

На правах рукописи

**Грушевая
Инна Валентиновна**

**ФАКТОРЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ
КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ В
СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА
РАЗМНОЖЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЯ**

Шифр и наименование специальности:
03.02.05 – энтомология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург
2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР)

Научный руководитель: **Фролов Андрей Николаевич**,
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Радченко Евгений Евгеньевич**,
доктор биологических наук,
главный научный сотрудник, руководитель
отдела генетики ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр Всероссийский
институт генетических ресурсов растений им.
Н.И.Вавилова»,

Свиридов Андрей Валентинович,
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник сектора
энтомологии Зоологического музея МГУ им.
М.В.Ломоносова

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Зоологический институт
РАН (ЗИН РАН), Санкт-Петербург

Защита состоится «__» _____ 2018 г. в __ часов на заседании
диссертационного совета Д 006.015.01 на базе Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский
институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР) по адресу: 196608, Санкт-Петербург
– Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3, тел./факс (812) 470-51-10, e-mail:
info@vizr.spb.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ВИЗР и на сайте
института vizr.spb.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук

Наседкина Галина Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Кукурузный мотылёк, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Crambidae) — один из наиболее опасных вредителей кукурузы в мире. Лидирующее производство зерна кукурузы в Краснодарском крае (Сабановский, 2016) и нарастание поврежденности растений вредителем (Говоров, Живых, 2017, 2018) свидетельствуют о важном экономическом значении усилий, направляемых на сдерживание размножения насекомого. Знание закономерностей динамики численности вредных видов служит теоретическим фундаментом фитосанитарного мониторинга и прогнозов (Фролов, 2017).

Степень разработанности темы исследования. Хотя кукурузному мотыльку посвящены десятки тысяч публикаций в Северной Америке, Европе и Азии (Brindley et al., 1975; Mason et al., 1996; Фролов, 1997; Lassance, 2010), многие стороны его экологии все еще остаются слабо изученными (Lassance, 2016). Так, до сих пор предлагаемые методики мониторинга (Дружелюбова и др., 1969) при их трудоемкости далеко не всегда обеспечивают надёжность, точность и достоверность прогноза. Разработку новых моделей сдерживает отсутствие работ, комплексно оценивающих эффекты абиотических, биотических и антропогенных факторов на динамику численности кукурузного мотылька в современных условиях сельскохозяйственного производства.

Цель и задачи работы. Цель работы: выявить закономерности динамики численности кукурузного мотылька в связи с особенностями эколого-генетической структуры популяций вредителя в Краснодарском крае в современных условиях сельскохозяйственного производства.

В соответствии с поставленной целью решали следующие задачи:

1. Провести мониторинг динамики численности кукурузного мотылька, составить и проанализировать таблицы выживаемости вредителя на кукурузе;
2. Оценить вклад абиотических, биотических и антропогенных факторов в многолетнюю динамику численности кукурузного мотылька, уделив особое внимание периоду выхода вредителя из состояния депрессии;
3. Охарактеризовать экологическую роль кукурузы, как центрального элемента триотрофа, в динамике численности кукурузного мотылька;
4. Разработать усовершенствованные методы мониторинга кукурузного мотылька на базе использования синтетических половых феромонов.

Научная новизна. Впервые выявлены новые закономерности динамики численности *O. nubilalis*, обусловленные смертностью вредителя от энтомофагов и патогенных микроорганизмов, в т.ч. в рамках системы триотрофа. Впервые детально проанализирована и обоснована природа периодичности многолетней динамики численности кукурузного мотылька в условиях современного сельскохозяйственного производства Краснодарского края. Обнаруженные в ходе проведения работ новые данные, указывающие на тесную связь плотности отложенных самками яиц и питающихся на растениях гусениц дочернего поколения с численностью отловленных в феромонные ловушки самцов родительского поколения, позволяют реализовать более эффективную систему феромониторинга и защиты кукурузы от вредителя.

Теоретическая и практическая значимость работы. Закономерности динамики численности насекомых — важнейшая проблема энтомологической науки (Викторов, 1975; Максимов, 1984; Bergman, 1988; Royama, 1992; Liebhold et al., 2004; Schowalter, 2016). Анализу природы вспышек массового размножения посвящено множество работ (Фролов, 2017), однако проблема вряд ли имеет простое решение. Хотя агроэкосистемы занимают колоссальные территории и площади эти неуклонно растут, они все еще недостаточно активно изучаются фундаментальной наукой. Несмотря на то, что в агроценозах изначально ослаблены механизмы саморегуляции, что было показано еще в 50-х годов прошлого века (Григорьева, 1960; Бей-Биенко, 1961), здесь постепенно формируются саморегулирующиеся структуры, основанные на динамическом равновесии элементов, относящихся к разным трофическим уровням (Ганский, 2006). Более того, в агроценозах осуществляются бурные процессы формирования новых пищевых связей (Чернышев, 2012) и это обстоятельство повышает актуальность экологических работ, проводимых в рамках сельскохозяйственных угодий. Знание механизмов динамики численности — важнейшее условие создания научно-обоснованных программ интегрированных систем защиты растений (Поляков, Семенов, 1979). Соответственно, полученные результаты найдут применение для совершенствования защиты кукурузы от кукурузного мотылька, включая организацию эффективного мониторинга и разработку более совершенных моделей прогноза динамики численности этого опасного вредителя.

Методология и методы исследования. Методология базировалась на системном использовании полевых наблюдений, учётов и экспериментов, осуществлявшихся в течение полного цикла развития двух генераций насекомого в году как на фиксированных, так и случайных учётных площадках, выделенных в пределах постоянной модельной территории. Учёты численности, оценка поврежденности растений и полевые эксперименты с искусственным заселением и заражением растений выполнялись в соответствии со стандартными подходами, позволяющими получить статистически достоверные результаты. По материалам полевых учётов составляли полные таблицы выживаемости, при их анализе использовали метеорологическую информацию, поступавшую с метеостанции, расположенной в центре модельной территории. Для диагностики патогенных микроорганизмов (грибов, микроспоридий, бактерий) использовали молекулярно-биологические методы, включавшие выделение ДНК, амплификацию со специфичными прямыми и обратными праймерами, очистку проб и секвенирование, которые проводились согласно стандартным алгоритмам.

Положения, выносимые на защиту:

1. При проведении многолетних полевых наблюдений и экспериментов на производственных посевах кукурузы обоснована существенная роль зависимых от плотности факторов (паразитов, хищников и энтомопатогенов) в динамике численности кукурузного мотылька в Краснодарском крае.

2. Многолетний мониторинг размножения кукурузного мотылька позволил выявить и статистически обосновать закономерные периодические колебания численности вредителя, которые детерминируются эффектами антропогенных, биотических и абиотических экологических факторов.

3. Ловушки с синтетическими половыми феромонами позволяют не только осуществлять мониторинг численности насекомого, но и сигнализировать о достижении вредителем плотности на посевах кукурузы, превышающей ЭПВ.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность научных положений, практических выводов и рекомендаций диссертационной работы обеспечивается широким охватом изученной литературы по проблеме; включением в анализ многолетних данных динамики численности объекта; разнообразием использованных статистических подходов.

Результаты работы доложены на 9 российских и международных конференциях и совещаниях: III Всероссийском съезде по защите растений (Санкт-Петербург, 2013), «Генетические ресурсы растений — основа продовольственной безопасности и повышения качества жизни» (Санкт-Петербург, 2014); «Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем» (Краснодар, 2014 г.), «Современные проблемы энтомологии Восточной Европы» (Минск, 2015), Российско-белорусском семинаре по вопросам защиты кукурузы от вредителей (Санкт-Петербург, 2015), III Международном микологическом форуме вредителей (Санкт-Петербург, 2015), III Международной конференции «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире» (Санкт-Петербург, 2017), XV Съезде Русского энтомологического общества (Новосибирск, 2017 г.); Международном молодежном научном форуме «Ломоносов-2017» (Москва, 2017).

