

УДК 632.78:632.937.32

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВОЙ МОЛИ *SITOTROGA CEREALELLA* (OLIV.)

Ю. А. ЗАХВАТКИН, С. С. М. ХАССАНЕЙН

(Кафедра энтомологии)

Зерновая моль *Sitotroga cerealella* (Oliv.) распространена повсеместно и является опасным вредителем зерновых культур [3, 5, 6, 9, 10, 13]. Основной вред причиняют гусеницы моли, которые, питаясь внутри зерен, ведут скрытое существование вплоть до окрыления. Поврежденные ими семена не пригодны ни для использования в пищу, ни для посева.

Заселение зерновых культур молью начинается в период их цветения и продолжается при образовании семян, уборке и хранении урожая. В суровых условиях высоких широт зерновая моль становится вредителем запасов, размножаясь в течение всего года в хранилищах. В теплых районах она дает до 8 поколений в год.

Большинство посвященных этому виду исследований направлено на разработку и совершенствование методов химической защиты. Следует отметить, что при использовании пестицидов создается определенная опасность загрязнения окружающей среды. Вместе с тем продолжается

формирование рас, устойчивых к данным препаратам. Необходим поиск возможных альтернатив применения пестицидов, который немалозначим без исследований биологических и экологических предпосылок проявления вредоносности зерновой моли. Значение тщательного изучения биологии и экологии зерновой моли возрастает, если учесть, что ее яйца используются в биологических лабораториях и на биофабриках для разведения трихограммы — наиболее широко применяемого энтомофага вредителей многих сельскохозяйственных культур.

Целью данной работы было выявить влияние экологических факторов, в частности температуры, на биологические особенности размножения и развития зерновой моли.

Материал и методы исследования

Исходный материал был отобран из заселенных вредителем зерен пшеницы. В дальнейшем лабораторная культура зерновой моли содержалась в стеклянных сосудах емкостью 1 л с 500 г зерен пшеницы, которые плотно закрывались марлей и помещались в термостат для окрыления имаго. Режим работы термостата соответствовал условиям, оптимальным для размножения и развития вредителя ($26 \pm 1^\circ$ при $70 \pm 5\%$ относительной влажности воздуха). Необходимая влажность поддерживалась при помощи КОН по методике [1, 12].

Окрылившись особей ежедневно переносили в пластмассовые чашки для получения датированных кладок яиц. Яйца прикреплялись самками к гладкой белой бумаге через покрывающую чашки марлю. Ежедневно 0,5 г яиц одного возраста (0—24 ч) переносили мягкой кисточкой в стеклянные изоляторы, заполненные 500 г предварительно стерилизованных зерен пшеницы (при 80° в течение 5 ч). Снабженные соответствующими этикетками изоляторы ставили в термостаты, в которых поддерживались оптимальная влажность воздуха и температура, соответствующая вариантам эксперимента — 21 , 26 и 31° .

При изучении влияния температуры на ход эмбрионального развития зерновой моли по 100 свежееотложенных яиц в возрасте от 0 до 24 ч переносили на маленькие кусочки темной ткани. Эти кусочки затем помещали в чашки Петри, которые ставили в эксикаторы с $70 \pm 5\%$ относительной

влажностью воздуха. Повторность в каждом варианте 4-кратная. Через 3 дня после начала эксперимента яйца ежедневно обследовали, подсчитывали количество вылупившихся гусениц, определяли сроки эмбрионального развития и процент вылупляемости гусениц.

Для исследования влияния температуры на откладку яиц и длительность жизни имаго окрылившись самцов и самок в возрасте 24 ч помещали в стеклянные трубочки длиной 7, диаметром 2,5 см со сложенной гармошкой черной бумагой для откладки яиц. После этого трубочки закрывали с обоих концов марлей. Ежедневно начиная с момента откладки яиц подсчитывали количество насекомых. Повторность 10-кратная.

При изучении влияния температуры на ход развития и размножения зерновой моли в стеклянные трубочки ($7 \times 2,5$ см) с 20 г зерен пшеницы помещали 4 пары имаго в возрасте 0—24 ч. Трубочки закрывали марлей и ставили в эксикаторы. Повторность 4-кратная. Учитывали сроки откладки яиц и длительность их развития по фазам вплоть до окрыления имаго следующего поколения. Пол особей определяли по форме заднего конца тела. Число окрылившись самцов и самок подсчитывали ежедневно.

Статистическую обработку экспериментальных данных, анализ достоверности различий (F) проводили по алгоритмам [11].

