

На правах рукописи

МАЛЫШ Юлия Михайловна

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ЛУГОВОГО МОТЫЛЬКА
В ПЕРИОД ЕГО НИЗКОЙ ЧИСЛЕННОСТИ НА
ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Специальность – 03. 00. 09 – Энтомология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург — Пушкин
2006

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИЗР РАСХН).

Научный руководитель: доктор биологических наук
Фролов Андрей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Буров Владимир Николаевич
доктор биологических наук, профессор
Захваткин Юрий Алексеевич

Ведущее учреждение: Санкт-Петербургский Государственный
Аграрный Университет

Защита диссертации состоится “ ___ ” _____ 2006 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений по адресу: 196608, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3.
факс: (812)4705110; e-mail: vizrspb@mail333.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений РАСХН

Автореферат разослан _____ 2005 г.

Учёный секретарь
Диссертационного совета
кандидат биологических наук

Г.А. Наседкина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Луговой мотыльк *Pyrausta sticticalis* (L.) – широкий полифаг, повреждающий около 200 видов растений из 40 семейств. Для этого вида характерны периодические вспышки массового размножения, чередующиеся с длительными периодами депрессий. Чтобы понять природу цикличности колебаний численности вредителя необходимо располагать сведениями об особенностях развития популяций как во время пиков, так и в периоды низкой численности. Лугового мотылька в основном изучали во время массовых размножений 30-х и 70-х гг. прошлого века, тогда как работ, посвященных анализу состояния насекомого в промежутках между вспышками, практически нет. Очевидно, что сведения об особенностях динамики популяций в период депрессии весьма важны для понимания причин периодичности размножений лугового мотылька и их прогнозирования.

Цель работы – изучить особенности биологии лугового мотылька в период его низкой численности, оценить роль факторов, влияющих на его численность в этот период, и выявить те из них, которые оказывают наиболее сильное воздействие на вредителя.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие задачи:

1. проанализировать особенности пространственного распределения и динамики численности вредителя;
2. оценить биологические показатели лугового мотылька в период депрессии;
3. оценить влияние абиотических (погодные условия) и биотических (патогенные микроорганизмы и энтомофаги) факторов на динамику численности вредителя;
4. разработать элементы модели прогноза численности лугового мотылька для усовершенствования прогнозирования подъёма численности лугового мотылька.

Научная новизна. В данной работе впервые изучены особенности биологии и динамики численности лугового мотылька в период депрессии. Прослежена динамика численности и охарактеризованы изменения биологических параметров насекомых во время продолжающегося спада численности, достижения ею минимума и начала подъёма. Установлено, что имаго лугового мотылька в период депрессии отличались высокой смертностью и низкой плодовитостью, а гусеницы – низкой отрождаемостью из яиц и высоким уровнем смертности при лабораторном воспитании. Впервые показано, что микроспоридии выступают как важный фактор динамики численности лугового мотылька. При максимальной заражённости микроспоридиями численность вредителя минимальна; её рост происходит вслед за снижением зараженности. Для патогенных микроорганизмов лугового мотылька – вирусов и микроспоридий – показана

трансвариальная передача, что свидетельствует об их способности долгое время сохраняться в популяции хозяина.

Практическая ценность. Результаты исследований и предложенные на их основе практические рекомендации могут найти применение при прогнозировании начала вспышек массового размножения лугового мотылька. Новые сведения об особенностях биологии лугового мотылька в период низкой его численности и начала её подъёма, а также обнаруженные закономерности взаимоотношений с патогенными микроорганизмами могут быть использованы при моделировании циклических колебаний численности насекомого.

Апробация работы. Результаты работы доложены на международной научно-практической конференции: «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» (Краснодар, октябрь, 2004 г.), на русско-французском семинаре: «Популяционная экология чешуекрылых вредителей» (С. Петербург — Пушкин, октябрь, 2004 г.), на отчётно-плановой сессии ВИЗР (С. Петербург — Пушкин, март, 2005 г.), на втором Всероссийском съезде по защите растений (С. Петербург — Пушкин, декабрь, 2005 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, из них 3 в реферируемых журналах.

Объём и структура диссертации. Диссертация изложена на 175 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, выводов и практических рекомендаций. Работа иллюстрирована 34 таблицами и 45 рисунками. Список цитированной литературы включает 222 источника, из них 51 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Глава 1. Проблемы динамики численности лугового мотылька (обзор литературы)

Глава посвящена анализу литературы по луговому мотыльку (биология, ареал, массовые размножения). Приводится обзор существующих представлений о динамике численности насекомых-фитофагов и лугового мотылька в частности. Описаны существующие модели и методы прогноза его численности.

Глава 2. Условия, материал и методы исследований

Стационарные наблюдения проводили в течение трёх лет (2003–2005 гг.) в Славянском р-не Краснодарского края на постоянных участках, потенциально благоприятных для развития лугового мотылька.

При проведении учётов плотности и смертности лугового мотылька использовали методики Полякова, Хомяковой, 1975; Шуровенкова,

Алехина, 1982; Алехина, Кузнецовой, 2003. Полевые учёты проводили через 1-2 дня, а в периоды лёта – ежедневно.

Для регистрации погодных условий (температура, влажность воздуха и осадки) в вегетационный период использовали компьютеризированную метеостанцию KMS.

