

ЗАЩИТА И КАРАНТИНА РАСТЕНИЙ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ЖУРНАЛ
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ,
УЧЕНЫХ И ПРАКТИКОВ

февраль
2 2010

Читайте в номере:

15-я Конференция
по карантину растений
стран-участниц СНГ
стр. 4

Нашему головному
институту 80 лет
стр. 10

Время готовить семена
стр. 26

Резервы биометода
стр. 30

Луговой мотылек:
возможности
прогнозирования
стр. 49

Отделение защиты
растений РАСХН –
год 2009-й
стр. 64

Очередной выпуск
библиотечки
по защите растений
стр. 69(1)–88(20)



ЩЕЛКОВО
АГРОХИМ

УДК 632.78

Луговой мотылек: цикличность многолетней динамики численности

А.Н. ФРОЛОВ,
ведущий научный сотрудник ВИЗР
М.И. САУЛИЧ,
ведущий научный сотрудник
Ю.М. МАЛЫШ,
научный сотрудник
Ю.С. ТОКАРЕВ,
старший научный сотрудник
e-mail: vizrspb@mail333.com

Луговой мотылек (*Loxostege sticticalis*) – особо опасный многоядный вредитель, которого отличают внезапные крупномасштабные вспышки массового размножения, чередующиеся с длительными периодами депрессий. Помимо широчайшего диапазона изменений численности луговому мотыльку свойственны дальние миграции и кочевые перемещения, сильная агрегированность пространственного распределения и фазовая изменчивость (Омелюта, 1987; Трибель, 1989; Кнор, 1993; Алехин, 2002; Фролов и др., 2008). Важно подчеркнуть, что вспышки массового размножения лугового мотылька, случавшиеся в России за последние десятилетия, по всей видимости, были в той или иной степени связаны с массовыми залетами насекомых из-за рубежа (Монголии и Китая).

Анализ многолетних изменений фитосанитарной ситуации по регионам РФ средствами ГИС позволил выявить территории, на которых даже в периоды депрессии численность мотылька может превышать пороговые значения. Таких очагов размножения вредителя выделено четыре.

Калмыцко-Астраханский (Республика Калмыкия, Астраханская область). Распашка степных и полупустынных террито-

рий здесь минимальна, не более 20 %. В Калмыкии, в районе Черных земель, расположены обширные понижения, зарастающие лебедой и разграниченные песчаными грядами. Они представляют собой уникальное сочетание хорошей кормовой базы и мест перезимовки лугового мотылька. Зону крайне сложно контролировать специалистам службы защиты растений. На орошаемых посевах многолетних трав луговой мотылек присутствует почти постоянно, безотносительно к глобальной фазе динамики популяций.

Южно-Уральский (Республика Башкортостан, Челябинская область). Степь и лесостепь в очаге распаханы на 60 %; в центре очага горная степь и различные категории лесов от светло- до темнохвойных и хвойно-широколиственных.

Хакасско-Алтайский (Республики Хакасия, Алтай, Кемеровская область, Алтайский край). Степень распашки территорий в очаге не более 20–25 %. Эта территория расположена в пределах заволжско-казахстанской и среднесибирско-забайкальско-монгольской степи, лесостепи, горной степи, южно-сибирских темнохвойных лесов.

Забайкальский (Забайкальский край). Степень распашки забайкальско-монгольской степи и горной степи – 35–40 %, с севера примыкают частично вырубленные и распаханные светлохвойные байкало-джунгарские леса.

Характерной особенностью обозначенных очагов является сочетание пахотных угодий с традиционным набором сельскохозяйствен-

ных культур, в том числе многолетних трав и не тронутых распашкой степных и частично полупустынных массивов. Именно тут чаще всего могут создаваться условия, позволяющие вредителю переживать состояние депрессии и увеличивать численность при благоприятных условиях.