Структура и объём работы. Рукопись общим объемом 259 страниц состоит из введения, 6 глав, заключения, практических рекомендаций, списка литературы, приложения. Основная часть изложена на 244 страницах и содержит 42 таблицы и 83 рисунка. Список литературы включает 536 публикаций, из которых 200 изложены на русском языке и 336 — на иностранных языках. Приложения содержат 3 таблицы.

Публикации. Основные материалы диссертации изложены в 25 печатных работах, в т.ч. 7 статьях, опубликованных в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ и международные базы данных.

Личный вклад автора. Автор диссертационного исследования принимал активное участие на всех этапах выполнения работы: организации и проведении полевых исследований; проведении лабораторных экспериментов (в т.ч. подборе методик выделения ДНК и специфичных праймеров); обработки и анализа полученных данных; поиска и изучения литературных источников; представлении результатов на конференциях; написании и публикации статей; подготовке рукописи диссертации.

Благодарности. От всей души хочу поблагодарить научного руководителя, профессора, доктора биологических наук Фролова Андрея Николаевича за помощь в проведении и написании диссертационной работы. Благодарю сотрудников ВИЗР Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарева, А.Г. Конончук, Г.Р. Леднева М.Н. Берим, А.Н. Игнатьеву за поддержку и помощь в проведении работ, коллективы лабораторий сельскохозяйственной энтомологии, микробиологической защиты, фитосанитарной диагностики и прогнозов за внимательное дружеское отношение, за помощь в работе и советы. Я благодарна Л.И. Трепашко, А.В. Быковской (РУП «Институт защиты растений», Республика Беларусь), Т.А. Рябчинской (ФГБНУ ВНИИЗР, Воронежская

область), Я.Л. Воронцовой, О.Н. Ярославцевой (ФГБУН ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск), М.А. Юдиной, Р.А. Быкову, Ю.Ю. Ильинскому (ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск) за работу, результаты которой отражены в совместных публикациях. Выражаю благодарность коллективам Кубанской опытной станции ВИР под руководством Ю.А.Елацкова и НПО КОС-МАИС под руководством В.Г. Гаркушки за всестороннюю помощь в период проведения летних полевых работ.

Исследования проводились при частичной финансовой поддержке Российским фондом фундаментальных исследований (гранты №№ 12-04-00552_а, 15-04-01226_а и 16-54-00144-Бел_а) и Российским научным фондом (грант № 16-14-00005).

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Представлен анализ современных воззрений на видовой состав рода *Ostrinia*, систематическое положение кукурузного мотылька и его основные биоэкологические особенности. Рассмотрены особенности кукурузы как важнейшего пищевого ресурса кукурузного мотылька. Дан обзор современных взглядов на природу динамики численности вредителя, в том числе в связи с вопросами защиты растений. Завершается глава анализом существующих представлений о роли абиотических, биотических и антропогенных факторов в динамике численности кукурузного мотылька.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в окр. пос. Ботаника Гулькевичского р-на Краснодарского края на модельной территории, включающей научный севооборот Кубанской опытной станции ВИР (КОС ВИР) и примыкающие к нему поля НПО «КОС-МАИС». Периодические учёты численности и смертности яиц, гусениц, куколок и имаго кукурузного мотылька осуществляли на товарных и семеноводческих посевах кукурузы по стандартным методикам (Фролов, Малыш, 2004). Плотности гусениц, куколок и имаго (по экзувиям) на растениях учитывали на рендомизированных площадках размером 1.4 м². Степень поврежденности листьев гусеницами первого поколения оценивали по шкале 1-9 (Williams, Davis, 1984). Плотности перезимовавших и ушедших на зимовку гусениц учитывали в растительных остатках на рендомизированных площадках площадью 0.7 м². Собранных в природе гусениц и куколок содержали в лаборатории для выведения из них паразитов, видовую принадлежность которых уточняли по рабочим коллекциям. Плотности яиц оценивали на фиксированных площадках по 10 растений каждая; суммой оценок, полученных при периодических (через 3-5 дней) учётах, характеризовали абсолютную плотность яиц. Для наблюдения за динамикой лёта имаго кукурузного мотылька использовали ловушки производства АО Щелково Агрохим с тремя вариантами феромонов состава 97% Z- и 3% E-изомеров 11-тетрадецил ацетата (97:3 Z/E 11-14:OAc), 1% Z- и 99 % E-изомеров (1:99 Z/E 11-14:OAc) и 35% Z- и 65 % E-изомеров (35:65 Z/E 11-14:OAc), которые

использовали в соответствии с общепринятой методикой (Шапиро и др., 1979). Ежедневная метеорологическая информация поступала от Отрадо-Кубанской метеостанции, расположенной в центре научного севооборота КОС ВИР.

По результатам учётов составляли таблицы выживаемости (Varley, Gradwell, 1970) с пересчетом оценок плотностей на 1000 м² посева, что позволяло избежать получения отрицательных значений при логарифмировании. Для достижения аддитивности эффектов смертности использовали значения $K = \log N_t - \log N_{t+1}$, индекс изменения плотности вычисляли по формуле $I = \frac{N_{t+1}}{N_t}$, где N_t и

N_{t+1} – плотности яиц текущего (t) и следующего (t+1) поколений (Morris, 1957). Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программных продуктов MS Excel, Past, Statgraphics и Statistica.

Искусственное заселение кукурузы кукурузным мотыльком (~60 яиц с готовыми к отрождению гусеницами/растение) и заражение грибом *Beauveria bassiana* (инъекция конидий шприцом в междоузлие или опрыскивание листьев из расчета 1×10^7 конидий/растение) проводили на двух (2015 г.) или трех (2014 г.) гибридах кукурузы в фазу 6-7 сформированных листьев.

Разведение кукурузного мотылька в лаборатории осуществляли при температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$ и фотопериоде 16:8 час на искусственной питательной среде С. Пуату и Р. Бю (Фролов, Вилкова, 1978). Имаго и гусениц содержали в 0.5-0.7 л сосудах, бабочек при плотности 1 ♀ и 1-3 ♂, гусениц — 20-30 особей / сосуд.

Выделение энтомопатогенных грибов рода *Beauveria* и получение моноспоровых изолятов выполняли по стандартной методике (Леднев и др., 2003). Для оценки биоразнообразия энтомопатогенных грибов *B. bassiana* и *B. pseudobassiana* использовали ISSR праймеры, предложенные Estrada et al. (2007).

Для оценки зараженности микроспоридиями использовали микроскоп Carl Zeiss Imager M1 с эпифлуоресценцией и окрашиванием DAPI.

Пробоподготовку и выделение ДНК осуществляли стандартными методами (Sambrook et al., 1989). Амплификацию фрагментов выполняли в амплификаторах Терцик (ДНК-Технология). Очищенные продукты использовали для прямого секвенирования с помощью автоматического секвенатора AbiPrism. Нуклеотидные последовательности редактировали в приложении Bioedit (Hall, 1999), а затем сравнивали с имеющимися в Генбанке с помощью встроенного BLAST-приложения на сервере NCBI.