Результаты и их обсуждение

Фаза яйца. Наши исследования показали, что ход эмбриогенеза зависит от режима температуры (табл. 1). Из всех испытанных режимов наиболее благоприятной для развития оказалась температура 26° , поскольку в этом варианте зарегистрирован наибольший процент (94,5) вылупившихся гусениц. Понижение или повышение температуры приводило к статистически существенному уменьшению данного показателя. В частности, при 21° вылупляемость яиц снизилась на 12,25%, а при 31° — на 10,5%. Различия между этими вариантами статистически недостоверны, что позволяет прийти к следующему заключению: снижение или повышение температуры равно неблагоприятны для хода эмбриогенеза.

Близкие данные были получены в исследованиях [4] с огневками *Ephestia figulilella* и *Ephestia calidella*, культивируемыми при разных температурах и постоянной влажности 70%. При этом было отмечено, что оптимальной температурой для первого вида была 30° (смертность яиц 5%), тогда как при понижении температуры до 15° и ее повыше-

нии до 35° смертность яиц возрастала соответственно до 27 и 8%. Смертность яиц *Ephestia calidella* была самой низкой (8%) при 30°, она возрастала до 12 и 23% соответственно при 37,5° и 15°.

Сроки инкубации яиц. Известно, что между длительностью развития яиц и температурой существует отрицательная корреляция. При 31° период инкубации яиц был наиболее коротким (4,05 сут), при 21° — наиболее длинным (7,41 сут). Статистический анализ данных свидетельствует о существенности различий между всеми вариантами.

Полученные результаты не противоречат имеющимся в литературе данным. В частности, исследованиями [7] показано, что яйца зерновки *Bruchidius alferii* развиваются в течение 5,1 сут при 32°, 12,8 сут — при 23° (в обоих вариантах относительная влажность воздуха 50%). По данным [4], яйца огневка *E. figulilella* и *E. calidella* развивались соответственно 3,9 и 4,2 сут при 30°, но 19 и 18,6 сут — при 15° (влажность 70%).

Длительность периода до откладки яиц. Статистический анализ данных показал, что различия в средней длительности данного периода между вариантами весьма существенны, за исключением 26 и 31° (1,8 и 1,3 сут соответственно). При 21° самки приступали к откладке яиц лишь через 2,6 сут, что можно объяснить задержкой спаривания с относительно пассивными при данной температуре самцами (табл. 2). Сходные результаты были получены в экспериментах [7] с зерновкой *Bruchidius alferii*. Наименьший период до откладки яиц (3—4 ч) регистрировался в этом случае при 32°. При 28 и 23° данный период несколько удлинялся, но менее чем на 1 сут. При 16° он растягивался до 2 сут, а некоторые особи откладывали яйца лишь через 9 сут после окрыления.

Длительность периода откладки яиц по мере повышения температуры сокращалась, но при этом уменьшалась длительность жизни самок. Выявленные различия между вариантами высокодостоверны, за исключением вариантов 26 и 31° (соответственно 3,2 и 2,7 сут), разница между которыми существенна лишь на 5% уровне вероятности. При 21° этот период самый большой и достигает 4,2 сут. Наши результаты согласуются с данными других исследователей. Например, в опытах [14] отмечено, что у зерновки *Acanthoscelides obsoletus* период откладки яиц наиболее короткий (4,75 сут) при 30° и наиболее длинный (15,2 сут) при 15°. По данным [8], при 90% относительной влажности воздуха зерновка *Bruchus obtectus* заканчивает откладку яиц в период от 1 сут при 40,2° до 6, 12, 28 и 68 сут при температурах 38,2°, 27,1, 17,6 и 8,7° соответственно.

Длительность периода после откладки яиц была наименьшей (1,1 сут) при 31°, но по мере понижения температуры возрастала соответственно до 1,5 и 1,9 сут при 26 и 21°. Различия в сроках жизни при 21 и 31° высоко достоверны, но несущественны при сравнении данных, полученных при 21 и 26° и при 26 и 31°.

Длительность жизни имаго. Повышение температуры вело к сокращению сроков жизни имаго (табл. 2). Наиболее долго жили самцы и самки (8,0 и 8,5 сут соответственно) при температуре 21°. При повышении ее до 31° сроки жизни самцов и самок сокращались до 4,5 и 4,9 сут. При этом во всех вариантах самки жили несколько дольше самцов. Статистический анализ показал, что сроки существования осо-

Таблица 1
Сроки инкубации яиц зерновой моли и процент вылупления из них гусениц

| t, °C | Процент вылупления | Среднее время инкубации, сут |
|-------------------|--------------------|------------------------------|
| 21 | 82,25 | 7,41 |
| 26 | 94,50 | 5,66 |
| 31 | 84,00 | 4,05 |
| F _ф | 18,87** | 32,49** |
| F ₀₅ | 4,26 | 4,26 |
| F ₀₁ | 8,02 | 8,02 |
| HCP ₀₅ | 4,88 | 0,94 |
| HCP ₀₁ | 7,01 | 1,35 |

Примечание. Здесь и в последующих таблицах двумя звездочками отмечена высокая (P<0,01) достоверность различий.

