

Тийу ХАНСЕН

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ КУКОЛОК ГОРЧАКОВОЙ СОВКИ (*MAMESTRA PERSICARIAE* L.) К ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДА

Уже Н. М. Пэйн (Payne, 1927) обратил внимание на то, что при изучении холодоустойчивости насекомых необходимо различать два аспекта — устойчивость к интенсивности и устойчивость к продолжительности холода. Под первым аспектом понимается самая низкая температура, выдерживаемая насекомым в условиях кратковременной экспозиции. У видов, зимующих в состоянии переохлаждения, этой температурой является точка переохлаждения. Под вторым аспектом понимается способность насекомых переносить в течение длительных периодов (недели, месяцы) температуры ниже порога развития, в том числе и сублетальные отрицательные температуры.

В литературе имеется множество данных об устойчивости насекомых к интенсивности холода, т. е. о динамике точек переохлаждения. Что касается устойчивости к продолжительности холода, то влияние фактора времени при замерзании насекомых в сублетальных отрицательных температурах также изучено некоторыми авторами (MacPhee, 1961; Salt, 1966; Куузик, Копвиллем, 1970 и др.). Имеются данные об увеличении смертности при константной температуре с удлинением экспозиционного времени. Увеличение числа замороженных особей рассматривают как результат постепенного повышения точки переохлаждения отдельных особей до температуры опыта. Чем ниже экспозиционная температура, тем короче время замерзания насекомого, тем больше вероятность возникновения центров образования льда (Salt, 1958).

Но как изменяется устойчивость к продолжительности холода с осени до весны, как она связана с устойчивостью к интенсивности холода, это совсем не ясно. В литературе данные об этом отсутствуют. Для выяснения этих вопросов мы провели специальное исследование. В разные периоды зимовки определялась смертность куколок горчаковой совки (*Mamestra persicariae* L.) при разных константных отрицательных сублетальных температурах. Для более подробной оценки холодостойкости изучалось и воздействие фактора времени на замерзание куколок.

Материал и методика

Опыты проводились с осени по весну 1969/70 г. Куколки *Mamestra persicariae* были получены путем воспитания гусениц в литровых стеклянных банках и при соблюдении условий, близких к природным. Окукливание гусениц произошло в банках с песком. Куколки перезимовали в природных условиях в ящике, зарытом в землю и заваленном снегом. Температура в ящике не падала ниже $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Константные отрицательные температуры получали при помощи хорошо изолированного агрегата холодильника «Ока», температура которого была отрегулирована контактным термометром.

Влияние фактора времени при замерзании насекомых в отрицательных температурах изучали в сосуде Дюара в спирте, охлаждаемом сухим льдом. Температура спирта колебалась в пределах $\pm 0,1^\circ$.

Точки переохлаждения измеряли термоэлектрическим методом при помощи термопары медь—константан при скорости охлаждения $0,5^\circ$ в минуту.

Результаты и обсуждение

Куколки горчаковой совки зимуют в состоянии диапаузы. Физиологические особенности состояния покоя, как известно, вызывают повышенную холодостойкость. Зимующие насекомые имеют всегда значительную устойчивость к продолжительности холода, иначе перезимовка оказалась бы невозможной.

Чтобы выяснить устойчивость куколок к отрицательным температурам при длительных экспозициях, определяли смертность куколок в течение 16 ч при разных константных температурах с -14 по -23° . Критическая температура (температура, при которой гибнет 50% особей) при 16 ч мало отличается от критической температуры при экспозиции с продолжительностью в 20 сут, различие не превышает 1° (Hansen, Mervee, 1971). Следовательно, смертность при экспозиции в 16 ч характеризует холодоустойчивость насекомых достаточно полно. Полученные данные приведены на рис. 1. Некоторая смертность (5—25%) куколок горчаковой совки вызывалась константной температурой $8-10^\circ$ выше точки переохлаждения. Причиной смерти являлась, вероятно, дискоординация физиологических функций, обусловленная неодинаковой зависимостью разных биохимических процессов от температуры.