В периоды депрессий плотность лугового мотылька может снижаться до такой степени, что насекомое иногда вообще не обнаруживается как вид. Зато во время вспышек размножения порхающие в воздухе бабочки напоминают снежную метель (отсюда одно из народных названий вредителя – «метелица»), а переползающие через рельсы гусеницы способны остановить поезд (Пузырный, 1932). Для объяснения феномена массовых размножений было предложено несколько гипотез. Согласно одной из них, рост численности вредителя вызывается резким повышением плодовитости имаго (Мельниченко, 1934), по другой – вспышки размножения возникают в результате массовых миграций (Знаменский, 1932; Стрельников, 1935). В литературе 1930-х годов высказывали также мысль об определяющем влиянии структуры земледелия и интенсивности его ведения на колебания численности вредителя (Алехин, 2002). Л.А. Макаровой и Г.М. Дорониной (1980, 1988, 1994) были определены гидротермические условия среды, способствующие усилению размножению вредителя. Этими же исследованиями была установлена тесная связь дальних перелетов (миграций) лугового мотылька с синоптическими явлениями в атмосфере. Важный вклад в разработку системы мониторинга и прогнозирования вредителя внесли исследования И.Б. Кнора (1980–1993).

Однако, как это ни парадоксально, лугового мотылька нельзя отнести к детально изученным ви-

дам. В первую очередь это касается феномена многолетней цикличности колебаний численности.

Периодические колебания численности животных, в том числе насекомых, с давних пор привлекают внимание экологов (Finerty, 1980; Kendall et al., 1998). Иногда такие колебания удается проследить на протяжении сотен (Boulanger, Arseneault, 2004) и даже тысяч лет (Esper et al., 2007). При этом остается неясным, почему цикличность свойственна одним видам и не обнаруживается у других, близкородственных им (Bjørnstad, Grenfell, 2001; Berryman, 2002). Хотя для толкования феномена предложено немало объяснений, среди которых Ю. Одум (1986) упоминает метеорологические теории, теории случайных флуктуаций, взаимодействия популяций и взаимодействия трофических уровней, дискуссии, возникающие время от времени по поводу цикличности колебаний численности, свидетельствуют о сложности данной проблемы (Williams, Liebhold, 1997; Hunter, Price, 2000). Чаще всего цикличность пытались связать с экзогенными по отношению к биоценозам факторами, прежде всего, периодичностью солнечной активности (Щербиновский, 1960; Бенкевич, 1966; Белецкий, 1986; Шелестова, Бобяк, 2004 и др.), однако эта точка зрения разделяется далеко не всеми (MacLulich, 1937; Викторов, 1967; Sharov, 1996). Чаще всего против концепции «солнечных пятен» приводятся аргументы непостоянства интервалов между вспышками размножения, их асинхронности в пределах ареала одного вида и у разных видов, отсутствия каких-либо весомых доказательств, проясняющих причинно-следственные связи (Викторов, 1967). В мировой литературе отрицательное отношение к этой теории сформировалось под влиянием итогов дискуссий 1930–1940-

годов о природе популяционных циклов североамериканских позвоночных (MacLulich, 1937; Elton, Nicholson, 1942). Сегодня со многими из возражений уже можно спорить, тем более, что пространственная синхронность колебаний численности популяций насекомых – вполне доказанный факт (Raimondo et al., 2004). Метеорологи давно отмечают, что состояние атмосферы Земли закономерно меняется в зависимости от уровня солнечной активности, о чем, например, писал еще Л.С. Берг (1927) в «Основах климатологии». К настоящему моменту такой информации накоплено неизмеримо больше (Hathaway, Wilson, 2004; Valogh et al., 2008 и др.).

Представленные в таблице 1 данные наглядно демонстрируют связь колебаний численности лугового мотылька с солнечной активностью. Автокорреляционный анализ площадей, обработанных против вредителя в России, под-

тверждает гипотезу об 11-летней периодичности его массовых размножений, а кросс-корреляционный анализ демонстрирует статистически существенную связь вспышек размножения с колебаниями солнечной активности, измеренной годовыми числами Вольфа (Фролов и др., 2009).