Половое состояние имаго зерновой моли

| t, °C | Период, сут | | | Длительность жизни имаго, сут | | Темпы яйцекладки на самку, за 1 сут | Среднее число яиц на самку |
|-------------------|-----------------|--------------|--------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------------|----------------------------|
| | до откладки яиц | откладки яиц | после откладки яиц | самцы | самки | | |
| 21 | 2,6 | 4,2 | 1,9 | 8,0 | 8,5 | 9,8 | 68,5 |
| 26 | 1,8 | 3,2 | 1,5 | 5,0 | 5,1 | 25,7 | 101,8 |
| 31 | 1,3 | 2,7 | 1,1 | 4,5 | 4,9 | 13,6 | 54,5 |
| F _ф | 19,33** | 21,58** | 4,19* | 43,002** | 40,68** | 51,41** | 46,19** |
| F ₀₅ | 3,25 | 3,35 | 3,35 | 3,35 | 3,35 | 3,35 | 3,35 |
| F ₀₁ | 5,49 | 5,49 | 5,49 | 5,49 | 5,49 | 5,49 | 5,49 |
| HCP ₀₅ | 0,44 | 0,48 | 0,57 | 0,84 | 0,83 | 3,36 | 10,37 |
| HCP ₀₁ | 0,59 | 0,64 | 0,76 | 1,13 | 1,13 | 4,54 | 14,01 |

бей обоего пола существенно различаются при изменении температуры с 21° до 26 и 31°. Вместе с тем различия между самцами и самками по данному признаку несущественны при сопоставлении данных, полученных при 26 и 31°. Подобные данные получены и исследователями [7, 14] на *B. alfieri* и зерновке *A. obsoletus*. Сокращение длительности жизни насекомых при повышении температуры они связывают с возрастанием активности и расходования энергетических резервов. Многие вредители запасов вообще не питаются в фазе имаго. После истощения жирового тела они гибнут.

Суточные темпы откладки яиц. Наибольшее число отложенных за 1 сут яиц (25,7) отмечено при 26°, оно существенно меньше при повышении или понижении температуры (табл. 2). В частности, при 21 и 31° было отложено в среднем по 9,8 и 13,6 яиц соответственно. Различия между всеми попарно сравниваемыми вариантами существенны.

Среднее число яиц в расчете на 1 самку в течение жизни существенно зависело от температуры. Наибольшее число яиц в расчете на одну самку (101,8) было отложено при 26°, при 31° и 21° соответственно на 47,3 и 33,3 меньше. Различия между всеми вариантами оказались статистически существенными.

Сходные результаты были получены на *Acanthoscelides obsoletus* [14]: при 25° и 90 % относительной влажности воздуха эта зерновка откладывала в среднем 73,6 яиц, но при 15° и 30 % влажности — только 32,7. По данным [7], среднее число яиц, отложенных одной самкой зерновки *Bruchidius alfieri* при 32°, было равно 52,2, но при снижении температуры до 16° — в 2 раза меньше. В экспериментах [8] показано,

Таблица 3

Потенциал размножения и длительность онтогенеза зерновой моли

| t, °C | Число потомков на самку | | | % самцов | Самцы | Самки | Длительность развития гусениц и куколок, сут | Длительность онтогенеза, сут |
|-------------------|-------------------------|---------|---------|----------|-------|-------|--|------------------------------|
| | самцы | самки | всего | | | | | |
| 21 | 32,95 | 33,40 | 66,35 | 49,66 | 1,0 | 1,01 | 58,92 | 66,60 |
| 26 | 48,90 | 44,50 | 93,40 | 52,36 | 1,1 | 1,0 | 38,25 | 43,50 |
| 31 | 16,00 | 14,67 | 30,67 | 52,17 | 1,09 | 1,0 | 29,00 | 33,89 |
| F _ф | 26,31** | 32,81** | 62,39** | 3,45 | 0,55 | | 72,83** | 146,67** |
| F ₀₅ | 4,26 | 4,26 | 4,26 | 4,26 | 4,26 | | 4,26 | 4,26 |
| F ₀₁ | 8,02 | 8,02 | 8,02 | 8,02 | 8,02 | | 8,02 | 8,02 |
| HCP ₀₅ | 10,26 | 8,42 | 12,74 | | | | 5,74 | 4,44 |
| HCP ₀₁ | 14,74 | 12,10 | 18,31 | | | | 8,25 | 6,38 |

что максимальное число яиц (67) самка *Bruchus obtectus* откладывает при 27°.