Отловленных имаго размещали попарно в 0.5 л сосуды. Ежедневно фиксировали количество отложенных яиц и продолжительность жизни имаго в лаборатории. Жизнеспособность потомства оценивали в лаборатории и на опытном участке.

Светомикроскопическая диагностика энтомопатогенов лугового мотылька проведена в лаборатории микробиометода ВИЗР и в Институте цитологии РАН. Для выявления ядерных полиэдрозов мазки окрашивали эозином по методу Швецовой, гранул бакуловирусов – карболовым фуксином по Цилю (Митрофанов и др., 1985), диагностики спор микроспоридий – по методу Гимза-Романовского (Исси, 1993). При светомикроскопической диагностике спор микроспоридий использовали флюоресцентный краситель диамидин фенилиндол (ДАФИ) (Токарев, 2003; Токарев и др., 2004). Для выявления грибных патогенов применяли стандартные методы микологических исследований (проращивание во влажной камере, выделение в чистую культуру, световую микроскопию).

Статистическую обработку результатов (расчёт корреляций, множественных регрессий, дисперсионный анализ) проводили в соответствии с рекомендациями Шарова (1996). Квантильный анализ был использован в соответствии с методическими разработками Васильева и др. (1973). Расчёты осуществляли с помощью электронных таблиц Excel (MS Office 2003) и пакета Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.). Подсчёт размеров спор проводили в приложении Carl Zeiss Axiovision 3.1.

Результаты исследований

Глава 3. Биологические особенности лугового мотылька в период депрессии

Изучение лугового мотылька было начато нами в период его низкой численности, которая наблюдалась не только в приморской части Славянского р-на (т.е. территории, выбранной в качестве модельной), но также регистрировалось службой защиты растений в Краснодарском крае в целом и отмечалось по всей Европейской части России (Кузнецова и др., 2003; Фролов и др., 2005).

Согласно материалам Краснодарской краевой СТАЗР, максимальная интенсивность лёта лугового мотылька обычно отмечается на неудобьях плавневой зоны, где создаются оптимальные для развития вредителя условия даже в период засухи. На модельной территории, относящейся к плавневой зоне, в 2000-2001 гг. отмечали высокую вредоносность лугового мотылька на посевах люцерны.

Пространственное распределение имаго на модельных участках, оценка относительной их численности и сезонная динамика появления имаго лугового мотылька

В 2003 и в 2005 гг. имаго лугового мотылька встречались на всех модельных участках общей площадью 382.5 га. В 2004 г. взрослые насекомые были отмечены лишь на двух участках (145 га). В 2003 и 2005 гг. отмечали по три волны лёта имаго, а в 2004 г. – только две (рис. 1). В 2004 г. по сравнению с 2003 г. лёт каждого поколения был не только менее продолжительным, но и менее интенсивным. Численность имаго первого и второго поколений 2005 г. не менее чем в 50 раз превышала такую в 2003 г.

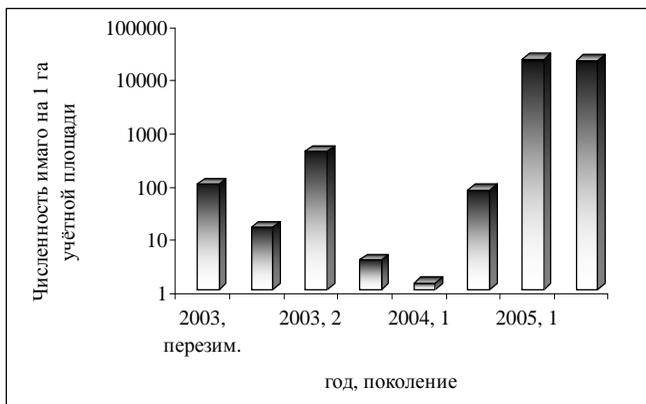


Рис. 1. Динамика численности лугового мотылька в 2003-2005 гг. (логарифмическая шкала численности)

Учёты численности яиц, гусениц и куколок

Поиски яиц и гусениц младших возрастов начинали проводить в период лёта имаго через 3-14 дней после появления первых бабочек, в зависимости от интенсивности лёта и времени откладки яиц в лаборатории отловленными имаго. Осматривали лебеду, осот, полынь, щирцу, люцерну и др. пригодные для питания насекомых растения, а также сухие растительные остатки в местах, где отмечали сидящих бабочек. С того момента, когда воспитывавшиеся в лаборатории гусеницы достигали третьего возраста, в естественных местообитаниях проводили регулярные кошения энтомологическим сачком. Однако за весь период исследований на модельных участках ни яиц, ни гусениц не обнаружено. Можно предположить, что имаго лугового мотылька залетали на модельную территорию из очагов размножения, расположенных вне модельных участков.

Динамика биологических показателей лугового мотылька в ряду поколений (период спада, минимума и подъёма численности)

Морфометрические характеристики

Размеры бабочек лугового мотылька зависели от пола и варьировали по годам и поколениям. В среднем самцы мельче самок, хотя отдельные

самцы могут быть крупнее мелких самок. Самые крупные особи принадлежали перезимовавшему поколению 2005 г., самые мелкие – первому поколению 2004 г.

В условиях лаборатории длина коконов варьировала от 12 до 55 мм (в среднем 28.6 мм). Из 678 коконов, 84% были плотными. 11% коконов – рыхлыми, внутри последних, как правило, находили мёртвых гусениц.