Важно отметить, что достоверная связь выявляется также между активностью солнца (числами Вольфа) в год максимума и интенсивностью вспышки вредителя во время цикла, измеренной долей ареала, охваченной вспышкой размножения (Трибель, 1989). Наши расчеты подтверждают, что чем выше значение числа Вольфа во время пика солнечной активности, тем слабее вспышка размножения – меньше максимально заселенная вредителем площадь в период пика его размножения (частный коэффициент корреляции $r = -0,91$, $p = 0,002$). Связь уровня солнечной активности в период

Таблица 1

Периоды массовых размножений лугового мотылька

Периоды максимума		Периоды минимума		Вспышка размножения (годы)	Год максимального охвата площадей вспышкой размножения
год с максимальной солнечной активностью	число Вольфа	год с минимальной солнечной активностью	число Вольфа		
1848	124,7	1856	4,3	1853–1857	1855
1860	95,8	1867	7,3	1864–1869	1867
1870	139	1878	3,4	1872–1880	1879
1883	63,7	1889	6,3	1889–1892	1890
1893	85,1	1901	2,7	1898–1903	1901
1907	62	1913	1,4	1908–1914	1912
1917	103,9	1923	5,8	1916–1921	1920
1928	77,8	1933	5,7	1927–1935	1929
1937	114,4	1944	9,6	–	–
1947	151,6	1954	4,4	1948–1949	1949
1957	190,2	1964	10,2	1957–1959	1958
1968	105,9	1976	12,6	1972–1980	1975
1979	155,4	1986	13,4	1983–1988	1986
1989	157,6	1996	8,6	2000–2002	2001
2000	119,6	2008	2,9	2008–2012(?)	2010(?)

Сведения о вспышках размножения лугового мотылька в дореволюционный и советский периоды цитируются по публикации С.А. Трибеля (1989), информации ФГУ «Росфитоцентр» и ФГУ «Россельхозцентр». Значения чисел Вольфа взяты с сайта World Data Center for the Sunspot Index <http://sidc.oma.be> (Брюссель, Бельгия).

достижения им минимума с указанным показателем размножения насекомого намного слабее ($r = 0,69$, $p = 0,06$).

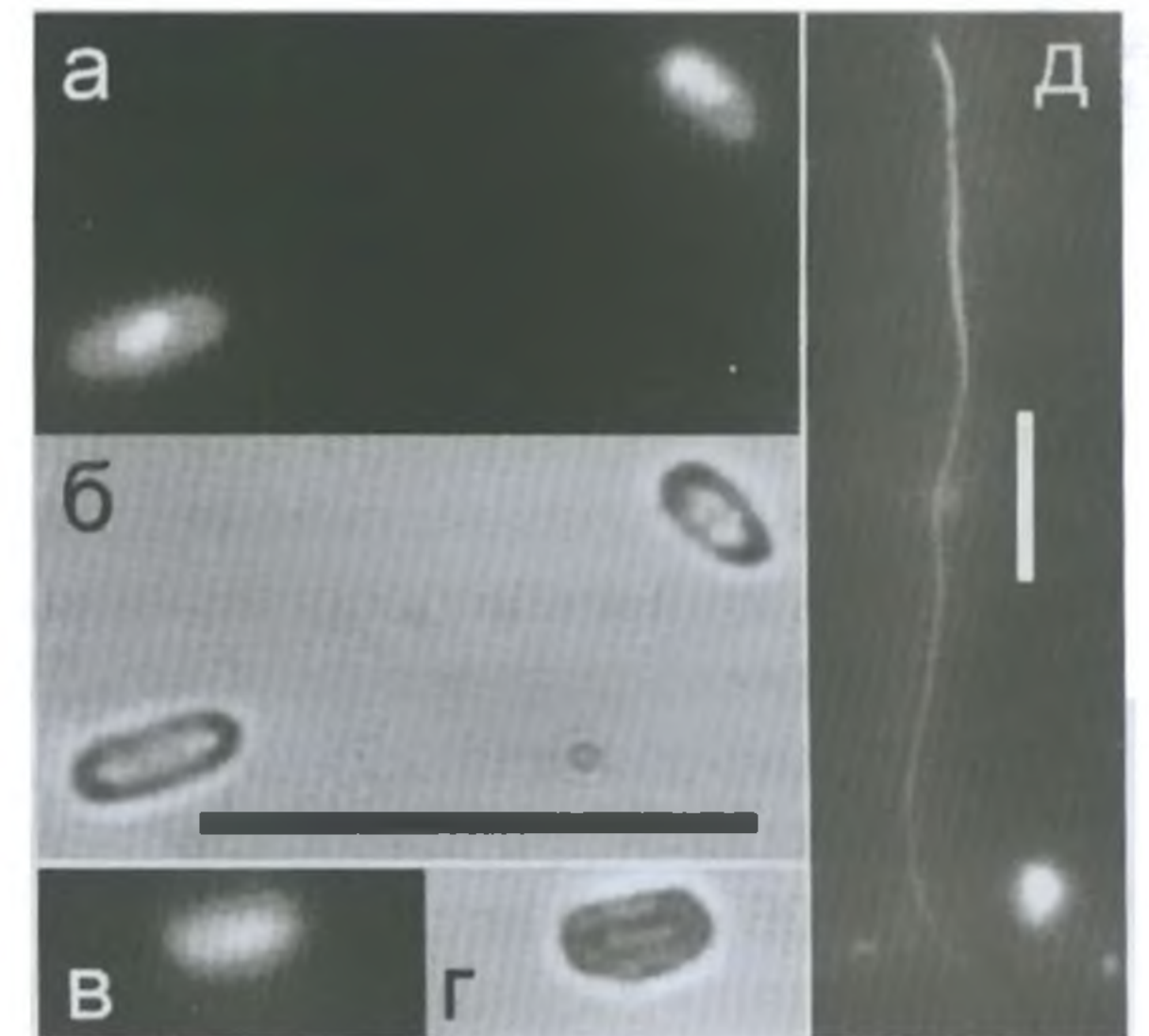
Впрочем, специалисты давно подметили связь вспышек размножения лугового мотылька с периодичностью солнечной активности (Camprag, 1976; Трибель, 1977; Кнор, 1981; Трибель, 1980, 1989; Кнор, Рябко, 1981, 1982; Белецкий, 1986 и др.), но объяснения этому явлению даются самые разные (Саулич и др., 2005).