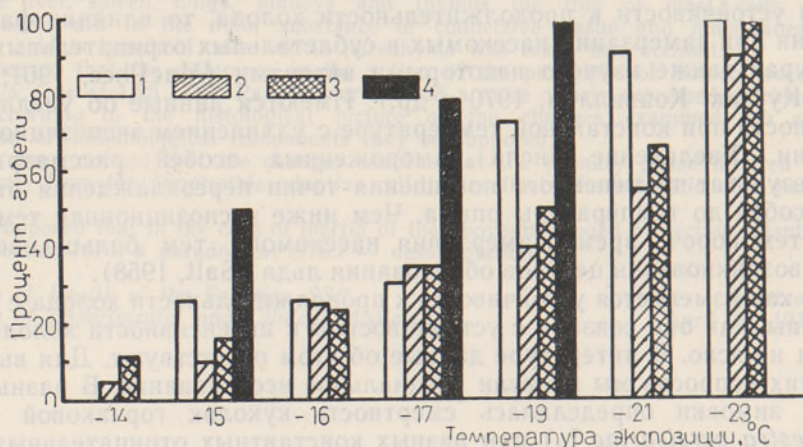


Рис. 1. Устойчивость куколок *Mamestra persicariae* к продолжительности холода в течение 16 ч при разных константных температурах. 1 — в конце октября (23 куколки); 2 — в конце февраля (20 куколок); 3 — в начале мая (26 куколок); 4 — в конце июня (24 куколки).

Из рис. 1 видно, что в разные периоды зимовки устойчивость куколок к длительному действию холода различна. В конце октября критической для куколок оказалась температура -18° , а в феврале -20° , причем различия в точках переохлаждения обеих серий были незначительными. Средние точки переохлаждения равнялись $-24,3$ и $-24,6^\circ$ соответствен-

но. Особенно ясно обнаруживались различия в устойчивости к продолжительности холода между сериями при более низких температурах ($-19 \dots -23^\circ$). Таким образом, несмотря на то что насекомые достигают максимальной способности к переохлаждению уже в октябре, максимальную способность переносить продолжительные отрицательные температуры они приобретают гораздо позже.

К началу мая устойчивость куколок к продолжительности холода опять уменьшалась, хотя и не наблюдались изменения в точках переохлаждения. Средняя точка переохлаждения 30 апреля равнялась $-24,4^\circ$. Критической температурой для куколок оказалось -19° . Интересно отметить, что в начале мая куколки были более устойчивыми по отношению к продолжительным отрицательным температурам, чем в октябре.

В конце июня в связи с продолжением процессов развития точка переохлаждения куколок повышалась до $-19,9^\circ$. Критической оказалась температура -15° .

Итак, можно сказать, что устойчивость к продолжительности холода куколок *Mamestra persicariae* изменяется сезонно, увеличиваясь зимой и уменьшаясь весной. Названные изменения не сопровождаются параллельными изменениями в точках переохлаждения.

Анализ данных показал, что различие между точкой переохлаждения и критической температурой не константная величина, а изменяется с осени до весны. Осенью (в октябре) критическая температура была на $6,3^\circ$ выше точки переохлаждения, а зимой только на $4,5^\circ$. Весной в связи с уменьшением устойчивости к продолжительности холода различие между точкой переохлаждения и критической температурой увеличивалось опять до 5° .

При содержании куколок горчаковой совки при температурах 0, -5 и -12° понижения в точках переохлаждения не наблюдалось, но выживаемость куколок в условиях длительной экспозиции при температуре -22° оказалась неодинаковой. Из куколок, содержащихся с октября по апрель при 0° , после 17,5-часовой экспозиции при -22° погибло 89,3%, из куколок, содержащихся при -5° — 72,7%, а из куколок, содержащихся при -12° , погибло только 60%.

По-видимому, при содержании в условиях низких температур увеличивается устойчивость куколок горчаковой совки к продолжительности холода. Очевидно, под влиянием низких температур в насекомых должны происходить физиологические процессы, увеличивающие их устойчивость к продолжительности холода, не влияя при этом на величину их точек переохлаждения. Следовательно, физиологические основы этих двух аспектов холодоустойчивости определяются разными процессами.

Данные о зависимости смертности куколок *Mamestra persicariae* от времени экспозиции при разных сублетальных температурах в конце апреля

Температура экспозиции, $^\circ\text{C}$	Число куколок в серии	a	b	s_b	r
-23	15	$-33,9$	49,6	5,0	0,98
-22	15	$-30,5$	37,2	4,2	0,98
-21	15	$-22,9$	26,9	1,9	0,99
-21^*	15	$-23,4$	31,1	3,0	0,99

* — опыты проводились в середине мая.

b — коэффициент регрессии процента гибели на логарифм экспозиционного времени;

s_b — стандартное отклонение от b ;

r — коэффициент корреляции;