Соотношение полов имаго

Процентное соотношение полов у лугового мотылька близко к 1♂:1♀ (Алехин, 2003). Однако на модельной территории в 4 из 8 прослеженных поколений в учётах численно преобладали самцы.

Обычно полагают, что самки вылетают на несколько дней раньше самцов (Кнор и др., 1997, Алехин, 2002), и если соотношение полов вылетевших насекомых близко к 1♂:1♀, то вылет имаго из коконов близок к завершению. Вероятно, в период низкой численности такое явление не может рассматриваться как типичное. В 2005 г. прослежена динамика вылета имаго из коконов в лаборатории. Оказалось, что самки и самцы вылетали почти одновременно, причём чаще преобладали самцы. Следовательно, критерий «соотношения полов» трудно использовать в качестве показателя фазы лёта поколения во время депрессии численности лугового мотылька.

Репродуктивные характеристики имаго

Репродуктивные способности самок, оцениваемые в лаборатории при подкормке 5%-ным сахарным сиропом, менялись по годам, отражая изменения физиологического состояния насекомых в период наблюдений (рис. 2.).

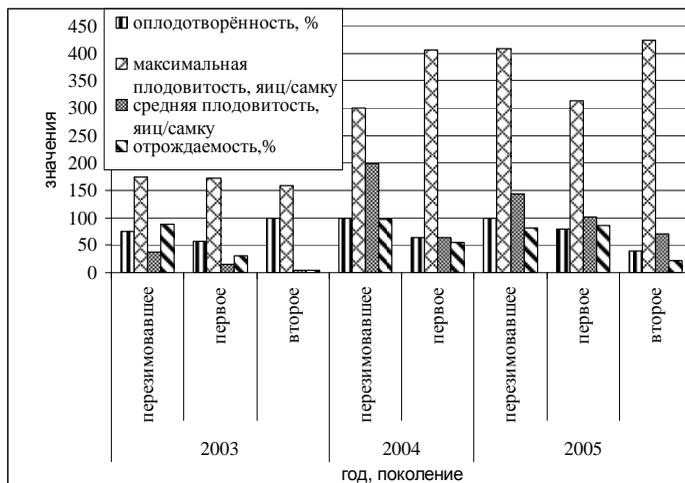


Рис. 2. Репродуктивные характеристики имаго лугового мотылька в 2003-2005 гг.

Плодовитость самок в период депрессии в среднем была в 4 раза (иногда в 10 раз) ниже, чем известная по литературным данным для имаго в периоды массовых размножений. Самки перезимовавшего поколения характеризовались более высокой плодовитостью, чем особи последующих поколений.

Выживаемость лугового мотылька в лабораторных условиях

В лаборатории уровень отрождаемости гусениц из яиц в 2003 г. был низким; в 2004 г. он повысился, а в первом и втором поколениях 2005 г. достиг 81 и 87%, соответственно (рис. 2.).

Как в 2003, так и в 2004 гг. выживаемость потомства, полученного от пойманных в природе имаго, была чрезвычайно низкой (табл. 1). В связи с этим статистически достоверных различий между смертностью особей 5 поколений не выявлено. Хотя более высокую выживаемость в первом поколении отмечали ежегодно, только в 2005 г. (когда выживаемость, по сравнению с предшествующими годами, существенно повысилась) различия между выживаемостью особей первого поколения и последующих удалось статистически доказать ($p < 0.05$).

Таблица 1. Выживаемость (% живых особей от количества отложенных яиц) лугового мотылька по стадиям развития (2003-2005 гг.)

Стадия развития	2003 г.			2004 г.		2005 г.			
	поколения								
	1	2	3	1	2	1	2	3	
яйца	89.0	31.4	4.2	98.0	56.0	80.6	86.7	22.8	
гусеницы I возраста	85.7	2.0	4.0	97.8	55.5	39.5	71.9	11.9	
гусеницы II возраста	73.8	1.5	2.0	52.2	5.8	27.2	52.7	7.1	
гусеницы III возраста	50.0	1.5	0.0	28.4	1.1	23.7	48.2	5.5	
гусеницы IV возраста	4.8	1.5	0.0	10.8	1.1	20.7	45.8	4.2	
гусеницы V возраста	0.4	1.5	0.0	2.6	0.9	17.8	41.5	3.9	
куколки	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	14.9	25.9	2.3	
имаго	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	13.4	13.0	—	

Учитывая высокую смертность насекомых даже в условиях лаборатории, становится понятным, почему численность летавших в ряду поколений 2003-2004 гг. имаго проявляла в целом тенденцию к снижению.

Однако, в 2004 г. (по сравнению с 2003 г.) наметилась определённая тенденция к повышению жизнеспособности насекомых (рис. 2). Об этом, в частности, свидетельствует изменение средней продолжительности жиз-

ни в лаборатории отловленных в природе имаго (8 дней в 2003 г., 13 дней в 2004 г. и 16 дней в 2005 г.). Кроме того, к концу 2004 г. соотношение полов стало сдвигаться в сторону преобладания самок; во всех поколениях 2003 г. и в перезимовавшем поколении 2004 г. самцы численно доминировали над самками.