Большинство (Владимирская, 1935; Трибель, 1977; Поляков и др., 1982; Макарова, Доронина, 1980, 1985; Быкова, 1985 и др.) сходятся во мнении, что определяющую роль в фазовой динамике популяций лугового мотылька играют погодно-климатические факторы. В этой связи эффект периодичности солнечной активности на колебания численности вредителя обычно усматривают в опосредованном воздействии активности солнца на интенсивность циркуляции атмосферы, регулирующей колебания температуры, режим осадков и пр. (Кнор, Рябко, 1981; Трибель, 1989 и др.). Однако недостаточная убедительность такого объяснения очевидна: еще Е.В. Зверезомб-Зубовский (1931) писал о неравномерности охвата ареала вредителя вспышками массового размножения. Связь между численностью лугового мотылька и циклами солнечной активности удастся проследить лишь в том случае, если рассматривать ее изменения не в рамках отдельной области или региона, но лишь ареала в целом (Фролов и др., 2004).

В принципе, регулярность колебаний численности в популяциях может возникать и без участия экзогенных для биоценоза факторов, в результате взаимодействия организмов, относящихся к разным трофическим уровням (Hunter et al., 1997; Ims, Fuglei, 2005 и др.). При этом цикличность динамики попу-

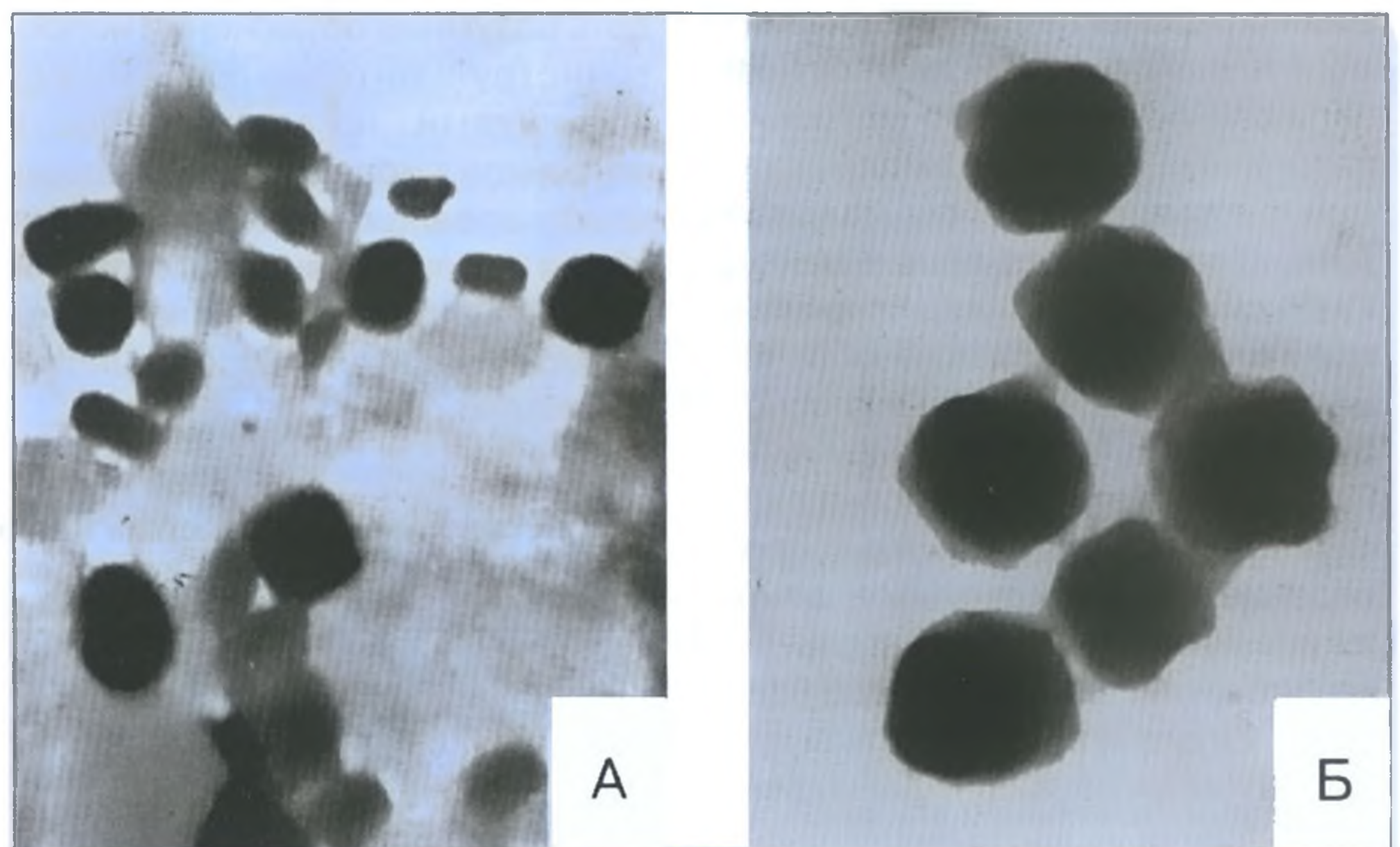
