

УДК 632.78

© Ю. В. Аханаев, М. Н. Берим, Дзян Синьфу, Д. А. Кучеров,  
Луо Личжи, Ю. М. Малыш, С. Я. Резник, А. Х. Саулич,  
В. А. Соболев, Ю. С. Токарев, А. Н. Фролов и Чжан Лей

**ФОТОПЕРИОДИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ЛУГОВОГО  
МОТЫЛЬКА *LOXOSTEGE STICTICALIS* L. (LEPIDOPTERA,  
PYRALOIDEA: CRAMBIDAE) ИЗ ВОСТОЧНЫХ И ЗАПАДНЫХ  
ЧАСТЕЙ АРЕАЛА**

[Yu. V. AKHANAEV, M. N. BERIM, JIANG XINGFU, D. A. KUCHEROV, LUO LIZHI,  
Yu. M. MALYSH, S. Ya. REZNIK, A. Kh. SAULICH, V. A. SOBOLEV, Yu. S. TOKAREV,  
A. N. FROLOV a. ZHANG LEI. PHOTOPERIODIC REACTION OF THE BEET WEBWORM  
*LOXOSTEGE STICTICALIS* L. (LEPIDOPTERA, PYRALOIDEA: CRAMBIDAE) POPULATIONS  
FROM EAST AND WEST PARTS OF ITS RANGE]

Луговой мотылек *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera, Pyraloidea: Crambidae) — особо опасный многоядный вредитель, которого отличают способность к дальним миграциям, агрегированность пространственного распределения и периодичность вспышек массовых размножений, область которых охватывает юг России и север Китая. В частности, на территории Российской империи, бывшего СССР и современной России вспышки регистрировались в 1853—1857, 1864—1869, 1872—1880, 1889—1892, 1898—1903, 1908—1914, 1916—1921, 1927—1935, 1948—1949, 1956—1959, 1972—1980, 1982—1988, 2000—2002 гг. и с 2008 г. по настоящее время (Алехин, 2002; Фролов и др., 2010; Фролов, 2011а). Прогноз вспышек размножения лугового мотылька осложняется высокой миграционной активностью имаго. Миграции мотылька наблюдаются довольно часто, и многие исследователи связывают внезапные вспышки размножения именно со способностью бабочек перелетать на дальние расстояния.

Еще в 30-е годы XX в. была обнаружена тесная связь миграций лугового мотылька с циклоническими депрессиями (Пятницкий, 1936). А. В. Знаменский (1932), по-видимому, первым предположил, что способность имаго перемещаться с воздушными потоками к центрам циклонических депрессий, где обилие влаги стимулирует созревание яйцепродукции у самок и обеспечивает гусениц необходимым кормом, могла сформироваться у лугового мотылька «в условиях засушливых степей, аборигенным обитателем которых он, очевидно, и является». Синоптическая модель дальних миграций лугового мотылька в современном виде сформировалась в 70-х годах XX в. (Макарова, Доронина, 1994), так что сейчас траектории перелетов, высоту, скорость, дальность, а также переносимую воздушными потоками биомассу насекомых можно оценивать методами радиолокации или дистанционного мониторинга со спутников. На практике эти разработки Всесоюзного НИИ защиты растений в той или иной мере удалось реализовать не в СССР, а в Китайской Народной Республике, где с 1949 г. зарегистрирова-

ны 3 сильнейшие вспышки массового размножения лугового мотылька (1953—1959, 1978—1984 гг. и с 1996 г. по настоящее время). И если в нашей стране миграции лугового мотылька отмечают, как и 70 лет назад (Стрельников, 1935; Мельниченко, 1936), «на глазок», то в Китае за перелетами вредителя следят радары, видовой состав мигрантов уточняется с помощью специальных световых ловушек и азростатов, а для мониторинга миграционных потоков в реальном времени используется информация от сети метеостанций (Feng et al., 2004; Zhang Yun-Hui et al., 2007, и др.). На основании результатов мониторинга миграционной активности лугового мотылька китайские специалисты объясняют вспышки размножения на севере Китая отчасти залетами вредителя с территории Российской Федерации (Chen Xiao et al., 2008; Luo Lizhi et al., 2009). К сожалению, накопленный в КНР опыт по отслеживанию миграций лугового мотылька не может быть напрямую использован в России по ряду причин, одна из которых — неразвитость сети метеостанций на территории нашей страны (Фролов, 2011б).