Поскольку на модельных участках, кроме имаго, других стадий развития не обнаружено, проследить полный цикл развития лугового мотылька в природе оказалось невозможным. Однако, располагая информацией о численности имаго в природе, их репродуктивных характеристиках и смертности потомства, составили расчётные таблицы выживаемости фитофага.

В таблицах учитывали только «естественную» смертность яиц, гусениц и куколок в садках, так что гибель в открытых местообитаниях должна быть, по крайней мере, не ниже расчётной. Кроме того, при составлении таблиц не учитывали смертности и миграций имаго в период откладки яиц. Однако даже при недоучёте целого ряда факторов оказывается, что численность летавших в природе имаго в 2003-2004 гг. и в период лёта перезимовавшего и первого поколений 2005 г. превышали теоретически ожидаемые. Лишь во время лёта имаго второго поколения 2005 г. рассчитанная численность насекомых оказалась выше фактической (табл. 2).

Таблица 2. Расчётная (по таблицам выживаемости) и фактическая (по результатам учётов) численность имаго лугового мотылька

год	поколения	численность имаго на га	
		расчётная	фактическая
2003	перезимовавшее	–	95.4
	первое	11.3	14.8
	второе	0.0	403.9
2004	перезимовавшее	0.0	3.6
	первое	0.7	1.8
2005	перезимовавшее	0.0	74.3
	первое	1555.7	21449.1
	второе	462847.0	20328.6

Таким образом, имаго характеризовались весьма невысокой репродуктивной способностью, а их потомство проявляло слишком низкую выживаемость, чтобы производить имаго в тех количествах, которые отмечались фактически в каж-

дом последующем поколении. Размножение лугового мотылька в период депрессий происходит на небольших по площади очагах, где может поддерживаться высокая численность гусениц до 20-50 и более особей на 1 м². По Южному Федеральному Округу в 2003-2004 гг. такие очаги чаще регистрировали в Ставропольском крае и Ростовской обл. (Фролов и др., 2005). Поддержание численности имаго в районе проведения наших наблюдений можно объяснить периодическими залётами имаго из

очагов размножения. Очевидно, миграции имаго происходят не только в период высокой численности, но и в период депрессий, просто в силу низкой численности насекомых они остаются незамеченными.

Биологические и морфометрические характеристики насекомых, отловленных в Славянском р-не и собранных в очагах размножения

Откладка яиц, особенно в условиях низкой численности, происходит в трудно прогнозируемых заранее местообитаниях. По данным Краснодарской СТАЗР, в 2005 г. вред от лугового мотылька в основном отмечали в районах, прилегающих к Ростовской обл. В связи с этим сбор гусениц старшего возраста проводили в Сальском р-не Ростовской обл., Новопокровском р-не Краснодарского края (удалённом от границы с Ростовской обл. на 50 км) и в Краснодаре (расстояние от границы с Ростовской обл. примерно 200 км). Все три пункта расположены примерно на одной линии юго-восточной ориентации, в направлении от Калмыкии, где существуют постоянные очаги высокой численности вредителя (Мончадский, 1934).

Нами в Краснодаре на люцерне было обнаружено в среднем по 4 гусеницы на 10 взмахов сачком, а на подсолнечнике – 1 гусеница на 100 растений (максимально – 3 гусеницы на растение). В Новопокровском р-не численность гусениц на 1 растение кукурузы составила в среднем 2.5, максимально 7. В Сальском р-не отмечено в среднем по 1 гусенице на растение подсолнечника, максимально – 5.

Из 100 гусениц, собранных в Новопокровском р-не, закоонировались 60 гусениц, вылетело 42 имаго. Из 13 пар только одна самка отложила яйца. Из этих 78 яиц до имаго выжили 23 особи (12 самцов и 11 самок). В Сальском р-не собрали 121 гусеницу. В имаго превратились только 5 пар. Потомства от них не получено. Из гусениц, привезённых из Краснодара, до имаго дожили 10 пар. Из них 3 самки не откладывали яйца. Максимальная плодовитость составила 131 яйцо на самку, средняя плодовитость – 50.1 яйца на самку, а выживаемость потомства до имаго составила 30%. Таким образом, плодовитость «краснодарских» самок оказалась примерно в 3 раза ниже плодовитости «славянских», хотя выживаемость их потомства была, наоборот, значительно выше. Жизнеспособность особей из Новопокровского и Сальского р-нов, была ещё ниже, чем насекомых из Краснодара.

Между выборками насекомых из разных географических пунктов обнаружили значительные различия и по размерам тела.

При сравнении отловленных в природе имаго выявлено, что и самцы, и самки из Сальского р-на были мельче, чем таковые из Славянского. Кроме того, сравнение размеров крыльев у имаго, выведенных в лаборатории из собранных в очагах размножения гусениц, показало, что среди самок самыми мелкими были особи из Новопокровского р-на (в среднем 9.8 мм), промежуточное положение занимали особи из Сальского р-на (в

среднем 10.8 мм), а самыми крупными – из окр. Краснодара и Славянского р-на (в среднем 11.3 мм, 11.4 мм).

Полученные материалы свидетельствуют, что особи в местах проведения стационарных наблюдений (Славянский р-н) по средним значениям биологических и морфометрических показателей не только не уступают, но и зачастую превосходят особей, собранных в очагах размножения.