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА

Виды рода *Ostrinia* и их диагностика. На модельной территории обитает два вида стеблевых мотыльков — кукурузный *Ostrinia nubilalis* и его двойник *O. scapularis*, диагностика которых возможна лишь по морфологическим признакам самцов (Фролов, 1984, 1993) и микросателлитным маркерам (Frolov et al., 2012; Конончук, 2013). В настоящее время для идентификации видовой принадлежности

часто применяется баркодинг, направленный на определение нуклеотидной последовательности митохондриального гена COI (Ratnasingham, Hebert, 2007). Нами выявлено 18 молекулярных гаплотипов COI, в т.ч. 2 доминирующих, общих для

обоих видов гаплотипа А и В, тогда как минорные 16 гаплотипов, встречавшиеся с частотой 0.84-1.68%, оказались специфичными для *O. scapularis* и *O. nubilalis* (рис. 1). Таким образом, хотя установить точную видовую принадлежность единичной особи стеблевого мотылька по локусу COI не представляется возможным, наличие от 15 до 20 % видоспецифичных гаплотипов в выборках насеко-

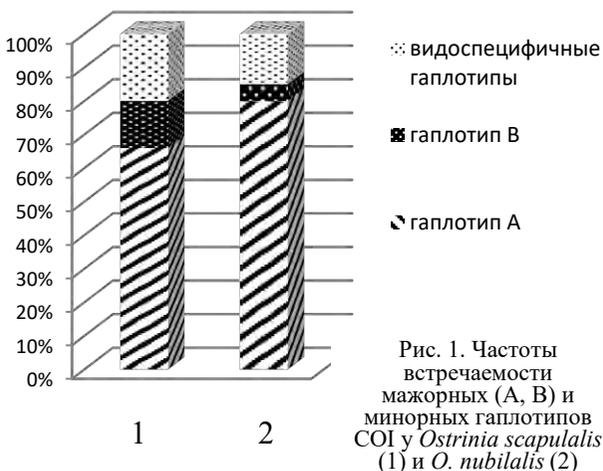


Рис. 1. Частоты встречаемости мажорных (А, В) и минорных гаплотипов COI у *Ostrinia scapularis* (1) и *O. nubilalis* (2)

мых указывает на возможность их дифференцирования по структуре минорных гаплотипов.

Зависимость динамики численности кукурузного мотылька от вариации погодных факторов. Анализ многолетних данных подтвердил связь смертности насекомого с метеорологическими факторами (рис. 2). Наиболее тесная связь выявилась между смертностью за поколение (К) и индексом размножения (I) с температурой за вторую декаду мая ($r = 0.531$ и $r = -0.480$ соответственно для К и I), а также суммой осадков во вторую декаду июня и индексом размножения ($r = 0.686$). Эти связи, очевидно, характеризуют негативный эффект повышенных весенних температур на гусениц, которые перезимовывают и окукливаются внутри растительных остатков, а с другой — позитивный эффект влаги, необходимой для окукливания перезимовавших гусениц, успешной реализации бабочками яйцевой продукции и нормального развития яиц.

Сортовые особенности кукурузы в динамике численности кукурузного мотылька. В период проведения наблюдений (2013-2017 гг.) численность кукурузного мотылька варьировала в широких пределах не только из года в год и от поколения к поколению, но и в зависимости от уровня устойчивости растений к вредителю. Полученные результаты подтверждают, что степень поврежденности листьев высоко достоверно связана с различиями генотипов по плотности гусениц ($r = -0.78$, $p = 0.00005$). В годы массовых размножений поврежденность растений вредителем оказывает определяющее воздействие на вариацию урожайности зерна гибридов кукурузы.

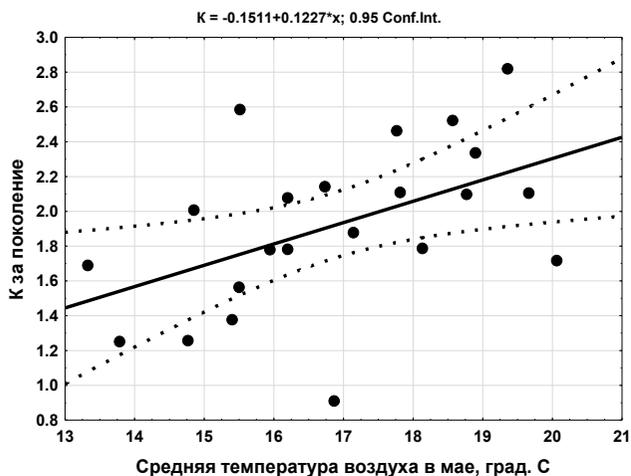
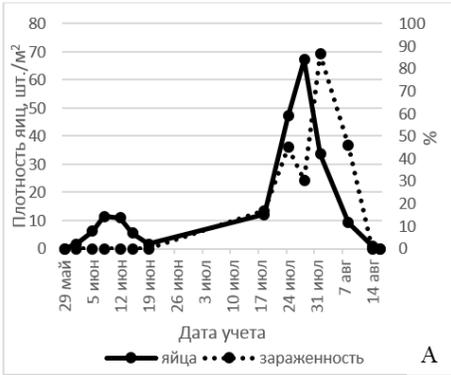


Рис. 2. Связь между среднемесячной температурой воздуха в мае, и общей смертностью кукурузного мотылька, К, за период развития первых генераций насекомого в сезоне

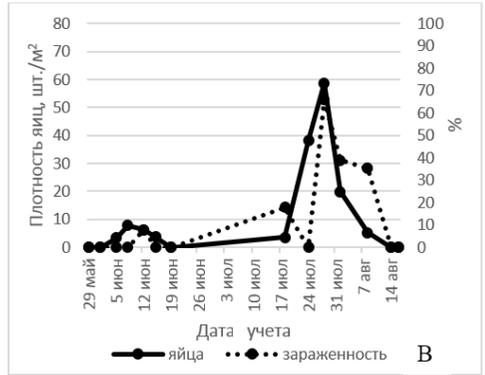
Энтомофаги (паразиты и хищники) кукурузного мотылька в посевах кукурузы. За период проведения исследований на посевах кукурузы обнаруживали широкий круг энтомофагов кукурузного мотылька, среди которых наиболее часто встречались такие паразиты, как *Habrobracon hebetor* Say, *Trichogramma evanescens* Westw., *Lydella thompsoni* Hert., *Eriborus terebrans* Grav., а среди хищников из насекомых — жук-блестянка *Glischrochilus grandis* Tournier, божья коровка *Coccinella septempunctata* L., муравьи, а из птиц — черноголовая трясогузка *Motacilla feldegg* Michahelles. Смертность вредителя от энтомофагов колебалась в очень широких пределах. Так, зараженность яиц трихограммой в 2017 г. в зависимости от гибрида кукурузы достигала 80% и более (рис. 3).

Разнообразие энтомопатогенных микроорганизмов. Проведенные в 2014-2015 гг. опыты с искусственным заселением кукурузным мотыльком *O. nubilalis* и заражением кукурузы грибом *Beauveria bassiana* показали, что сортовой фактор является определяющим в уровне смертности фитофага от энтомопатогенного гриба. Полученные данные подтвердили факт широкого распространения микроспоридий в популяциях стеблевых мотыльков в Евразии, однако зараженность ими обычно не превышала 1%. В Северной Америке микроспоридии оказывают гораздо более сильное воздействие на численность кукурузного мотылька (Andreadis 1984, 1987; Phoofolo et al., 2001), что можно объяснить как различиями в экологических условиях, так и спецификой видовой принадлежности паразитирующих в кукурузном мотыльке микроспоридий в первичном (Евразия) и вторичном (Северная Америка) ареалах.

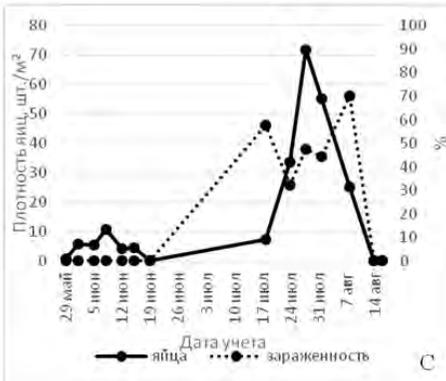
Анализ экстрактов геномной ДНК из гусениц стеблевых мотыльков, собранных в Краснодарском крае и Белгородской обл., выявил впервые для России присутствие бактерий рода *Wolbachia* у представителей рода *Ostrinia*. Эти бактерии, способные вызывать различные нарушения развития (Werren, 1997; Salunkhe et al., 2014; Захаров, 2014), обнаруживались в выборках насекомых с частотой от 13.5 до 40.8%.