ляций индуцируется замедленно зависящим от плотности фактором, а именно так действуют специализированные энтомофаги и облигатные внутриклеточные паразиты. Важно подчеркнуть, что для лугового мотылька отмечен широкий круг паразитов, хищников и патогенных микроорганизмов, насчитывающий около 200 видов (Мейер, 1930; Вронских и др., 1976; Дядечко и др., 1976), причем даже при разведении в лаборатории у лугового мотылька обнаруживаются циклические колебания смертности, что связывают с периодической активизацией латентной инфекции, предположительно вирусной (Ермакова, Ефимов, 1995).

Очевидно, что вопрос многолетней цикличности лугового мотылька нуждается в серьезном изучении популяционной биологии вредителя. К сожалению, работы, посвященные его экологии, как правило, выполнялись лишь в периоды массовых размножений насекомого – главным образом во время вспышек 30-х и 70-х годов прошлого века. Исследований состояния вредителя во время его низкой численности практически нет



1. Споры микроспоридии *Nosema sticticalis* в имаго лугового мотылька в светлом поле (б, г) и при окрашивании флюорохромом ДАФИ (а, в, д). а–г – интактные споры; д – спора с выброшенной полярной трубкой на мазке, обработанном щелочью. Масляная иммерсия (МИ), масштабная линейка = 10 μ m