Глава 4. Факторы, влияющие на численность лугового мотылька

Погодные условия

По нашим расчётам в 2003 г. на развитие каждого из трёх поколений в среднем потребовалось 377.8°C. В 2004 г. на два поколения потребовалось по 476.2°C, а на развитие третьего поколения оставалось всего 111.0°C, что недостаточно для успешного завершения развития. В 2005 г. на каждое поколение в среднем приходилось по 410.8°C. Средняя сумма эффективных температур (СЭТ) за три года исследований (8 поколений) составила 381°C.

По СЭТ за весь период с 1 мая по 10 октября, когда температура выше порога 12°C, и средней СЭТ, необходимой для развития одного поколения, мы рассчитали количество поколений лугового мотылька, способных завершить развитие при заданных условиях. Более достоверный результат (соответствующий фактическому количеству поколений за каждый год) получили, когда СЭТ за весь период с мая по октябрь делили на среднюю СЭТ развития одного поколения за весь сезон года, по скольку значения СЭТ варьировали по годам.

В 2003 г. в период лёта имаго перезимовавшего поколения наблюдали сильный дефицит влаги (в течение мая осадков не было вовсе). Во время лёта первого поколения метеорологические условия также не были оптимальными (21 мм осадков из благоприятствующих развитию насекомых 20-40 мм выпали только под конец лёта имаго). В период лёта второго поколения 2003 г. и перезимовавшего поколения 2004 г., несмотря на благоприятствующие размножению вредителя значения средней температуры, относительной влажности воздуха и суммы осадков, значения гидротермического коэффициента (ГТК) в период максимального лёта оказались далёкими от оптимальных. В 2004 г. в период лёта перезимовавшего поколения отмечался избыток осадков и недостаток тепла. В 2005 г. погодные условия были благоприятными для развития потомства первого поколения, в остальных случаях (периоды лёта перезимовавшего и второго поколения) отмечали существенный дефицит влаги и значения ГТК ниже оптимальных.

На обследованной нами в 2003-2005 гг. модельной территории благоприятствующие размножению лугового мотылька значения температуры, влажности воздуха и осадков отмечали лишь во время лёта трёх поколений из восьми, а по ГТК в период максимального лёта – ни разу.

Патогены и энтомофаги лугового мотылька

Энтомопатогенные микроорганизмы

Низкую жизнеспособность насекомых в период депрессии численности логично сопоставить с высоким уровнем их поражённости патогенными микроорганизмами, среди которых выявлены вирусы *Baculovirus – Polyhedrosis* gr., *Granulosis* gr. и два вида микроспоридий. Первый из них по наличию диплокариотического ядерного аппарата и размерам спор (4.9 x 2.6 мкм) был идентифицирован как *Nosema sticticalis* Issi et al. (Исси и др., 1980), второй характеризовался более мелкими размерами спор (2.1 x 1.5 мкм) и монокариотическим ядерным аппаратом, вид ещё не описан и получил условное название *Microsporidium* sp. (рис. 3.).

В 2003 г. на протяжении трёх поколений заражённость бабочек микроспоридией *Nosema sticticalis* составляла от 16.9 до 25.9%, что можно считать достаточно стабильным показателем для этого года (табл. 4.). Интенсивность заражения была относительно высокой – от 10 до 100 спор в поле зрения.

В 2004 г. обнаружено заражение бабочек микроспоридией *Microsporidium* sp. Интенсивность заражения этим видом варьировала от средней (менее 10 спор на поле зрения) до высокой (свыше 10 спор в поле зрения). Заражённость имаго микроспоридиями обоих видов достигала 55.6 % для имаго перезимовавшего поколения и 23.5 % –первого (табл. 4.).

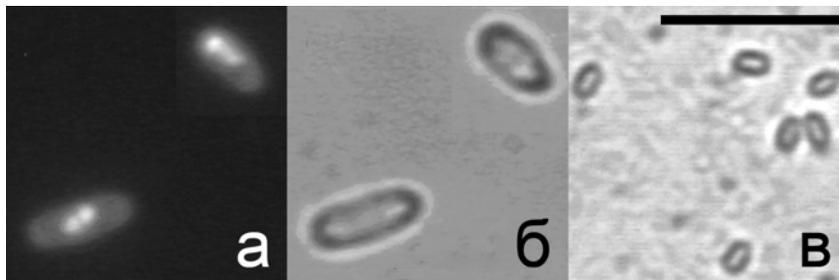


Рис. 3. Споры микроспоридий *Nosema sticticalis* (а, б) и *Microsporidium* sp. (в) из лугового мотылька. а – окрашивание флюорохромом ДАФИ; б, в – светлое поле. МИ, масштабная линейка = 5 мкм.

В гусеницах, полученных от бабочек, отловленных в природе в 2003 и 2004 гг., выявлена заражённость микроспоридиями от 8 до 13%, что свидетельствует о трансвариальной передаче патогенов. Хотя такая адаптация к длительному сохранению в популяции хозяев предполагалась, она не была показана для насекомых данного вида.

В 2005 г. заражённость бабочек перезимовавшего и первого поколений составила 6.5 % и 5.4 %, соответственно. Интенсивность заражения

была минимальной – от 1 до 3 спор на мазок, лишь в одном случае заражения *N. sticticalis* интенсивность была средней – более 10 спор в поле зрения.