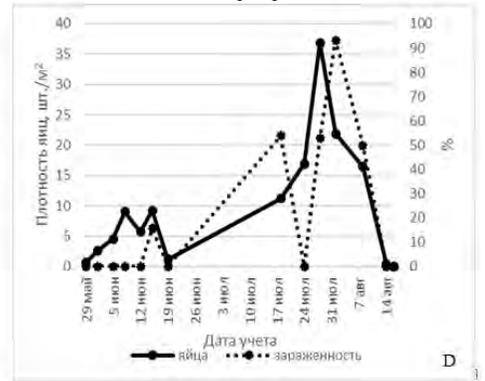
KWS 6471



KWS Керберос



KWS Командос



Материнская форма гибрида
Краснодарский 377

Рис. 3. Динамика откладки яиц кукурузного мотылька и их зараженности природной популяцией трихограммы на товарных (А-С) и семеноводческом (D) посевах кукурузы (КОС ВИР, 2017 г.)

Глава 4. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА В ПЕРИОД ВЫХОДА НАСЕКОМОГО ИЗ ФАЗЫ ДЕПРЕССИИ

Погодные условия 2013-2017 гг. характеризовались как негативным (температуры воздуха во второй декаде мая существенно превышали среднеголетние значения), так и позитивным (сумма осадков за первую декаду июня превышала среднеголетние значения) эффектами в отношении динамики численности насекомого (табл. 1).

Таблица 1. Значения метеорологических факторов вегетационных сезонов 2013-2017 гг. на модельной территории в периоды, критические для развития кукурузного мотылька

Год	Температура воздуха, С°				Осадки, мм			
	вторая декада мая	средне-много-летнее	среднее за май	средне-много-летнее	вторая декада июня	средне-много-летнее	среднее за июнь	средне-много-летнее
2013	18.2		19.7		6		54	
2014	20.2		18.8		38		63	
2015	16.5	17.0	17.0	16.7	28	29	82	76
2016	17.2		16.5		4		101	
2017	14.8		16.0		12		46	

Динамика численности кукурузного мотылька в 2013-2017 гг.

характеризовалась неуклонным ростом. При этом до второй половины 2015 г. рост носил монотонный характер, а затем стал ступенчатым, когда численность яиц в первом поколении оказывалась существенно ниже таковой во втором поколении в сезоне (рис. 4), что закономерно приводило к цикличности динамики численности насекомого (рис. 5).

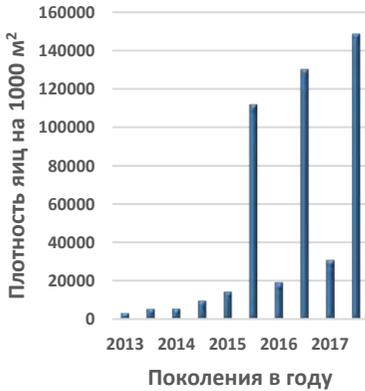


Рис. 4. Рост численности яиц кукурузного мотылька в ряду поколений за 2013-2017 гг.

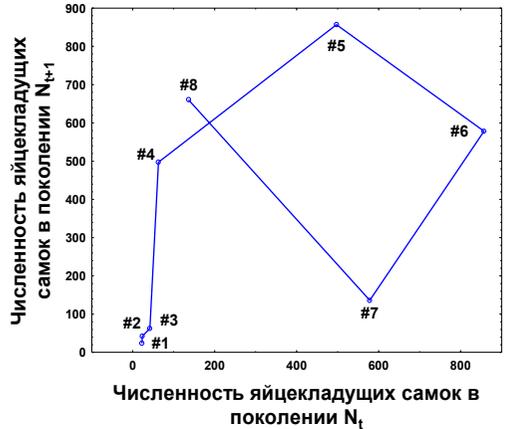


Рис. 5. Циклическое изменение численности яйцекладущих самок кукурузного мотылька от поколения N_t до N_{t+1} в период 2013-2017 г.

Факторы, способствующие росту численности вредителя в 2013-2017 гг.: анализ таблиц выживаемости. В таблице 2 приведены средние, максимальные и минимальные значения оценок основных демографических показателей кукурузного мотылька в 2013-2017 гг.

Таблица 2. Средние, максимальные и минимальные значения демографических показателей кукурузного мотылька на модельной территории в периоды развития первых и вторых поколений в сезоне за 2013-2017 гг.

Стадия развития (i)	Плотность живых на 1000 м ² (x _i)			Снижение численности, %			K = lg (x _i) - lg (x _{i-1})		
	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.
<u>Первые поколения</u>									
Яйца	14378.7	2872.6	30589.5	21.46	11.74	32.41	0.11	0.05	0.17
Гусеницы 1-2 возрастов	11820.7	1941.6	26998.3	44.84	8.68	83.73	0.33	0.04	0.79
Гусеницы 3-5 возрастов	5271.5	744.2	12068.1	71.02	54.09	83.73	0.54	0.34	0.71
Куколки	1671.1	147.5	3675.1	47.34	22.99	76.04	0.20	0.05	0.47
Имаго	942.3	98.2	1340.0	58.29	10.10	96.87	0.57	0.16	1.51
Яйцекладущие самки	360.1	22.6	660.6						
В целом за поколение				96.79	90.73	99.21	1.69	1.45	2.10
Индекс изменения плотности I							4.63	1.77	7.92
<u>Вторые поколения</u>									
Яйца	81019.2	5090.1	148637.4	42.27	20.08	54.51	0.25	0.10	0.34
Гусеницы 1-2 возрастов	44773.3	2315.3	88066.0	35.41	16.32	47.22	0.20	0.08	0.28
Гусеницы 3-5 возрастов	27744.5	1937.5	55046.0	36.99	16.67	48.92	0.19	0.08	0.28
Гусеницы перед уборкой	17907.0	1017.9	35213.4	53.93	36.03	79.07	0.28	0.19	0.34
Гусеницы после уборки	6514.1	498.4	13825.5	47.34	35.99	57.26	0.43	0.19	0.94
Гусеницы после зимовки	3387.8	213.0	6690.5	59.57	36.49	72.01	0.42	0.20	0.55
Всего за период жизни гусениц 5 возраста							1.20	1.05	1.37
Куколки	1109.9	135.3	2374.2	36.75	13.33	65.24	0.22	0.06	0.46
Имаго	545.8	96.1	952.4	82.50	75.65	91.10	0.78	0.61	1.05
Яйцекладущие самки	76.7	23.4	136.0						
В целом за поколение				99.58	99.33	99.77	2.66	2.18	3.12
Индекс изменения плотности I							0.73	0.17	1.49

Полученные данные свидетельствуют, что численность насекомого нарастала лишь во время развития первых поколений в сезоне ($I_{ср.} = 4.63$, $I_{мин.} = 1.77$ и $I_{макс.} = 7.92$), но не вторых ($I_{ср.} = 0.73$, $I_{мин.} = 0.17$ и $I_{макс.} = 1.49$). Снижение численности насекомого во вторых поколениях можно связать с более высокой смертностью — средние, минимальные и максимальные значения K соответственно равнялись 2.66, 2.18 и 3.12, что вызывалось повышенной гибелью гусениц при уборке урожая (в среднем, минимально и максимально она оценивалась 54%, 36% и 79% соответственно) и зимовке (оценки смертности в среднем, минимально и максимально составили 60%, 36% и 72%), хотя уровень гибели гусениц вторых поколений во время их питания был существенно ниже такового у особей первых поколений, что очевидно обусловлено более высоким качеством пищи в фазах цветения, налива и созревания зерна у кукурузы.