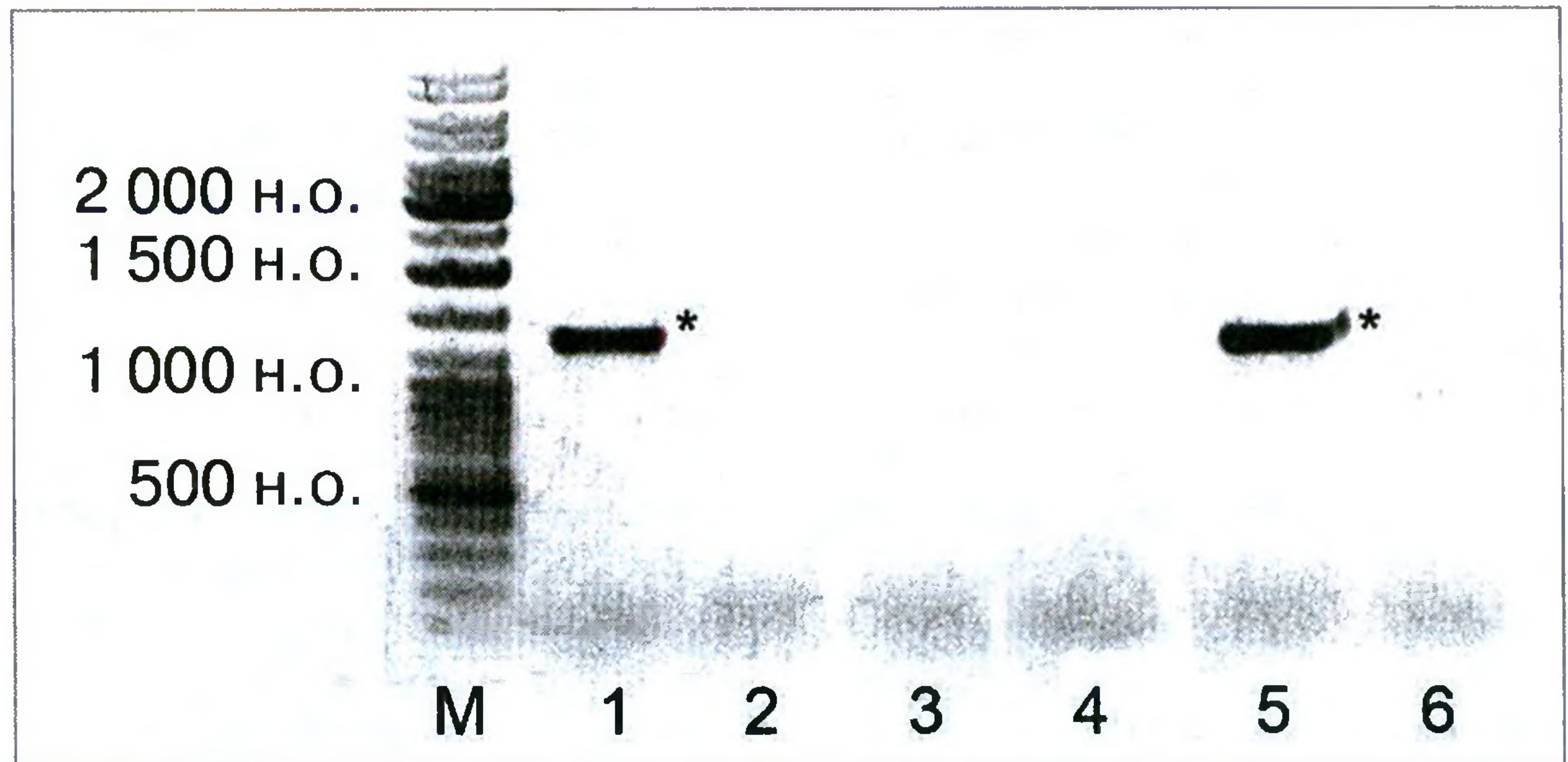
(Малыш, 2006). Но для того, чтобы понять природу циклических колебаний численности насекомого, необходимо располагать сведениями об особенностях развития популяций объекта не только в период вспышек, но и во время спадов и подъемов, а также во время депрессий.