Область распространения лугового мотылька в России охватывает лесостепную, степную и юг таежной зоны. Этот вид постоянно присутствует в Северном, Северо-Восточном и Центральном Китае и в Монголии, а в периоды вспышек обнаруживается в Болгарии, Румынии, Венгрии, странах бывшей Югославии, Австрии, Чехии, Словакии, Польше, Украине, Молдавии, Турции, Ираке (Кузнецова, Чумаков, 2008). К сожалению, полной ясности по поводу того, какими факторами обуславливается структура его ареала, до сих пор нет. Еще в 1934 г. А. Н. Мельниченко (1934) писал, что «никто так и не смог указать строго локализованных очагов размножения мотылька, какие, например, известны для азиатской саранчи. Наоборот, обследования запасов зимующих гусениц показывают, что у лугового мотылька таких строго локализованных очагов размножения не имеется, и что эти очаги каждый год передвигаются в обширной зоне». Г. К. Пятницкий (1936), подводя итог масштабным исследованиям многолетней вспышки массового размножения лугового мотылька в 30-х годах XX в., писал, что «как зона „случайных залетов“, так и зона „постоянных очаговых резерваций“ являются по их пригодности для развития мотылька вполне равноценными. Однако в южных степных районах, в зоне „постоянных очаговых резерваций“ развитие мотылька приобретает характер внезапной вспышечности». И. Б. Кнорр (2011) указывает, что луговой мотылек — широкоареальный, кочующий по Евразии вид, при этом «традиционно мотыльковой территорией являются лишь окраинные области ареала, включающие сухостепные и полупустынные районы, выступающие в качестве резерватов вредителя, откуда и идут экспансионистские миграционные волны имаго». До сих пор все эти замечательные догадки и наблюдения не получили безусловного научного подкрепления.

Условия среды определяют не только границы ареала, но и закономерности размещения особей в пределах этих границ. Сезонные циклы активного развития и формирования диапаузы у насекомых контролируются, как известно, температурными и фотопериодическими реакциями (ФПР) (Данилевский, 1961), при этом ФПР каждой географической популяции обычно характеризуется своей наследственно закрепленной изменчивостью параметров в зависимости от географических координат и высоты места обитания. Именно благодаря этому на всей территории ареала вида осуществляется полное соответствие сезонного цикла конкретной популяции локальным условиям климата. В подавляющем большинстве случаев такая строгая синхронизация, несомненно, адаптивна. Она позволяет максимально использовать ресурсы и своевременно формировать зимовочное состояние, обеспечивая таким образом постоянное существование данной популяции в конкретной местности. Одновременно синхронизация сезонного цикла с из-

менениями климатических показателей в данной местности препятствует успешности дальних перемещений насекомых даже в пределах видового ареала, поскольку нарушает гармонию оптимальных сроков формирования диапаузы и параметров ФПР локальной популяции.

Основной экологической характеристикой длиннодневной ФПР является пороговая (критическая) длина дня, разделяющая весь вегетационный сезон на два периода: когда длина дня превышает критическую, идет активное развитие, а когда она меньше критической, начинается формирование диапаузы. В лабораторных условиях за критическую длину дня принимают фотопериод, при содержании в котором диапаузу формирует половина особей.

В основу рабочей гипотезы при планировании данного исследования положены результаты опытов по индукции диапаузы во взаимно перемещенных популяциях лугового мотылька из Краснодарского края и Белгородской обл. (Саулич и др., 1983; Горышин и др., 1986). На основании проведенных экспериментов и фенологических наблюдений сделан предварительный вывод о том, что параметры ФПР лугового мотылька наиболее полно соответствуют фототермическим условиям степей юга Украины и Северного Кавказа, и высказано предположение, что именно южные зоны европейской части бывшего СССР могут служить резервацией лугового мотылька и источником его распространения на север при вспышках массового размножения вредителя.