Сравнение демографических показателей насекомых за 2013-2017 гг. с таковыми за (1) предыдущие 19 лет наблюдений, когда численность объекта обнаруживала как рост, так и снижение, и (2) периоды 1995-1998 и 2004-2008 гг., когда численность насекомого также претерпевала подъемы после депрессий, показало, что (а) рост численности популяции после депрессии происходил только в периоды развития первых генераций, но не вторых, и (б) хотя диапазоны колебаний смертности насекомых по стадиям развития широко перекрывались, во все периоды подъема численности (1995-1998, 2004-2008 и 2013-2017 гг.) проявлялась одна общая закономерность сниженной смертности яиц в первом поколении, что связано с низким уровнем гибели от трихограммы. Периоды подъема численности кукурузного мотылька после депрессий явно не связаны со стимулирующим влиянием метеорологических факторов. Более того, обнаружилась достоверная зависимость смертности насекомых за весь период развития генерации от плотности яиц, что свидетельствует о важной роли регулирующих факторов в динамике численности насекомого в период выхода его из депрессии.

Глава 5. ПЕРИОДИЧНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА

Анализ вариации многолетних рядов численности и доказательство феномена периодичности. В многолетней динамике численности популяции кукурузного мотылька в окр. Кубанской опытной станции ВИР, начиная с 1994 года, выделяется три периода депрессий насекомого: 1994 — середина 1996 гг., 2003 — середина 2004 гг. и 2011 — 2014 гг. В остальное время численность вредителя хотя и варьировала в широких пределах, но поддерживалась на существенно более высоком уровне. При логарифмическом представлении данных четко видны три периода роста численности (1994-2002, 2003-2012 и 2013-2017 гг.), разделенных спадами, т.е. когда несколько лет происходил более или менее монотонный рост численности насекомого, потом в течение 1-1.5 лет численность резко снижалась до минимума, а затем цикл повторялся вновь (рис. 6).

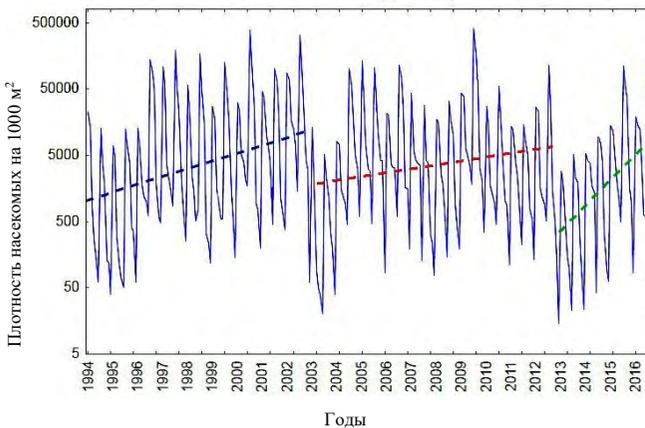


Рис. 6. Динамика плотности локальной популяции кукурузного мотылька в модельном севообороте КОС ВИР, представленная в логарифмическом масштабе. Пунктиром обозначены тренды изменений плотности в 1994-2002, 2003-2012 и 2013-2017 гг.

Для дальнейшего анализа цикличности логарифмированные оценки средних значений плотностей гусениц преобразовали в отклонения от среднемноголетних значений соответствующего ряда (первых и вторых генераций в сезоне). Такое преобразование позволяло объединить оба ряда в один, после его выравнивали методом скользящей средней ($p=2$). Последующий анализ проводили с использованием автокорреляционных функций, спектрального анализа и вейвлетов.

Применение автокорреляционного и спектрального анализов оказалось малоэффективно из-за нестационарности колебаний популяционной динамики.

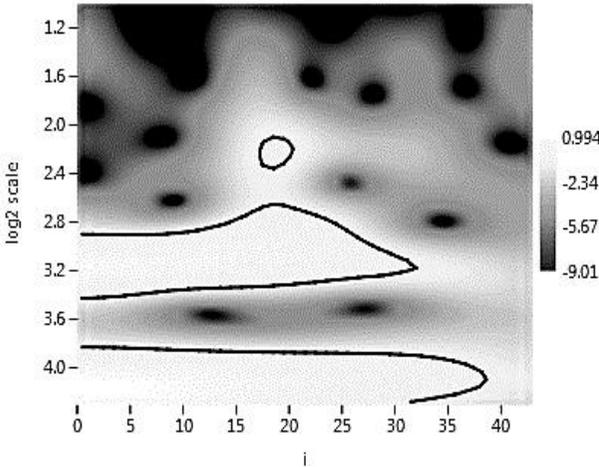


Рис. 7. Диаграмма вейвлетов по Морле, характеризующая мощность спектра колебаний численности модельной популяции кукурузного мотылька

Высокую эффективность обнаружил метод вейвлетов, позволяющий анализировать нестационарные периодичности (Дремин и др., 2001). Визуализацию пространства вейвлетов осуществляли в программе Past для частот колебаний отклонений численностей мотылька по двум осям, где по оси x откладывали время (поколения), а по оси y — логарифмические значения по основанию 2 (рис. 7). Интенсивность затемнения характеризует мощность сигнала: светлее — высокую, темнее — низкую.

Области достоверных ($p<0.05$) значений обведены сплошным контуром. Очевидно, что для модельной популяции кукурузного мотылька обнаружены три статистически достоверных вейвлета, которые описываются средними частотами колебаний около 4.8, 9.2 и 17 поколений, причем последние два цикла нестационарны.

Частота колебаний порядка 4.8 генераций возникает, очевидно, как результат ступенчатого характера динамики численности, когда правилом является более высокая численность яиц вторых поколений и значительно меньшая взрослых особей после уборки урожая и зимовки в сравнении с таковыми первых генераций.

Экологические факторы, вызывающие нестационарные периодические колебания в многолетней динамике численности кукурузного мотылька. Анализ зависимости показателя смертности насекомых K от логарифма плотности насекомых, проведенный на всем ряду многолетних данных (1994-2017

гг.) показал, что эффекты регуляции в рамках текущего поколения действуют лишь во время развития вторых, но не первых генераций в сезоне (рис. 8).

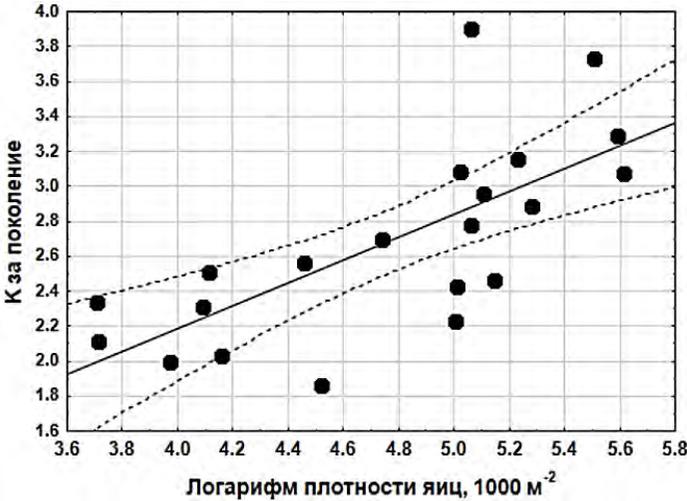


Рис. 8. Зависимость смертности кукурузного мотылька за поколение, К, от логарифма плотности яиц, совокупность данных 1994-2017 гг. по вторым генерациям насекомого в сезоне

Имеется немало публикаций, связывающих многолетнюю динамику численности животных с циклическими изменениями погодно-климатических факторов (Формозов, 1935; Наумов, 1948; Cary, Keith, 1979; Максимов, 1984 и др.). Согласно А.В. Шнитникову (1969), длительность отдельных внутривековых циклов колеблется от 20-30 до 45-47 лет и на их фоне формируются циклы продолжительностью в 7-11 лет. Расчеты свидетельствуют о тесной зависимости динамики численности кукурузного мотылька от состояния метеорологических факторов в критические для развития насекомого периоды. За весь период многолетних наблюдений среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков на модельной территории, связь вариации которых с динамикой численности кукурузного мотылька была ранее установлена, обнаружили изменения, имевшие разнонаправленные тренды за расчетные периоды — 1994-2004 и 2005-2015 гг. (рис. 9). В полном соответствии с трендами погодно-климатических факторов, менялась и многолетняя динамика численности кукурузного мотылька (рис. 10-11).