2. Поливириокапсиды ядерного гранулеза (А) и полиэдроза (Б) в гусеницах

В этой связи нами с 2002 г. осуществляется постоянный мониторинг лугового мотылька в Краснодарском крае. Наблюдениями установлено, что помимо погодных факторов на численность вредителя серьезное воздействие оказывают патогенные микроорганизмы, в частности микроспоридии (рис. 1) и бакуловирусы (рис. 2) (Малыш, 2006; Токарев и др., 2007; Фролов и др., 2008). Оказалось, что точность модели сезонного прогноза значительно повышается, если помимо гидротермических показателей она учитывает зараженность предшествующего поколения микроспоридиями (Малыш, 2006). Логично предположить, что микроспоридии лугового мотылька, в отношении которых доказана трансвариальная передача (Малыш, 2006), могут в значительной степени определять ход многолетних колебаний численности насекомого-хозяина. Однако микроскопический метод анализа весьма трудоемок и не позволяет выявлять заражение насекомого на ранних этапах развития микроспоридиоза и определять видовой состав его возбудителей, а оценка заражения вирусами возможна лишь для преимагинальных стадий насекомого. В этой связи весьма перспективной представляется технология ПЦР-диагностики зараженности лугового мотылька патогенами на основе амплификации фрагментов рибосомальной ДНК. В настоящее время метод ПЦР-диагностики адаптирован нами для оценки зараженности чешуекрылых насекомых микроспоридиями (рис. 3) и бакуловирусами. Применение этой технологии значительно ускоряет и упрощает проведение массовых анализов, а также повышает чувствительность диагностики как минимум в два раза (табл. 2), давая возможность выявлять, в том числе, латентные инфекции.

Гипотеза о том, что баланс патогенности и резистентности в сис-



3. Электрофореграмма продуктов ПЦР с праймерами, специфичными к рДНК микроспоридий. 1–6 – образцы ДНК бабочек лугового мотылька; М – маркер молекулярного веса; * – амплифицированный фрагмент рДНК микроспоридий (= положительный ответ)

теме «паразит–хозяин», контролируемый солнечной активностью, способен влиять на ход многолетней динамики численности лугового мотылька, не противоречит выводам А.Л. Чижевского (1976), касающимся эпидемий инфекционных заболеваний человека, а также представлениям о существенной роли иммунных реакций хозяев в развитии микроспоридиозов (Khan, Didier, 2004). Эта гипотеза, дополняющая общепринятую погодно-климатическую концепцию цикличности, в принципе, может дать разумное объяснение непостоянству интервалов между вспышками и асинхронности подъемов численности в разных частях ареала в случае подтверждения вариации видовой разнообразия патогенных микроорганизмов вредителя в пространстве и времени.

В 2008 г. в ряде субъектов Российской Федерации началась очередная вспышка размножения лугового мотылька. Свирепствовать вредитель начал в Забайкалье, где превышающую экономический порог вредоносности плотность гусениц обнаруживали на 80 % заселенных площадей, так что в ряде районов пришлось объявлять чрезвычайную ситуацию (ЧС), а затем и в Приморье, где он стал причиной гибели 6,9 тыс. га посевов (Буханистая, Поздышева, 2009). В 2009 г. заселенная вредителем площадь продолжала нарастать, в одной лишь Амурской области она превысила 400 тыс. га. Луговой мотылек в больших количествах обнаруживался также в Бурятии, Красноярском и Алтайском краях, Иркутской, Новосибирской, Кемеровской, Омской и Томской

Таблица 2

Чувствительность диагностики микроспоридий в бабочках лугового мотылька при использовании световой микроскопии (СМ) и полимеразной цепной реакции (ПЦР)

Место и время отлова	Объем выборки	Выявлено зараженных особей при использовании			
		СМ		ПЦР	
		число	%±m%	число	%±m%
Краснодарский край, 2007	25	1	4	2	8
Республика Башкортостан, 2007	36	1	2,8	2	5,6

Примечание: m – стандартная ошибка средней.

областях, Хакасии, отмечено его появление даже на Сахалине. При этом вредитель не смог реализовать свой потенциал в полной мере из-за неблагоприятных для его развития погодных условий, сложившихся в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Естественно задаться вопросом: каков прогноз дальнейшего поведения вредителя и когда же, наконец, его вредная деятельность пойдет на убыль? Чтобы ответить на эти вопросы, обратимся к прошлым вспышкам размножения.