Таблица 4. Заражённость энтомопатогенными микроорганизмами имаго лугового мотылька

год	поколение	количество особей в анализе	обнаружено инфицированных микроспоридиями, %
2003	перезимовавшее	71	16.9
	первое	27	25.9
	второе	115	18.3
2004	перезимовавшее	18	55.6
	первое	17	23.5
2005	перезимовавшее	56	6.5
	первое	31	5.4

Отрицательная связь между численностью имаго и заражённостью их микроспоридиями очевидна (рис. 4). В 2003 г. колебания численности и заражённости по поколениям имели относительно небольшую амплитуду, данные показатели находились в противофазе относительно друг друга. В 2004 г. минимальной численности имаго в первом поколении предшествовала максимальная заражённость имаго предыдущего перезимовавшего поколения. В 2005 г., наоборот, за снижением заражённости микроспоридиями бабочек перезимовавшего поколения последовал заметный рост численности имаго первого поколения (рис. 4.).

Высокий уровень заражения микроспоридиями в период депрессии лугового мотылька, выявленный в настоящей работе, может быть как причиной (то есть одним из факторов, вызывающих снижение численности), так и следствием депрессионного состояния, при котором физиологические показатели организмов насекомых снижены, что повышает их восприимчивость к заражению. Детальный анализ динамики численности и заражённости с применением статистических методов показывает, именно микроспоридиоз является причиной, а снижение численности – следствием. Следовательно, снижение численности в 2004 г. вызвано высоким уровнем заражённости микроспоридиями, а освобождение популяции насекомых от микроспоридиоза следует рассматривать в качестве одного из важнейших факторов, способствовавших подъёму численности в 2005 г.

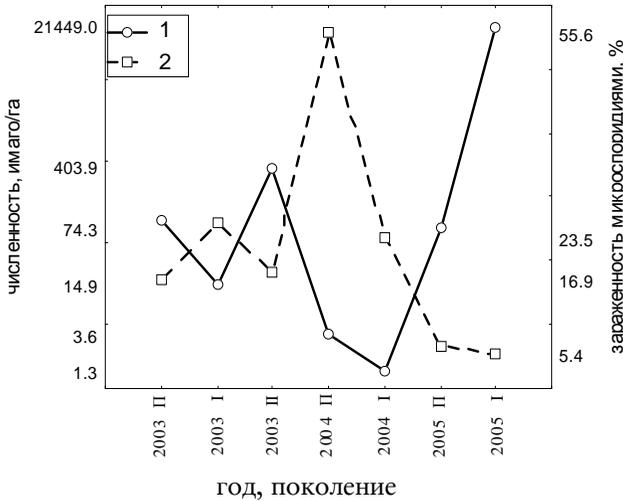


Рис. 4. Динамика численности имаго лугового мотылька и заражённости их микроспоридиями в 2003-2005 гг.

Примечания: П – перезимовавшее, I – первое, II – второе поколение; 1 – численность имаго, 2 – заражённость микроспоридиями.

Вирусные инфекции. Вирусы полиэдроза и гранулёза зарегистрированы у лугового мотылька только в гусеницах. Многочисленные микроскопические анализы бабочек как в настоящей работе в 2003-2004 гг., так и в предыдущих работах (Митрофанов, 1980) показали отсутствие явных вирусных инфекций у имаго этого вида. Анализ показал заражённость гусениц вирусами на уровне 15.4% в 2003 г. (число особей в анализе N=13) и 43% в 2004 г. (N=124). Присутствие вирусной инфекции в лабораторной культуре гусениц, происходящих от природных имаго, также свидетельствует о трансвариальной передаче и позволяет косвенно судить о заражённости вирусами природной популяции насекомых.

Таким образом, выявленные в районе проведения исследований латентные вирусные инфекции не оказывали прямого воздействия на физиологическое состояние взрослых особей лугового мотылька. Однако наличие вирусов в активной форме у гусениц, полученных от этих бабочек, свидетельствует о лёгкости выхода вирусных инфекций из латентного состояния, благодаря чему они, наравне с другими инфекциями и прочими неблагоприятными факторами, могут вносить свой вклад в регуляцию численности вредителя на протяжении ряда поколений.

Другие патогены. В 2005 г. при микологическом анализе трупов гусениц, собранных в Сальском р-не Ростовской обл. и живых гусениц, собранных там же и в окр. Краснодара, а также погибших при содержании в лаборатории, энтомопатогенные грибы не выявлены. Это соответствует наблюдениям, сделанным ранее, согласно которым заражённость лугового мотылька факультативными патогенами в периоды массового размножения минимальна (Митрофанов, 1980) и сильно зависит от гидро-

термических условий; развитие микозов наблюдается при высокой влажности (Алехин, Кузнецова, 2003). Эти особенности развития грибных инфекций лугового мотылька полностью соответствуют представлениям о микозах насекомых (Борисов и др., 2001; Воронина и др., 2001).

Энтомофаги лугового мотылька

В 2005 г. в очагах размножения лугового мотылька выявлена относительно высокая заражённость гусениц паразитами. Так, гусеницы, собранные на полях люцерны и подсолнечника в Краснодаре, на 15% были заражены паразитами из сем. Ichneumonidae (*Simophorus sp.*) и Braconidae (*Zelee chlorophthalmus* Curtis). В Новопокровском р-не Краснодарского края 10% гусениц были заражены паразитами (*Simophorus sp.*, *S. xanthostomus* Grav.).