Таким образом, циклы колебаний численности локальной популяции кукурузного мотылька с периодом колебаний порядка 9-11 генераций вероятнее всего следует интерпретировать как обусловленные действием эффектов биотических регулирующих факторов, тогда как нестационарная периодичность с длиной колебаний порядка 17 генераций вероятнее всего связана с циклическими изменениями погодно-климатических факторов.

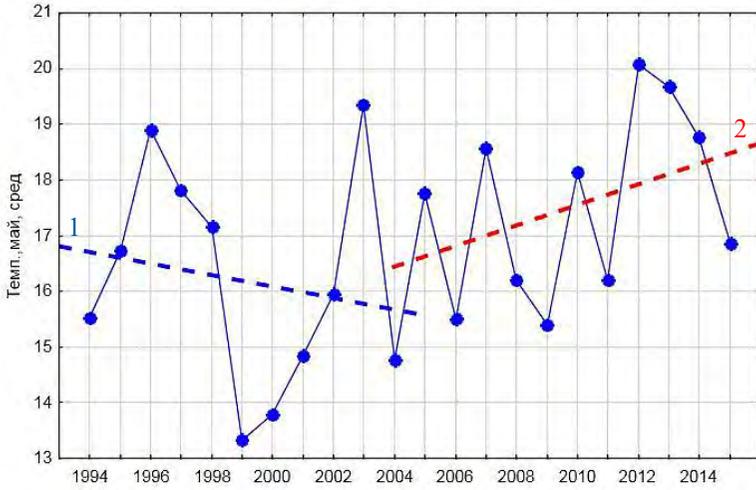


Рис. 9. Среднемесячные температуры воздуха на модельной территории в мае и тренды их изменений в 1994-2004 (1) и 2005-2015 (2) гг.

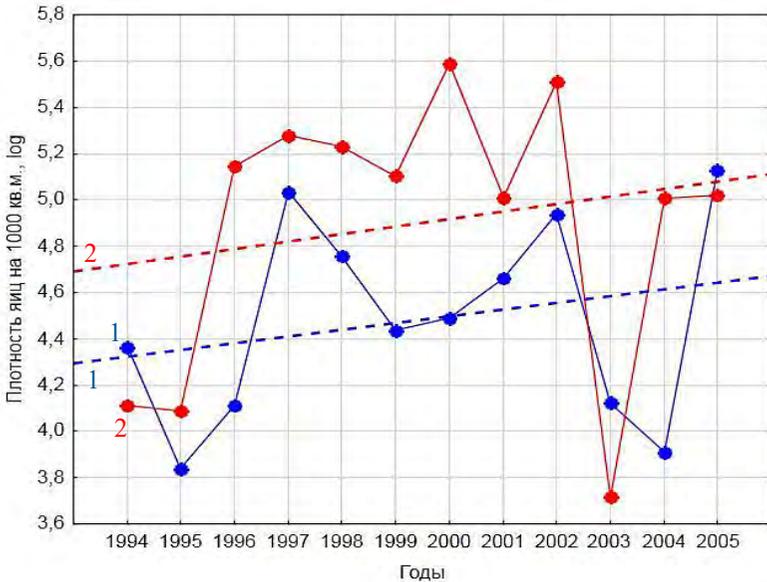


Рис. 10. Динамика средних и тренды изменений (пунктир) плотностей отложенных на посевы кукурузы яиц кукурузного мотылька ($\log x$) в пределах модельной территории за периоды развития первых (1) и вторых (2) генераций в сезоне в 1994-2005 гг.

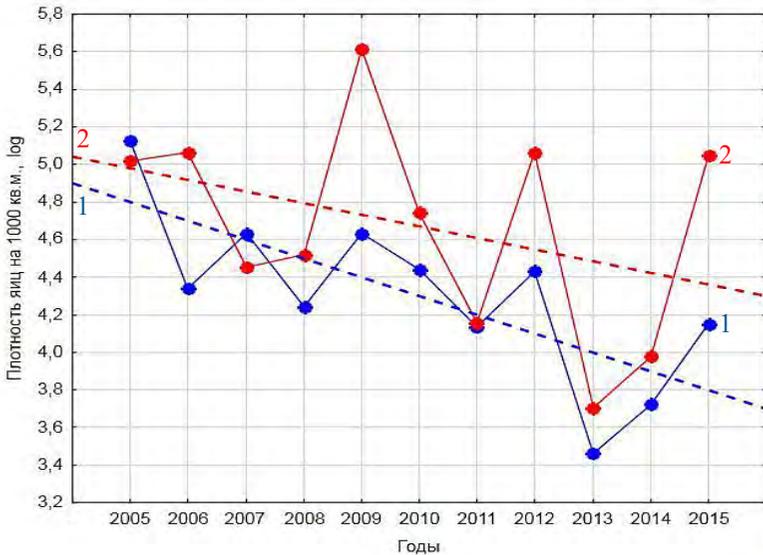


Рис. 11. Динамика средних и тренды изменений (пунктир) плотностей отложенных на посеvy кукурузы яиц кукурузного мотылька ($\log x$) в пределах модельной территории за периоды развития первых (1) и вторых (2) генераций в сезоне в 2005-2015 гг.

Динамика устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку в многолетнем аспекте. На протяжении многих лет в НПО «КОС-МАИС» (пос. Ботаника Краснодарского края) осуществляются сортооценки гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции (по 250-600 образцов ежегодно) экологических испытаний на повреждаемость кукурузным мотыльком первого поколения. Многолетние данные свидетельствуют о том, что уровень устойчивости к вредителю у коммерческих гибридов непрерывно растет: с 2000 г. по настоящее время средний уровень поврежденности листьев гусеницами в среднем снизился на 46%, что позволяет оценить ежегодный прирост устойчивости в 2.3% (рис. 12).

Таким образом, представленные результаты позволяют связать периодичность динамики численности фитофага со спецификой его бивольтинного жизненного цикла и эффектами, связанными с возделыванием растений, с воздействием действующих с запаздыванием негативно зависящих от плотности факторов, и с многолетними колебаниями метеорологических факторов, а именно температуры и осадков, действующих в период достижения численностью насекомого минимума, т.е. при завершении развития особей второго (т.е. перезимовавшего) поколения. Неуклонно растущий уровень устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку очевидно оказывает на колебания численности насекомого стабилизирующее воздействие, благодаря чему амплитуда вспышек массового размножения обнаруживает тенденцию к снижению.

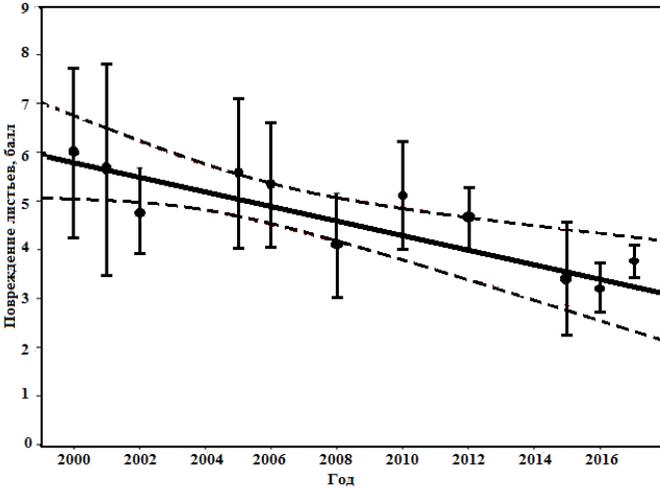


Рис. 12. Поврежденность кукурузным мотыльком, $\bar{x} \pm \text{Var}(x)$, гибридов кукурузы в экологических испытаниях, проведенных в 2000-2017 гг. в НПО «КОС-МАИС»

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОВЫЕ ФЕРОМОНЫ В МОНИТОРИНГЕ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА

Несмотря на огромный объем исследований, направленных на разработку технологий применения феромонных ловушек (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; Maini, Burgio, 1999; Keszthelyi, Lengyel, 2003; Reardon et al., 2006; Pelozuelo, Frerot, 2006; Войняк, Ковалев, 2010), немало вопросов остается без ответа. Учитывая растущий интерес к использованию феромониторинга в интегрированных системах защиты растений от вредителей (Пятнова, 2011), в 2014-2017 гг. проводили испытания феромонных ловушек кукурузного мотылька производства АО Щелково Агрохим (рис. 13).