Цель настоящей работы — охарактеризовать особенности фотопериодической реакции популяций лугового мотылька в западных (Краснодарский край, Ростовская обл.) и в восточных (Бурятия, Китай) частях ареала вредителя. Сходство параметров этих реакций можно рассматривать как свидетельство в пользу гипотезы о единстве происхождения исследованных популяций мотылька.

Эксперименты проводились в Лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР), Лаборатории эволюционной и физиологической экологии насекомых Санкт-Петербургского государственного университета и в Лаборатории экспериментальной энтомологии и теоретических основ биометода Зоологического института РАН.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

1. Места сбора материала. При выборе мест для сбора коконов или имаго лугового мотылька использовали информацию о местах массового размножения вредителя, предоставляемую в ВИЗР филиалами ФГУ «Россельхозцентр» и опытными станциями института. В 2011—2012 гг. сборы имаго проводили на Ростовском опорном пункте ВИЗР (Сальский р-н Ростовской обл., 46.3° с. ш., 41.1° в. д.) и в окрестностях хут. Слободка (Славянский р-н Краснодарского края, 45.6° с. ш., 38.8° в. д.). В 2012 г. коконы лугового мотылька были получены из Селенгинского р-на Республики Бурятия (50.6° с. ш., 108° в. д.) и из Китайской Народной Республики [провинция Хэбэй (Hebei), округ Канбао (Kangbao), 41.8° с. ш., 114° в. д.].

2. Условия разведения насекомых. Имаго содержали в термостатах при температуре 26 °С и фотопериоде 16 ч света в сутки. Яйца для опытов получали как от бабочек, пойманных в природе, так и от особей лабораторной культуры и группами по 10—15 помещали в чашки Петри. Гусениц группами по 30 особей выращивали в контейнерах емкостью 0.8 л. В качестве корма использовали листья мари белой (*Chenopodium album* L.) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.). Для предотвращения конкуренции за пищу корм предоставлялся в избытке и менялся ежедневно. Перед коконированием гусениц старших возрастов пересаживали в контейнеры объемом 1 л, заполненные древесными опилками.

3. Схема опытов. Гусениц ростовской популяции содержали в фотопериодических режимах от 12 до 18 ч света в сутки при постоянной температуре 25 и 20 °С. Насекомых из Бурятии тестировали при тех же фотопериодах, но при температуре 25 и 19 °С. С особями из Краснодарского края и Китая опыты проводились только при одной постоянной температуре 25 °С в том же диапазоне фотопериодов. В каждом варианте прослеживалась индивидуальная судьба каждой гусеницы вплоть до вылета имаго в случае активного развития или остановки его на стадии прониимфы в случае диапаузы. Критерием наступления диапаузы у лугового мотылька служило отсутствие вылета бабочек в течение месяца после формирования прониимфы (Саулич и др., 1983). По истечении этого срока коконы вскрывали и учитывали только живых особей. Тенденцию к диапаузе оценивали по процентной доле диапаузирующих прониимф от общего количества живых насекомых.

