 2012. V. 64, N 5. P. 163–167.
- Li Bixian. Studies on the behavior of overwintering generation adults of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenee). / Li Bixian, Gow Shulan, Liu Yong, Zheng Li // Proc. XIV Symp. Int. Work. Group *Ostrinia*, Sept. Beijing, China, 1986. P. 95–103.
- Löfstedt C. No linkage between genes controlling female pheromone production and male pheromone response in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). / C. Löfstedt, B.S. Hansson, W. Roelofs, B.O. Bengtsson // Genetics, 1989. V. 123, N 3. P. 553–556.
- Mason C.E. European corn borer ecology and management. / C.E. Mason, M.E. Rice, D.D. Calvin, J.W. Van Duyn, W.B. Showers, W.D. Hutchison, J.F. Witkowski, R.A. Higgins, D.W. Onstad, G.P. Dively. North Cent. Reg. Ext. Publ. N 327 Revised. Iowa State Univ., Ames, Iowa. 1996. 57 p.
- Mazzi D. Movement of insect pests in agricultural landscapes. / D. Mazzi, S. Dorn // Ann. Appl. Biol., 2012. V. 160, N 2. P. 97–113.
- Mihm J.A. Breeding for host plant resistance to maize stem-borers. / J.A. Mihm // Int. J. Trop. Insect Sci., 1985. V. 6, N 3. P. 369–377.
- Reardon B.J. Dispersal of newly eclosed European corn borer adults (Lepidoptera: Crambidae) from corn into small-grain aggregation plots. / B.J. Reardon, D.V. Sumerford, T.W. Sappington // J. Econ. Entomol., 2006. V. 99, N 5. P. 1641–1650.
- Reardon B.J. Effect of age and mating status on adult European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) dispersal from small-grain aggregation plots. / B.J. Reardon, T.W. Sappington // J. Econ. Entomol., 2007. V. 100, N 4. P. 1116–1123.
- Royer L. Male investment in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae): impact on female longevity and reproductive performance. / L. Royer, J.N. McNeil // Function. Ecology, 1993. V. 7, N 2. P. 209–215.
- Sappington T.W. First-flight adult European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) distribution in roadside vegetation relative to cropping patterns and corn phenology. / T.W. Sappington // Environ. Entomol., 2005. V. 34, N 6. P. 1541–1548.
- Sappington T.W. Adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) flight activity in and away from aggregation sites. / T.W. Sappington, W.B. Showers // Environ. Entomol., 1983a. V. 12, N 4. P. 1154–1158.
- Sappington T.W. Comparison of three sampling methods for monitoring adult European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) population trends. / T.W. Sappington, W.B. Showers // J. Econ. Entomol., 1983b. V. 76, N 6. P. 1291–1297.
- Showers W.B. Mating studies of female European corn borers: relationship between deposition of egg masses on corn and captures in light traps. / W.B. Showers, G.L. Reed, H. Oloumi-Sadeghi // J. Econ. Entomol., 1974. V. 67, N 5. P. 616–619.
- Showers W.B. Flight and sexual activity of the European corn borer. / W.B. Showers, G.L. Reed, J.F. Robinson, M.B. DeRozari // Environ. Entomol., 1976. V. 5, N 6. P. 1099–1104.
- Showers W.B. Management of 2nd-generation European corn borer by controlling moths outside the cornfield. / W.B. Showers, E.C. Berry, L. Von Kaster // J. Econ. Entomol., 1980. V. 73, N 1. P. 88–91.
- Showers W.B. Aggregation and dispersal behavior of marked and released European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) adults. / W.B. Showers, R.L. Hellmich, M.E. Derrick-Robinson, W.H. Hendrix // Environ. Entomol., 2001. V. 30, N 4. P. 700–710.