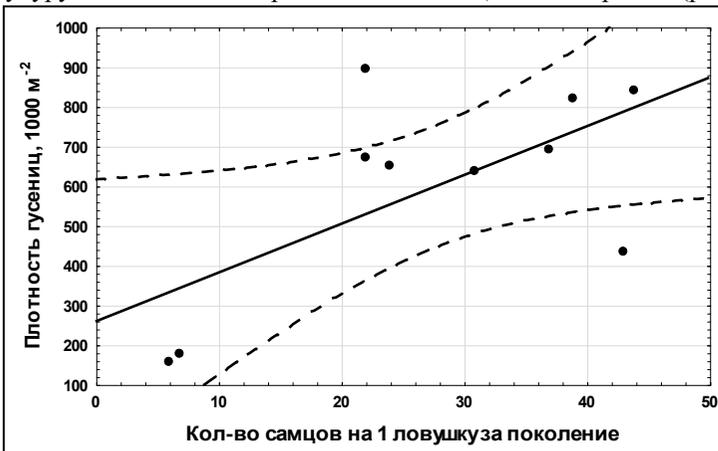


Рис. 13. Связь между числом отловленных в феромонные ловушки самцов кукурузного мотылька первого поколения и плотностью гусениц второго поколения

Феромониторинг осуществляли на производственных (товарных и семеноводческих) посевах кукурузы с различными длиной вегетационного периода (ультраскороспелые, раннеспелые, среднеспелые) и хозяйственным назначением (зерновая, пищевая, кормовая, силосная). В целом между числом самцов, пойманных в ловушки, выставленные на посевах кукурузы, и плотностью гусениц старших возрастов соответственно первого ($r = 0.35$) и второго ($r = 0.65$) поколений кукурузного мотылька на этих же посевах кукурузы обнаружена хотя и умеренная, но статистически достоверная связь (рис. 13). С практической точки зрения удобнее использовать пороговые значения плотностей популяции кукурузного мотылька, скорректированные в соответствии с фактической густотой посева (табл. 3).

Таблица 3. Пороговые значения плотностей кукурузного мотылька в феромонных ловушках, при достижении которых ожидается ЭПВ плотности гусениц на зерновой кукурузе

Густота посева, тыс/га	Самцы перезимовавшего поколения, особь/ловушка	Дочернее первое поколение		Самцы первого поколения, особь/ловушка	Дочернее второе поколение	
		яйца, шт./раст.	гусеницы, шт./раст.		яйца, шт./раст.	гусеницы, шт./раст.
40	2.48	14.25	0.56	3.29	29.18	1.38
60	3.72	21.38	0.84	4.94	43.77	2.07
80	4.96	28.50	1.12	6.58	58.36	2.76

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам собственных работ (2013-2017 гг.) и материалам, собранным сотрудниками ВИЗР в 1994-2012 гг., выполнен анализ влияния на численность кукурузного мотылька комплекса абиотических, биотических и антропогенных факторов, позволивший количественно охарактеризовать их эффекты в сезонном и многолетнем аспектах.

2. Установлено, что в условиях Краснодарского края паразиты, хищники и возбудители заболеваний играют существенную роль в динамике численности кукурузного мотылька; благодаря их действию гибель яиц вредителя в отдельные годы может превышать 90% уровень, а смертность гусениц достигать 70-90%.

3. В многолетней динамике численности вредителя выявлены три статистически достоверных периодичности со средними частотами колебаний около 4,8, 9,2 и 17 поколений, первая из которых имеет стационарный характер, а две другие нестационарны, т.е. имеют варьирующую во времени длину периода колебаний.

4. Благодаря анализу таблиц выживаемости интерпретированы экологические факторы, индуцирующие периодичности колебаний численности модельной популяции кукурузного мотылька, а именно (а) высокая смертность насекомых при уборке урожая (до 79%) и перезимовке (до 72%), определяющие ступенчатый характер динамики численности насекомого; (б) зависящая от плотности, действующая с запаздыванием смертность от паразитов, в первую очередь трихограммы, способной уничтожить до 54% и более яиц в расчете за весь

период откладки яиц, а в пике яйцекладки — до 90%; и (в) многолетние циклы колебаний погодно-климатических факторов — температуры и осадков в период достижения численностью насекомого минимальных значений в сезоне, т.е. при завершении жизненного цикла у особей перезимовавшего поколения.

5. Многолетние данные, характеризующие вариацию распределений оценок поврежденности кукурузным мотыльком образцов кукурузы в экологических испытаниях, свидетельствуют о достоверном тренде роста устойчивости к вредителю, который оценен 2.3% в год, что имеет важное значение для стабилизации динамики численности вредителя.

6. Модельными экспериментами установлено, что уровень смертности кукурузного мотылька от эндофитного гриба *Beauveria bassiana* существенно варьирует в зависимости от сортовых особенностей кукурузы, как центрального элемента системы триотрофа.

7. Впервые на территории России в популяциях кукурузного мотылька и близких ему видов рода *Ostrinia* обнаружено присутствие бактерий рода *Wolbachia*, зараженность которой колебалась от 2.9 до 65.8 %.

8. В популяциях кукурузного мотылька на территории России широко распространены микроспоридии, зараженность которыми в целом характеризуется низкими значениями (как правило в пределах от 0 до 5.6%). Низкая зараженность микроспоридиями российских популяций вредителя в отличие от североамериканских может быть обусловлена как различной таксономической принадлежностью паразитов, так и спецификой экологических условий среды обитания.

9. С использованием ДНК-баркодинга доказан высокий уровень генетической близости кукурузного мотылька *O. nubilalis* и симпатричного ему вида-двойника *O. scapularis*, имеющих в локусе COI два мажорных гаплотипа, представленных с одинаковой частотой у обоих видов. Межвидовые различия по данному локусу представлены минорными гаплотипами, суммарная частота встречаемости которых составляет 15-20%.

10. Наличие достоверной связи между числом пойманных в феромонные ловушки самцов кукурузного мотылька и плотностью гусениц дочернего поколения на посевах кукурузы свидетельствует о возможности использования синтетических половых феромонов вредителя не только для целей мониторинга многолетней динамики его численности в Краснодарском крае, но и как средства сигнализации проведения защитных мероприятий на посевах кукурузы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При составлении кратко- и среднесрочных, а также многолетних прогнозов размножения кукурузного мотылька для Краснодарского края рекомендуется учитывать выявленные закономерности, связанные с периодичностью динамики численности вредителя и экологическими факторами, ее индуцирующими.

2. При организации и планировании защитных мероприятий на кукурузе против кукурузного мотылька следует учитывать значительное разнообразие биотических факторов динамики численности вредителя (паразитов, хищников и

энтомопатогенов) и существенный эффект, который они способны оказывать на численность насекомого.

3. При проведении защитных мероприятий на посевах зерновой кукурузы против кукурузного мотылька рекомендуется использовать в качестве ориентира ЭПВ установленные нами оценки числа отловленных клеевыми феромонными ловушками самцов вредителя.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ и международных базы данных

Грушевая И.В. Генетический полиморфизм природных изолятов *Nosema pyrausta* (Microsporidia: Nosematidae) / **И.В. Грушевая**, А.Н. Игнатьева, Ю.М. Малыш, Л.И. Тrepашко, Ю.С. Токарев, А.Н. Фролов // Экологическая генетика. – 2017. – Т. 15, № 1. – С. 38-43.