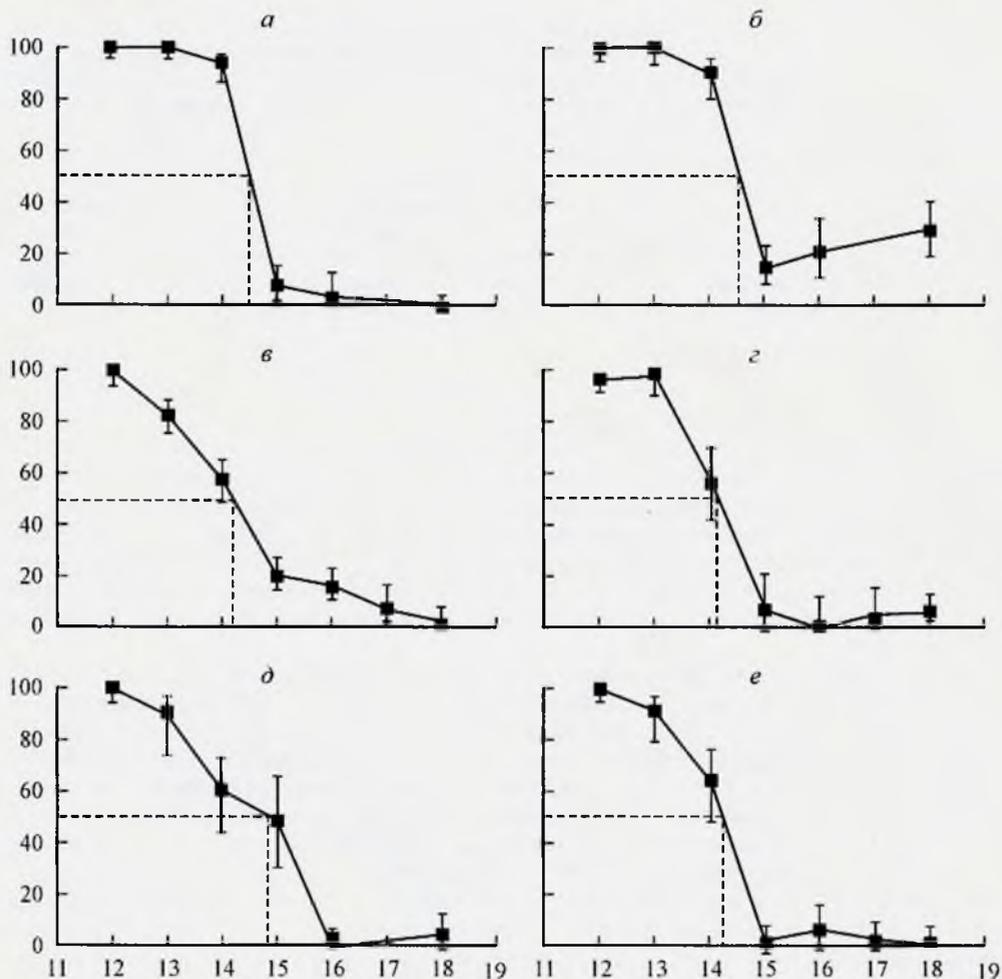
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По процентной доле диапаузирующих прониимф были построены кривые ФПР для 4 популяций лугового мотылька (см. рисунок). Анализ этих графиков свидетельствует о том, что температура (в изученных пределах) не оказывала существенного влияния на ход кривых ФПР. Небольшое усиление тенденции к диапаузе при повышении температуры от 19 до 25 °С обнаружено у насекомых из Бурятии, тогда как у особей из Ростовской обл. значение критического фотопериода при температурах 20 и 25 °С было практически одинаковым.

Новые данные о ФПР лугового мотылька из Ростовской обл., Краснодарского края, Бурятии и Китая подтверждают отсутствие сколько-нибудь значительной изменчивости ее параметров на обширном пространстве ареала. Порог фотопериодической реакции у всех исследованных популяций находится между 14 и 15 ч. Эти результаты полностью согласуются с ранее полученными данными для популяций лугового мотылька из Белгорода (50° с. ш.), Хабаровска (48° с. ш.), Славянска-на-Кубани (45° с. ш.) и Нальчика (43° с. ш.) (Саулич и др., 1983; Горышин и др., 1986), а также близки к данным китайских коллег (Huang Shao-Hong et al., 2009), которые определили для лугового мотылька критическую длину дня в 14—13 ч в диапазоне температур 18—30 °С. Таким образом, можно говорить об отсутствии существенной географической изменчивости ФПР лугового мотылька как в России, так и в Китае.

Отсутствие географической изменчивости ФПР, с одной стороны, создает предпосылки для свободных перемещений насекомых в пределах ареала, но с другой — сокращает территорию, в пределах которой фенология развития оптимально адаптирована к местному климату (Саулич и др., 1983; Горышин и др., 1986). Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о сходстве условий окружающей среды в очагах (возможно, в одном обширном очаге) размножения лугового мотылька, откуда происходит экспансия вредителя на остальные территории во время периодических подъемов его численности (Саулич и др., 1983; Горышин и др., 1986; Саулич, 1999).