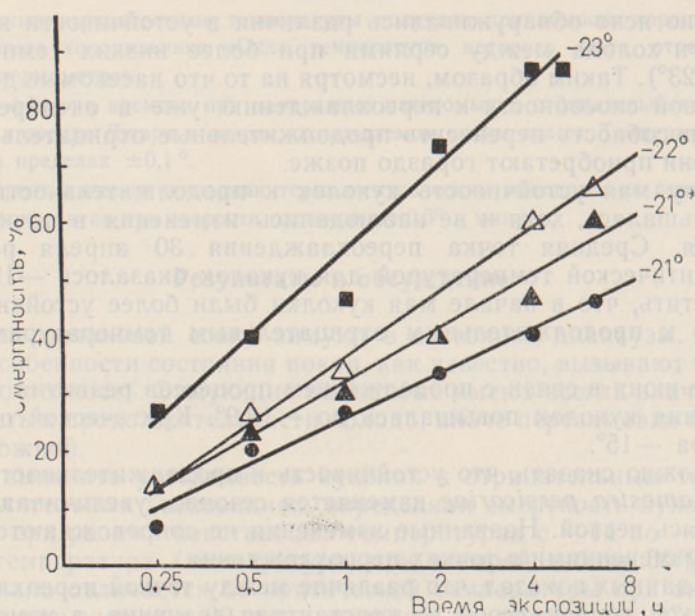


Рис. 2. Зависимость смертности куколок *Mamestra persicariae* от времени экспозиции при константных сублетальных температурах в конце апреля (* — опыты проводились в середине мая).

Изучалась зависимость смертности куколок горчаковой совки от времени экспозиции. Для этого куколки замораживались при константных сублетальных температурах. Полученные данные приведены в таблице и показаны линиями регрессии на рис. 2.

Опыты проводились в последние дни апреля, когда общая средняя точка переохлаждения куколок равнялась $24,4^{\circ}$. Наблюдалась линейная зависимость между смертностью куколок и логарифмом экспозиционного времени в течение 8 ч, на что указывают большие значения коэффициентов корреляции.

Самой низкой температурой экспозиции была -23° , т. е. ниже средней точки переохлаждения на $1,4^{\circ}$. При такой константной температуре критическое время (гибель 50% куколок) равнялось приблизительно 45 мин, а все особи погибали в течение 8 ч. При -22° критическое время равнялось 2—3 ч, а при -21° — 8 ч.

Влияние фактора времени оказалось более существенным при температуре экспозиции, близкой к точке переохлаждения. Удвоение времени экспозиции увеличивало смертность куколок при температуре -23° на 15%, а при -21° только на 8%.

Если экстраполировать опытные данные на 16 ч, то смертность куколок, найденная таким образом, хорошо совпадает с опытными данными, проведенными на рис. 1.

Полученные нами данные позволяют оценить холодостойкость куколок горчаковой совки в природных условиях и их выживание во время зимовки. Куколки *Mamestra persicariae* зимуют в почве, где температура в течение зимы находится около 0° . По данным метеорологических станций зимой в Эстонии температура почвы на глубине 2—3 см находится в пределах $-1 \dots -10^{\circ}$. Даже в бесснежные зимы средняя температура почвы под Ленинградом не падает ниже -10° (Шульгин, 1972).

Таким образом, температурные условия в почве оказываются благоприятными для насекомых.

Можно заключить, что куколки горчаковой совки являются более холодостойкими, чем требовали бы условия зимовки. Предполагаем, что зимние минимальные отрицательные температуры, по всей вероятности, не вызывают гибели куколок в период зимовки.

ЛИТЕРАТУРА

- Куузик А., Копвиллем Х., 1970. Экспериментальные данные о холодостойкости яиц рыжего соснового пилильщика *Neodiprion sertifer* Geoffr. в Эстонской ССР. Изв. АН ЭССР. Биол. 19 (4) 329—335.
- Шульгин А. М., 1972. Климат почвы и его регулирование. Гидрометеоздат. Ленинград.
- Hansen T., Merivee E., 1971. Cold-hardiness of the cabbage butterflies *Pieris brassicae* L. and *Pieris rapae* L. ENSV TA Toimet., Biol. 20 (4) : 298—303.
- MacPhee A. W., 1961. Mortality of winter eggs of the European red mite *Panonychus ulmi* (Koch), at low temperatures and its ecological significance. Canad. J. Zool. 39 (3) : 229—243.
- Payne N. M., 1927. Two factors of heat energy involved in insect cold hardiness. Ecology 8 : 194—196.
- Salt R. W., 1958. Application of nucleation theory to the freezing of supercooled insects. J. Insect Physiol. 2 : 178—188.
- Salt R. W., 1966. Relation between time of freezing and temperature in supercooled larvae of *Cephus cinctus* Nort. Can. J. Zool. 44 (5) : 947—952.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук ЭССР

Поступила в редакцию
24/VI 1974

Tiiu HANSEN

MUSTJA AIAÖLASE MAMESTRA PERSICARIAE L. NUKKUDE KÜLMAKESTUSTALUVUSEST

Resüme

Uuriti mustja aiaöölase *Mamestra persicariae* nukkude külmakestustaluvuse muutumist ning selgitati kahe külmakindluse aspekti — külmaintensiivsustaluvuse ja külmakestustaluvuse — omavahelist seost.