В Сальском р-не Ростовской обл. наряду с гусеницами отмечено в среднем по 1 кокону наездников-браконид (*Microplitis sp.*) на растение подсолнечника. 50% гусениц были заражены паразитами сем. Ichneumonidae (*Tycherus elongatus* Thomson) и Braconidae (*Microplitis sp.*). Можно предполагать, что наездники способны быстро включаться в процесс регуляции численности лугового мотылька при увеличении плотности его популяции.

Глава 5. Элементы модели прогноза динамики численности лугового мотылька в период депрессии

Логическая модель динамики популяций лугового мотылька, разработанная Поляковым с соавторами (1980) позволяет прогнозировать фазу динамики популяций поколения, ушедшего на зимовку, и, соответственно, ожидаемого весной.

Однако, луговой мотылёк очень чувствителен к степени оптимальности для него условий среды в отдельные периоды жизненного цикла. Поэтому уровень его распространения, потенциальной вредоносности и соответствующих им объёмов защитных обработок может изменяться за сезон 2-3-кратно.

С учётом условий, сложившихся для развития перезимовавшего поколения, весной до появления гусениц первого поколения, составляют уточняющий прогноз. В период депрессии невозможно использовать предложенные Поляковым и соавторами формулы, т.к. неизвестны ГТК за период от окукливания гусениц перезимовавшего поколения до вылета бабочек перезимовавшего поколения и средняя температура периода развития гусениц первого поколения. При низкой численности имаго обнаружить коконы и гусениц в природе крайне сложно, следовательно, нельзя установить длительность периода от окукливания гусениц до вылета имаго и развития гусениц. Этим объясняется необходимость поиска доступных для оценки факторов, влияющих на численность лугового мотылька в период депрессии.

С этой целью все факторы, влияющие на численность вредителя, были разбиты на группы. Предварительно с помощью простого регрессионного анализа выявляли факторы с наибольшим эффектом, которые включали во множественный ступенчатый регрессионный анализ изменений численности имаго от комплекса факторов (как метеорологических показателей, так и биологических, включая заражённость микроспоридиями). Наиболее существенными эффектами на численность текущего поколения характеризовались: 1) заражённость особей предшествующего поколения микроспоридиями, 2) ГТК за период лёта текущего поколения и 3) комплекс факторов за период развития предшествующего поколения (сумма осадков, плодовитость самок, численность имаго). Достоверность связи при учёте комплекса факторов была существенно выше ($p=0.01$), чем в случае использования только гидротермических показателей или только биологических факторов. Коэффициент множественной регрессии (R) при учёте в модели ряда факторов (таблица 4.) равен 0.955.

Таблица 4. Расчёт ступенчатой регрессии численности имаго по комплексу факторов

Фактор	B	Ст. ошибка	p
Микроспоридиоз предшеств. поколения (M), (%)	-0.17	0.003	0.01
ГТК лёта текущего поколения (h)	-0.20	0.008	0.02
Осадки за период лёта предшеств. поколения, мм (p)	0.04	0.001	0.02
Ср. плодовитость предш. поколения, яиц/самку (F)	0.01	0.0004	0.02
Численность предшеств. поколения, имаго/50 шагов (N)	0.40	0.002	0.04

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 4.79 - 0.17 \times M - 0.20 \times h + 0.04 \times p + 0.01 \times F + 0.40 \times N,$$

где M – заражённость микроспоридиями предшествующего поколения,

h – ГТК лёта текущего поколения,

p – осадки за период лёта предшествующего поколения,

F – средняя плодовитость предшествующего поколения,

N – численность предшествующего поколения.

Важно подчеркнуть, что выявленная зависимость имеет разумное биологическое объяснение.

В целях разработки уточнённой модели прогноза размножения вредителя в период его низкой численности данную зависимость следует апробировать на более широком наборе данных и после соответствующей корректировки рекомендовать для использования практической службой прогнозов РФ.

Выводы

- 1) Впервые на основе изучения биологических особенностей лугового мотылька в период низкой его численности для условий Западного Кавказа показано, что по сравнению с приведенными в литературе оценками биологических параметров вредителя в период массовых размножений, во время депрессии жизнеспособность насекомых заметно снижена. В частности, имаго обнаруживают высокую смертность и низкую плодовитость, а их потомство в массе гибнет в период отрождения из яиц и в младших гусеничных возрастах.
- 2) В период депрессии численность имаго лугового мотылька вне очагов размножения поддерживается за счёт притока мигрантов. Таким образом, миграционная активность вредителя проявляется не только в период массовых размножений, но и в период низкой его численности.
- 3) Подъём численности лугового мотылька на территории Западного Кавказа (когда количество очагов размножения нарастает) сопровождается резким увеличением численности имаго вне очагов размножения, где пространственное распределение имаго становится менее агрегированным, насекомые чаще обнаруживаются не в диких или заброшенных стациях, а на сельскохозяйственных угодьях. Подъёму численности предшествует рост жизнеспособности насекомых предыдущего поколения.
- 4) Заражённость микроспоридиями является важным фактором, регулирующим динамику численности лугового мотылька. Снижение заражённости имаго в текущем поколении (ниже 10%-ного уровня) способствует росту численности насекомых в следующем поколении.
- 5) Модели динамики численности лугового мотылька, основанные на изменении уровня плодовитости самок и жизнеспособности их потомства, и, в особенности, степени заражённости насекомых микроспоридиями, в период депрессии вредителя способны обеспечить более высокую точность прогноза, чем модели, основанные лишь на гидротермических показателях.