Пространственный анализ с использованием геоинформационной системы (Саулич и др., 2005) позволил выявить в России 4 района, в которых даже в периоды депрессий численность вредителя может возрастать: 1) Калмыкия и Астраханская обл., 2) Южный Урал (Башкирия, Челябинская обл.), 3) юг Западной Сибири (Хакасия, Кемеровская обл., Алтайский край), 4) юг Забайкалья. Характерной особенностью этих территорий является сочетание пахотных угодий и целинных степных и полупустынных массивов, где условия, вероятно, позволяют вредителю сохраняться в годы депрессий численности. В Китае постоянные очаги размножения лу-



Фотопериодическая реакция разных географических популяций лугового мотылька.  
*a* — Ростовская обл., 25 °С; *б* — то же, 20 °С; *в* — Бурятия, 25 °С; *г* — то же, 19 °С; *д* — Краснодарский край, 25 °С; *е* — Китай, 25 °С. По оси абсцисс — длина дня, ч; по оси ординат — процентная доля диапаузирующих примагов и 95%-ые доверительные интервалы. Пунктиром показана пороговая длина дня, при которой отмечена диапауза 50 % особей.

гового мотылька располагаются на севере страны — в провинциях Хэбэй (Чжанцзякоу), Шаньси (Датун) и прилегающих районах Внутренней Монголии (Вуланчабу), а в последние десятилетия обнаружены также на северо-востоке — в северо-восточной части Внутренней Монголии (Большой Хингаи) и на западе провинции Хэйлунцзян (равнина Суннэнь) (Chen Xiao et al., 2008; Luo Lizhi et al., 2009). На большей же части ареала (к северу от степной зоны) луговой мотылек, вероятно, представлен лишь временными популяциями, неспособными постоянно поддерживать свою численность без притока мигрантов из южных степных районов (особенно в периоды депрессий).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-91174-ГФЕН\_а «Изучение экологических аспектов диапаузы и миграций лугового мотылька *Loxostege sticticalis* в