Воспроизводство потомков. Наибольшее число взрослых потомков в расчете на самку (93,4 имаго) получено при 26°. При повышении или понижении температуры оно заметно снижалось (табл. 3). Различия между всеми вариантами статистически достоверны. Следует отметить, что самцов, окрылившихся при 26 и 31°, было несколько больше, чем самок, но различия оказались статистически несущественными. Подобные данные получены в исследованиях [4]. Число потомков у двух видов бабочек — *Erphestia figulilella* и *E. calidella* было максимальным (48 и 26 соответственно) при 30°.

Соотношение полов в потомстве практически не зависело от режима температуры (табл. 3). Это согласуется с результатами, полученными в опытах [2] с зерновой молью *Sitotroga cerealella*.

Период преимагинального развития у зерновой моли был наиболее коротким (29 сут) при 31°. В вариантах 26 и 21° он удлинялся соответственно до 38,25 и 58,92 сут. Различия между этими вариантами оказались высокодостоверными. Сходные данные были получены исследователями [7], которые обнаружили заметное торможение преимагинального развития *V. alfieri* при понижении температуры. Длительность развития личинок и куколок *E. figulilella* и *E. calidella* при понижении температуры также существенно возрастала [4].

Длительность онтогенеза при 21° составляла 66,6 сут, при 26 и 31° — соответственно на 13,1 и 22,7 сут меньше. При этом различия между вариантами были весьма существенными.

По данным [4], огневки *E. figulilella* и *E. calidella* при 70 % относительной влажности воздуха развиваются соответственно от 36 до 122 и от 27 до 200 сут при температурах, варьирующих от 20 до 30 и от 15 до 30°.

Заключение

Обнаружено весьма сильное влияние теплового режима на размножение и развитие зерновой моли. В частности, при инкубации яиц при 21°, 26 и 31° отмечены существенные различия в количестве вылупившихся гусениц и длительности периода их развития до вылупления. В фазу имаго продолжительность периодов до и после откладки яиц, периода откладки яиц и сроков жизни особей обоего пола, ежедневные темпы откладки яиц и их общее число также зависели от температуры. Данный фактор оказывает заметное воздействие на темпы воспроизводства, рассчитанные по среднему числу сформировавшихся потомков на одну самку. Лишь соотношение полов в потомстве особей, испытавших влияние разных температур, остается относительно постоянным. Увеличение температуры с 21° до 26 и 31° существенно влияет на длительность всего периода развития насекомого, начиная с момента откладки яиц до окрыления имаго.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buxton P. A. and Mellanby K. — Bull. Ent. Res. L., 1934, vol. 25, N 2, p. 171—175. — 2. Candura G. S. — Bull. Zool. Agr. Bath., 1954, vol. 16, N 1, p. 99—146. — 3. Cartwright O. L. — J. Econ. Ent., 1939, vol. 32, N 6, p. 780—782. — 4. Cox P. D. — J. Stored Prod. Res., 1974, vol. 10, N 1, p. 43—55. — 5. King J. L. — J. Econ. Ent., 1918, vol. 11, N 1, p. 87—93. — 6. Gerberg J. E., Golghein S. L. — J. Econ. Ent., 1957, vol. 50, N 4, p. 391—393. — 7. Hafez M., Osman F. H. — Bull. Soc. Ent. Egypte, 1956, vol. 40, p. 231—277. — 8. Nenusan H. Jr. — J. Econ. Ent., 1935, vol. 28, N 2, p. 448—453. — 9. Oviposition of the bean weevil *Acanthoscelides obsoletus* (Say.) (Coleoptera, Bruchidae). — Bull. Soc. Found. I Er. Entom. XXXII, 1948, p. 343—361. — 10. Russell M. R. — J. Econ. Ent., 1962, vol. 55(5), p. 814—815. — 11. Simmons P., Elington G. W. — J. Econ. Ent., 1924, vol. 17, N 1, p. 41—45. — 12. Snedecor G. W. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. — The Iowa State College Press, Amer., Iowa, 1957. — 13. Solomon M. E. — Bull. Ent. Res., 1951, vol. 42, p. 543—554. — 14. Strancener C. L. — J. Econ. Ent., 1934, vol. 27(4), p. 767—771. — 15. Zaa-zou H. — Bull. Eoc. Fond. I Er. Entom. XXXII, 1948, p. 51—70.

Статья поступила 27 марта 1985 г.