Практические рекомендации

1) Для существенного повышения точности прогноза развития лугового мотылька помимо расчёта плотности летающих бабочек следует оценивать реализованную плодовитость самок, а также рекомендовать к использованию дополнительные критерии – подсчёт средней продолжительности жизни имаго, отрождаемости гусениц из яиц и их выживаемости в младших возрастах.

2) В период депрессии, когда за пределами очагов размножения можно обнаружить лугового мотылька лишь в стадии имаго, для своевременного прогноза повышения численности вредителя следует руководствоваться показателями, представленными в таблице 5.

Таблица 5. Показатели состояния насекомых, которые следует учитывать при прогнозе вероятности выхода лугового мотылька из фазы депрессии

№ пп	Показатели состояния лугового мотылька в текущем поколении	Вероятность роста численности в следующем поколении		
		низкая	средняя	высокая
1	Максимальная за период лёта численность имаго, имаго на 50 шагов	1-5	6-50	51 и более
2	Средняя плодовитость самок, количество яиц на одну самку	0-150	151-300	301-600
3	Отрождаемость гусениц из яиц, %	0-50	51-80	81-100
4	Выживаемость гусениц до III возраста, %	0-40	41-60	61-100
5	Заражённость имаго микро-споридиями, %	51-100	11-50	0-10
6	Средняя температура за период лёта, °С	менее 18	18.1-19	19.1-25
7	Сумма осадков за период лёта, мм	менее 15, более 50	15-19, 41-49	20-40
8	ГТК за период массового лёта	менее 0.8, более 2.5	1.8-2	0.9-1.7

3. В целях получения прогноза повышенной точности следует использовать микроскопический анализ собранных в природе насекомых, а также их потомства, полученного в лабораторных условиях, для оценки уровня заражённости их патогенными микроорганизмами – в первую очередь микроспоридиями и вирусами.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Фролов, А.Н. Цикличность массовых размножений лугового мотылька / А.Н. Фролов, Т.Л. Кузнецова, Ю.М. Мальш, В.Б. Митрофанов, И.В. Исси // Защита растений от вредителей и болезней. Юбилейный сб. научн. тр. – СПб., 2004. – С. 63-71.
2. Мальш, Ю.М. Особенности размножения лугового мотылька в период его низкой численности в Краснодарском крае / Ю.М. Мальш // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 3. Материалы докладов международной научно-практической конференции 29 сентября – 1 октября 2004. – Краснодар: ВНИИБЗР РАСХН, 2004. – С. 36-38.
3. Malysh, Yu.M. Features of *Loxostege sticticalis* reproduction during the period of its low population density in Krasnodar Territory / Yu.M. Malysh // Russian-French crop protection workshop: "Population Ecology of Lepidopterous Pests" Abstracts. – St. Petersburg – Pushkin: All-Russian Institute of Plant Protection RAAS, 2004. – P. 15-17.
4. Фролов, А.Н. Луговой мотыльк. Что показал анализ ситуации / А.Н. Фролов, Т.Л. Кузнецова, Ю.М. Мальш, М.П. Смирнова // Защита и карантин растений. – 2005. – №5. – С. 37-40.
5. Фролов, А.Н. Опыт изучения лугового мотылька (*Pyrausta sticticalis* L.) в период его депрессии в Краснодарском крае / А.Н. Фролов, В.Б. Митрофанов, И.В. Исси, Ю.М. Мальш // Вестник защиты растений. – 2005. – №2. С. 15-24.
6. Мальш, Ю.М. Мониторинг лугового мотылька и биотических факторов, влияющих на его численность в Краснодарском крае / Ю.М. Мальш // Второй Всероссийский съезд по защите растений. СПб., 5-10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы съезда в 2-х томах). – Т. 1. – СПб., 2005. – С. 56-58.
7. Фролов, А.Н. Роль биотических факторов в многолетней динамике численности насекомых на примере лугового и кукурузного мотыльков / А.Н. Фролов, Ю.М. Мальш, В.Б. Митрофанов, Ю.С. Токарев, Д.А. Серапионов, И.В. Исси // Второй Всероссийский съезд по защите растений. СПб., 5-10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы съезда в 2-х томах). – Т. 2. – СПб., 2005. – С. 132-134.
8. Саулич, А.Х. Геоинформационная система для пространственного анализа динамики макроочагов лугового мотылька / А.Х. Саулич, М.И. Саулич, Ю.М. Мальш // Второй Всероссийский съезд по защите растений. СПб., 5-10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы съезда в 2-х томах). – Т. 1. – СПб., 2005. – С. 95-97.
9. Мальш, Ю.М. Заражённость микроспоридиями имаго лугового мотылька *Pyrausta sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) в Краснодарском крае в 2003-2005 гг. / Ю.М. Мальш, Ю.С. Токарев, В.Б. Митрофанов, И.В. Исси, А.Н. Фролов // Паразитология. – Т. 40. – Вып. 4. – (в печати).

Научное издание. RIZO-печать

ООО "ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ"

Лицензия ПЛД № 69-253. Подписано к печати 23 декабря 2005 г., тир. 100 экз.