приграничном регионе России и Китая») и Государственного фонда естественных наук Китая (грант № 31071677 программы «International Projects of Cooperation and Exchange»).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехин В. Т. Луговой мотылек // Защита и карантин растений. 2002. № 6. С. 50—71.
- Горышин Н. И., Саулич А. Х., Волкович Т. А. Фототермические адаптации лугового мотылька. Рукопись депонирована в ВИНИТИ. 2929-В. 1986 г. 56 с.
- Данилевский А. С. Фотопериодизм и сезонное развитие насекомых. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 243 с.
- Знаменский А. В. Погода и луговой мотылек // Сб. ВИЗР. 1932. № 2. С. 30—33.
- Кнорр И. Б. Луговой мотылек (*Loxostege sticticalis* L.) в Сибири. Новосибирск, 2011. 196 с.
- Кузнецова Т. Л., Чумаков М. А. *Loxostege sticticalis* L. — Луговой мотылек / Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. (ред.). Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. 2008, [http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Loxostege\\_sticticalis/](http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Loxostege_sticticalis/)
- Макарова Л. А., Доронина Г. М. Синоптический метод прогноза дальних миграций вредных насекомых. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. 197 с.
- Мельниченко А. Н. Закономерности массовых перелетов лугового мотылька и проблема построения прогноза его залетов // Тр. защ. раст. 1936. Сер. Энтомол., вып. 17. 56 с.
- Пятницкий Г. К. К вопросам экологии и теории массовых размножений лугового мотылька Л.: ЦУЕГМС, 1936. 112 с.
- Саулич А. Х. Сезонное развитие насекомых и возможности их расселения. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 248 с.
- Саулич А. Х., Волкович Т. А., Горышин Н. И. Фотопериодический контроль развития лугового мотылька (*Loxostege sticticalis*) в природных условиях // Зоол. журн. 1983. Т. 62, вып. 11. С. 1663—1675.
- Саулич А. Х., Саулич М. И., Малыш Ю. М. Геоинформационная система для пространственного анализа динамики макроочагов лугового мотылька // Матер. II Всерос. съезда по защ. раст., СПб., 5—10 декабря 2005 (в 2 томах). СПб., 2005. Т. 1. Фитосанитарное оздоровление экосистем. С. 95—97.
- Стрельников И. Д. Перелеты лугового мотылька // Изв. Науч. ин-та им. П. Ф. Лесгафта. 1935. Т. 19, вып. 1. С. 77—120.
- Фролов А. Н. Луговой мотылек угрожает сельскому хозяйству России // Защита растений. 2011а. № 8 (189). С. 10—11.
- Фролов А. Н. Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга // Защита и карантин растений. 2011б. № 4. С. 15—20.
- Фролов А. Н., Саулич М. И., Малыш Ю. М., Токарев Ю. С. Луговой мотылек: цикличность многолетней динамики численности // Защита и карантин растений. 2010. № 2. С. 49—53.
- Chen Xiao, Zhai Baoping, Gong Ruijie, Yin Minghao, Zhang You, Zhao Kuijun. Source area of spring population of meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae), in Northeast China // Acta Ecol. Sin. 2008. Vol. 28, N 4. P. 1521—1535.
- Feng H. Q., Wu K. M., Cheng D. F., Guo Y. Y. Spring migration and summer dispersal of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and other insects observed with radar in northern China // Environm. Entomol. 2004. Vol. 33, N 5. P. 1253—1265.
- Huang Shao-Hong, Jiang Xing-Fu, Luo Li-Zhi. Effects of photoperiod and temperature on diapause induction in the beet webworm *Loxostege sticticalis* Linnaeus (Lepidoptera: Pyralidae) // Acta Entomol. Sin. 2009. Vol. 52, N 3. P. 274—280.
- Luo Lizhi, Huang Shaozhe, Jiang Xingfu, Zhang Lei. Characteristics and causes for the outbreaks of beet webworm, *Loxostege sticticalis* in northern China during 2008 // Plant Protection. 2009. Vol. 35, N 1. P. 27—33.

Zhang Yun-Hui, Chen Lin, Cheng Deng-Fa, Jiang Yu-Ying, Lu Ying. The migratory behaviour and population source of the first generation of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) in 2007 // Acta Entomol. Sin. 2008. Vol. 51, N 7. P. 720—727.

Всероссийский НИИ защиты растений  
Россельхозакадемии,  
Пушкин—Санкт-Петербург;  
Санкт-Петербургский государственный  
университет;  
Зоологический институт РАН,  
Санкт-Петербург;  
Филиал ФГУ «Россельхозцентр»  
по Республике Бурятия, Улан-Удэ;  
Институт защиты растений  
Академии сельскохозяйственных наук  
Китая, Пекин.  
E-mail: andrei.n.frolov@gmail.com

Поступила 4 I 2013.

#### SUMMARY

The beet webworm, *Loxostege sticticalis* L. is a very dangerous polyphagous insect pest which outbreaks periodically occur in southern Russia and northern China. The aim of our work was to describe the photoperiodic response of beet webworm populations from western (Krasnodar Territory and Rostov Province) and eastern [Buryatia and China (Hebei Province)] parts of the pest range. Insects were reared under constant photoperiods of 12—18 h and constant temperatures of 19—25 °C. The comparative analysis of photoperiodic response (pattern of dependence of the proportion of diapausing pronymphs on day length) did not reveal any significant variability in response parameters in relation to latitude and longitude of collection place, a threshold day length of all populations inspected was 14—15 h. The results obtained confirm a hypothesis on the existence of the areas (or a single entire area) where the pest survives during adverse period and wherefrom it spreads when an outbreak begins (Saulich et al., 1983; Goryshin et al., 1986). Presumably, the larger part of the pest native habitats (to the north of the steppe zone) is occupied by temporary populations, not capable of surviving for long periods without an inflow of migrants from more southern steppe regions.