Translation of Russian References

- Bondareva V.Yu. Maize cultivation for grain production under full crop rotations and mono-cropping. Moscow: Agropromizdat, 1986. 49 p. (In Russian).
- Frolov A.N. Biotaxonomic analysis of harmful species of the genus *Ostrinia* Hbn. In: Insect Ethology (Proc. All-Union Entomol. Soc., V. 66, V.I. Tobias (edit.). Leningrad, USSR: Nauka Publ. House, 1984. P. 4–100. (In Russian).
- Frolov A.N. 1993. Population variability of the European corn borer and maize resistance to the pest: Autoref. diss. na soiskanie uchenoi stepeni doktora biol. nauk. Saint Petersburg: VIZR, 1993. 41 c. (In Russian).
- Frolov A.N. The geographic variation of population structure in *Ostrinia* spp. living on dicotyledonous host plants and factors determining the variation. Zool. Zhurnal, 1994. V. 73, N 3. P. 47–59. (In Russian).
- Frolov A.N. The European corn borer: factors, influencing on its population dynamics. Zashchita i Karantin Rastenii, 1997a. N 1. P. 35–36. (In Russian).
- Frolov A.N. The European corn borer: forecasting of development and procedures of pest accounting. Zashchita i Karantin Rastenii, 1997b. N 6. P. 32–33. (In Russian).
- Frolov A.N., Berim M.N., Grushevaya I.V., Malysh Yu.M., Ryabchinskaya T.A., Trepashko L.I., Bykovskaya A.V. Diapause in *Ostrinia nubilalis* Hbn. from northern spot of pest outbreak on maize under long day development. Plant Protection News, 2016. N 4(90). P. 89–91. (In Russian).
- Frolov A.N., Bukzeeva O.N. The European corn borer: system of control measures and their efficiency. Zashchita i Karantin Rastenii, 1997. N 4. P. 38–39. (In Russian).
- Frolov A.N., Grushevaya I.V. Pheromonitoring of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) at the Krasnodar Area: dynamics of male number and larval density on maize fields. Plant Protection News, 2017. N 1(91). P. 55–58. (In Russian).
- Frolov A.N., Trishkin D.S. Factors influencing over concentration for overwintered generation of the European corn borer moths, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) in sexing places at the Krasnodar area. Zool. Zhurnal, 1992. V. 71, N 10. P. 144–148. (In Russian).
- Frolov A.N., Trishkin D.S., Chumakov M.A., Dyatlova K.D., Makhotkin A.G. New approach in maize plant protection of the European corn borer. In: Zashchita rastenii v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost'. Tez. dokl. Vseros. s'ezda po zashite rastenii, Saint Petersburg, Dec, 1995. SPb, 1995. P. 145–146. (In Russian).
- Frolov A.N., Trishkin D.S., Dyatlova K.D., Chumakov M.A. Spatial distribution of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* adults at the two-generation area. Zool. Zhurnal, 1996. V. 75, N 11. P. 1644–1652. (In Russian).
- Grushevaya I.V., Frolov A.N., Ryabchinskaya T.A., Trepashko L.I., Bykovskaya A.V. The new sources of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* outbreaks in Belarus and Russia: a disturbing call to the established knowledge on insect pest. In: "Modern Problems of Entomology of Eastern Europe". Mater. 1-st Intern. Sci. and Practical Conf. Minsk: Ekoperspektiva, 2015. P. 93–97. (In Russian).
- Grushevaya I.V., Ryabchinskaya T.A., Trepashko L.I., Bykovskaya A.V. Pheromonitoring of *Ostrinia nubilalis* Hbn.: a problem with the lack of attractiveness of well-known compositions. Obrazovanie, nauka i proizvodstvo, 2015b. N 3 (12). P. 107–110. (In Russian).
- Loshakov V.G. Efficiency of separate and joint usage of crop rotation and fertilising. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2016. V. 30, N 1. P. 9–13. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Frolov A.N., Grichanov I.Ya., Levitin M.M., Luneva N.N., Saulich M.I. (eds.). Areas and zones of harmfulness of main agricultural weeds, pests and diseases. St. Petersburg: VIZR RAAS, 2005. 84 p. (In Russian).
- Pilipenko L.A., Konstantinova N.A. Phytosanitary inspection of western corn rootworm in EU countries and Ukraine. Zashchita i Karantin Rastenii, 2009. N 7. P. 29–33. (In Russian).
- Safonkin A.F. The monogamous reproductive strategy in Lepidoptera. Izvestiya RAN, 2011. N 4. P. 427–435. (In Russian).
- Stakhurlova L.D., Stulin A.F., Gromovik A.I. Maize performance under long-term application of different farming practices of leached black soil. Vestnik Voronezh. Gos. Univer. Ser.: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya, 2015. N 2. P. 92–95. (In Russian).
- Trepashko L.I., Bykovskaya A.V. Feasibility of the European corn borer pest control for maize in Belarus. Zashchita i Karantin Rastenii, 2015. N 7. P. 38–41. (In Russian).
- Trepashko L.I., Nadochayeva S.V., Mayseenko A.V. The European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as new pest of maize in Belarus. Belarus. sel. khoz-vo. 2010. N 11. P. 24–28. (In Russian).
- Voronin V.I., Stulin A.F., Blekanov D.N., Podrezov P.I., Drachyov N.A. Assessment of maize productivity under growing as crop rotation or monoculture through prolonged application of fertilizers. Uspekhi sovrem. nauki, 2017. N 7. P. 18–25. (In Russian).

ON THE REASONS OF EUROPEAN CORN BORER SYNTHETIC PHEROMONE LOW ACTIVITY IN NEW NORTHERN CENTERS OF THE INSECT HARMFULNESS ON MAIZE

A.N. Frolov¹, T.A. Ryabchinskaya²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²All-Russian Institute of Plant Protection of the Ministry of Agriculture, Voronezh Region, Ramon, VNIIS, Russia

Pheromone trap trials in the North of Voronezh Region have testified that their attractiveness to males of local populations belonging to Z-race of the European corn borer strongly depends on a distance to the place of adult eclosion, i.e. the field where maize grew last year. A hypothesis comes into question that sexual and reproductive behaviour of adults in new north and traditional south regions of the European corn borer damage to maize realize in accordance with alternative models, optimizing the usage of feed resources depending on their abundance for insects. As well, ideas have been put forward with respect to improving the monitoring and optimizing pest control measures in the northern focal points of the European corn borer harmfulness.

Keywords: *Ostrinia nubilalis*, pheromonitoring, modeling, adult behavior.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Фролов Андрей Николаевич. Главный научный сотрудник,
доктор биологических наук, профессор, e-mail: vizrspb@email.ru
Всероссийский НИИ защиты растений, 306030, Воронежская обл.,
Рамонский район, п. ВНИИСС, д. 92, Российская Федерация
Рябчинская Татьяна Алексеевна. Ведущий научный сотрудник,
д.с.-х.н., профессор

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Frolov Andrei Nikolaevich. Principal Researcher, Prof., DSc in Biology,
e-mail: vizrspb@email.ru
All-Russian Institute of Plant Protection, 306030, Ramon District, Voronezh
Region, VNIISS, 92, Russian Federation
Ryabchinskaya Tatyana Alekseevna. Leading Researcher,
Prof., DSc in Biology

* Corresponding author