Токарев Ю.С. Встречаемость эндосимбиотической бактерии рода *Wolbachia* в природных популяциях *Ostrinia nubilalis* и *Ostrinia scapularis* (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae) на юго-западе России / Ю.С. Токарев, М.А. Юдина, Ю.М. Малыш, Р.А. Быков, А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая**, Ю.Ю. Илинский // Экологическая генетика. – 2017. – Т. 15, № 1. – С. 44-49.

Грушевая И.В. Полиморфизм нуклеотидной последовательности митохондриального гена COI популяций видов-двойников рода *Ostrinia* (Lepidoptera: Pyraloidea) / **Грушевая И.В.**, Малыш Ю.М., Конончук А.Г., Фролов А.Н. // Вестник защиты растений. – 2016. – № 3(89). – С. 53-54.

Малыш Ю.М. Встречаемость микроспоридий в симпатрических популяциях стеблевых мотыльков рода *Ostrinia* / Ю.М. Малыш, **И.В. Грушевая**, Ю.С. Токарев, А.Г. Конончук, А.Н. Фролов // Вестник защиты растений. – 2016. – № 3(89). – С. 101-102.

Игнатьева А.Н. Оценка восприимчивости *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyraloidea) к заражению энтомопатогенными микроспоридиями пяти видов / А.Н. Игнатьева, Я.Л. Воронцова, О.Н. Ярославцева, **И.В. Грушевая**, Ю.С. Токарев // Вестник защиты растений. – 2016. – № 3(89). – С. 76-77.

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** // Вестник защиты растений. – 2017. – № 1 (91). – С. 55-58.

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. Тrepашко, А.В. Быковская // Вестник защиты растений. – 2016. – № 4 (90). – С. 89-91.

Публикации в иных изданиях

Frolov A.N. The cyclicity of long-term dynamics of insect pests: European corn borer as an example / A.N. Frolov, G.E. Sergeev, Ju.M. Malysh, A.G. Kononchuk, **I.V. Grushevaya** // В сборнике: “Mathematical Modeling In Plant Protection” dedicated to the memory of Professor R.A. Poluektov. All-Russia Institute of Plant Protection,

Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg State University; Editors: V.A. Pavljushin, N.N. Semenova. – 2014. – С. 17-21.

Malysh J. Experimental infection of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyraloidea) with microsporidia / J. Malysh, A. Ignatieva, **I. Grushevaya**, Y. Tokarev, A. Frolov // В книге: International Congress on Invertebrate Pathology and Microbial Control. 49th Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology. Vinci Centre International de Congrès. – 2016. – P. 115-116.

Гаркушка В.Г. Генетическое разнообразие кукурузы и устойчивость к кукурузному мотыльку / В.Г. Гаркушка, А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая** // В книге: “Генетические ресурсы растений — основа продовольственной безопасности и повышения качества жизни”. Тезисы докладов международной научной конференции, посвященной 120-летию основания института. – 2014. – С. 52.

Гаркушка В.Г. Генетическое разнообразие кукурузы и устойчивость к кукурузному мотыльку / В.Г. Гаркушка, А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая** // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2014. – Т. 175, № 4. – С. 75-81.

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 сборнике: “Современные проблемы энтомологии Восточной Европы”. Материалы I Международной научно-практической конференции. – 2015. – 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. – 2015. – № 3 (12). – С. 107-110.

Грушевая И.В. Феромониторинг кукурузного мотылька в Краснодарском крае / **И.В. Грушевая** // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2017». Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2017.

Мальш Ю.М. Генетический полиморфизм микроспоридий рода *Nosema* / Ю.М. Мальш, И.В. Грушевая, А.Н. Игнатьева, А.Н. Фролов, Ю.С. Токарев, И.В. Исси // В сборнике: “Современные проблемы теоретической и морской паразитологии”. Сборник научных статей. Паразитологическое общество при РАН, Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, Зоологический институт РАН. Севастополь, 2016. – С. 151-152.

Мальш Ю.М. Микроспоридии в популяциях стеблевых мотыльков рода *Ostrinia* / Ю.М. Мальш, Ю.С. Токарев, А.Г. Конончук, **И.В. Грушевая**, А.Н. Фролов // В сборнике: “Современная микология в России”. Материалы III Международного микологического форума. – 2015. – С. 323-324.

Токарев Ю.С. Микроспоридии в лабораторных культурах чешуекрылых насекомых / Ю.С. Токарев, **И.В. Грушевая**, Я.Л. Воронцова, Е.В. Гризанова, Ю.М. Мальш // В сборнике: XV Съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда. – 2017. – С. 477-478.

Токарев Ю.С. Мультилокусное генотипирование как современный подход в диагностике микроспоридий – облигатных внутриклеточных паразитов животных

/ Ю.С. Токарев, А.А. Васильева, **И.В. Грушевая**, Ю.М. Малыш // Проблемы современной науки и образования. – 2015. – № 12 (42). – С. 51-55.

Фролов А.Н. “Новая дрозофила” или виды рода *Ostrinia* (Hübner, 1825) с трехлопастным укусом (Lepidoptera: Crambidae) как модель антропогенной эволюции / А.Н. Фролов, Ю.С. Токарев, М.И. Жуковская, **И.В. Грушевая**, А.Г. Конончук, П.Ю. Конончук, Ю.М. Малыш, О.Г. Селицкая, А.В. Щеникова, М.Н. Берим, Т.А. Рябчинская, В.Н. Орлов, О.М. Зеленская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // В сборнике: XV Съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда. – 2017. – С. 505-506.

Фролов А.Н. Динамика численности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. на Кубани и роль биотических факторов / А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая**, В.Г. Гаркушка // В сборнике: “Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем”. Материалы докладов, представленных на 8-ю Международную конференцию. – 2014. – С. 391-394.

Фролов А.Н. Закономерности многолетней динамики численности вредных насекомых в агроценозах / А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая**, Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарев, А.Н. Афонин // В сборнике: XV Съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда. – 2017. – С. 503-505.

Фролов А.Н. Испытания полового феромона *Ostrinia nubilalis* Hbn. в новых очагах массового размножения вредителя: первые результаты / А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая**, Т.А. Рябчинская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская // В сборнике: “Российско-белорусский семинар по вопросам защиты кукурузы от вредителей”. Сборник трудов. – 2015. – С. 16-22.

Фролов А.Н. Многолетняя динамика численности вредного насекомого: кукурузный мотылек *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) как пример / Фролов А.Н., **Грушевая И.В.** // Образование, наука и производство. – 2015. – № 3 (12). – С. 103-106.

Фролов А.Н. Устойчивость кукурузы к кукурузному мотыльку: попытка выявить многолетнюю тенденцию / А.Н. Фролов, **И.В. Грушевая**, В.Г. Гаркушка // В книге: “Идеи Н. И. Вавилова в современном мире”. Тезисы докладов IV Вавиловской международной научной конференции. Федеральное агентство научных организаций; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР); Вавиловское общество генетиков и селекционеров Санкт-Петербурга; Научный совет «Биология и медицина»; Санкт-Петербургский научный центр РАН. – 2017. – С. 99-100.

Фролов А.Н. Цикличность многолетней динамики численности вредных насекомых: кукурузный мотылек как пример / А.Н. Фролов, Г.Е. Сергеев, Ю.М. Малыш, А.Г. Конончук, **И.В. Грушевая** // В сборнике: “Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем” Материалы III Всероссийского съезда по защите растений (в трех томах). – 2013. – С. 89-93.

Подписано к печати _____ г.

Формат 60x84/16. Объем 3,5 п.л. Тираж 100 экз. Заказ _____.
Отпечатано в типографии ООО «СПб СРП "Павел" ВОГ» 196620,
Санкт-Петербург - Павловск, ул. Березовая, 16 Тел. 452-37-58 ~
www.srppavel.ru