За период с середины XIX по конец XX века очаги массового размножения лугового мотылька возникали на юго-востоке Украины, юге ЦЧР, в Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе, в Западной Сибири, Северном Казахстане, Монголии и на севере Китая. В течение 2–3 лет область высокой численности лугового мотылька нарастала, расширяясь на северо-запад ареала. Обычно вспышка длилась от 4 до 8 лет с наибольшим охватом территории на 2–3-м году после ее начала. Как правило, численность достигала максимума во время засухи после года с теплым и дождливым летом. Известно, что в условиях засухи резко снижается плодовитость и возрастает бесплодие бабочек, что приводит к снижению численности насекомого во втором и третьем поколениях. Поэтому неудивительно, что в последующие годы вспышка постепенно затухала. Тем не менее, и в годы спада в отдельных районах вредитель еще в течение 2–3 лет был способен наносить существенный ущерб. Как правило, первоначально спад численности обнаруживался на севере ареала, затем зона массового размножения сокращалась до отдельных очагов, и на большей части ареала наступала долгожданная депрессия, длящаяся от 2 до 6 и более лет. Интенсивность нынешней, четырнадцатой по счету из числа заре-

гистрированных в России глобальных вспышек, можно прогнозировать, основываясь на обратной корреляционной связи чисел Вольфа в год пика пятнообразования со степенью охвата ареала массовым размножением.

Согласно этой зависимости нынешняя вспышка должна продлиться от четырех до пяти лет (2008–2012 гг.) с вероятным максимумом размножения в 2010 г, когда общая заселенная площадь в период пика может достичь 5,5–6 млн га. Впрочем, учитывая неблагоприятные для развития вредителя условия, сложившиеся на значительной части ареала в 2009 г., заселенная в 2010 г. луговым мотыльком площадь, скорее всего, будет существенно меньше. При возникновении благоприятных для развития вредителя условий, вероятнее всего на территориях, относящихся к Центральному, Южному, Приволжскому и Уральскому федеральным округам, будет происходить подъем его численности вплоть до перехода в фазу высокой численности. Для Сибирского федерального округа опасность возникновения

чрезвычайных ситуаций в отношении лугового мотылька в 2010 г. также сохраняется достаточно высокой, однако, вероятнее всего, в Восточной Сибири численность вредителя расти не будет. В Дальневосточном федеральном округе наиболее вероятен переход насекомого в фазу депрессии.

Данный прогноз носит общий характер, так как основан на среднескользящих оценках и тенденциях. Его уточнение по регионам возможно, в том числе, по результатам анализа зараженности насекомых патогенными микроорганизмами. В соответствии с заключенным договором о сотрудничестве ФГУ «Россельхозцентр» с ВИЗР по этому и другим особо опасным вредным организмам просим заинтересованные филиалы «Россельхозцентра» присылать в лабораторию фитосанитарной диагностики и прогнозов ВИЗР фиксированный материал по луговому мотыльку: сухой (имаго) либо заспиртованный (пре-имагинальные стадии).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 09-04-00619) и гранта Президента РФ МК-3419.2009.4.

Аннотация. На территории РФ существуют четыре крупных очага (Калмыцко-Астраханский, Южно-Уральский, Хакасско-Алтайский и Забайкальский), где даже в периоды депрессии лугового мотылька его численность может превышать пороговые значения. Глобальные изменения численности вредителя в пределах ареала тесно скоррелированы с изменениями солнечной активности. Помимо погодных факторов на численность насекомого серьезное воздействие оказывают патогенные микроорганизмы, такие, как микроспоридии и бакуловирусы. Точность сезонного прогноза лугового мотылька значительно повышается, если учитывать зараженность предшествующего поколения патогенными микроорганизмами. ПЦР-диагностика позволяет быстро и надежно выявлять инфекции у вредителя, в том числе латентные.

Ключевые слова. Луговой мотылек, периодичность вспышек размножения, факторы динамики численности.

Abstract. On the territory of Russia four large geographic spots, namely Kalmykia-Astrakhan, South Ural, Khakassia-Altai and Transbaikalia, are distinguished where beet webworm numbers can exceed economic threshold values even during population depression of the pest occurring everywhere. Within the pest geographic area, global fluctuation of population density is tightly correlated to the changes of solar activity. Besides weather factors, pathogenic microorganisms such as microsporidia and baculoviruses, influence seriously density of the pest. Accuracy of seasonal forecast of beet webworm numbers can considerably increase in the case of taking into consideration of infections caused by pathogenic microorganisms. PCR technology effectively and reliably detects infections, including the latent ones.

Keywords. Beet webworm, cyclic outbreaks, factors of population dynamics.