Külmakestustaluvus määrati nukkude suremuse põhjal 16 tunni vältel mitmesuguste konstantsete madalate temperatuuride juures. Külmaintensiivsustaluvuse mõõduks on allajahtumiseisundis talvituvail liikidel allajahtumispunkt. See määrati termoelektriliselt, vask-konstantaantermopaari abil; jahutamiskiirus oli 0,5° minutis.

Leiti, et nukkude külmakestustaluvus muutub sesoonselt, kusjuures ei esine paralleelseid muutusi nende allajahtumispunktides. Allajahtumispunkti ja kriitilise temperatuuri vahe oli oktoobris 6,3°C, veebruaris 4,5°, kevadel suurenes vahe jälle 5°-ni. Madalal temperatuuril hoidmine suurendas nukkude külmakestustaluvust, kuid ei mõjutanud allajahtumispunkti. Tuleb järeldada, et nende kahe külmakindluse aspekti füsioloogiliseks aluseks on erinevad protsessid.

Katsed näitasid ka, et *M. persicariae* nukkude suremus sõltub ekspositsiooniajast; —23° juures oli kriitiline aeg ca 45 minutit. —21° juures 8 tundi. Ekspositsioonaja kahekordistamine suurendas suremust 8—15%.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Toimetusse saabunud
24. VI 1974

Tiiu HANSEN

ON THE RESISTANCE OF *MAMESTRA PERSICARIAE* L. PUPAE TO COLD DURATION

Summary

Seasonal changes of *Mamestra persicariae* pupae in the resistance to cold duration and the relation between the two aspects of cold resistance, i. e. the resistance to cold duration and the resistance to cold intensity, were investigated.

To determine the resistance to cold duration, the mortality of the pupae exposed to different constant sublethal temperatures for 16 hours, was estimated. The supercooling point can be considered as the criterion that measures the resistance to cold intensity of the species hibernating in a supercooled state. The supercooling point was determined with a copper constantan thermocouple at a cooling rate of 0.5° per minute.

The resistance of the pupae to cold duration changed seasonally, and there occurred no parallel changes in their supercooling points.

The difference between the supercooling point and the 16-hr. critical temperature was 6.3° in October, 4.5° in February, in spring the difference became again 5° .

While the supercooling ability showed no change, the resistance of the pupae to cold duration increased when the pupae were exposed to low temperatures. It was concluded that different processes served as physiological basis of the two aspects of cold resistance.

The study of the relation between the mortality of *Mamestra persicariae* pupae and the time of their exposure to constant sublethal temperatures showed that at -23° the critical time limit was ca 45 min., at -21° it was 8 hours respectively. The doubling of the time of exposure caused an increase in mortality of about 8—15 per cent.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Zoology and Botany

Received
June 24, 1974

Исучалась зависимость смертности куколок торчаковой сойки от продолжительности экспозиции. Для этого куколки замораживались при постоянной сублетальной температуре в течение 16 часов. Точка переохлаждения и пороговая температура смертности определялись с помощью медно-константанного термоэлемента со скоростью охлаждения $0,5^{\circ}$ в минуту. Сопротивление куколок к длительности холода и к интенсивности холода изменялось сезонно, и не было параллельных изменений в их способности к переохлаждению. Разница между пороговой температурой смертности и температурой переохлаждения была $6,3^{\circ}$ в октябре, $4,5^{\circ}$ в феврале, в марте она снова стала 5° . Хотя способность к переохлаждению не изменялась, сопротивление куколок к длительности холода увеличивалось при воздействии низких температур. Было заключено, что различные процессы служили физиологической основой для двух аспектов холодовой устойчивости. Исследование связи между смертностью куколок торчаковой сойки и временем их воздействия на постоянные сублетальные температуры показало, что при -23° критический предел времени составлял около 45 минут, при -21° — 8 часов. Удвоение времени воздействия вызвало увеличение смертности на 8—15%. Если экстраполировать эти данные на более высокие температуры, то можно предположить, что при -20° критический предел времени составит около 8 часов, а при -19° — около 16 часов. Таким образом, при воздействии низких температур сопротивление куколок торчаковой сойки к длительности холода увеличивается. В природе куколки торчаковой сойки зимуют в почве, где температура в течение зимы находится около 0° . По данным метеорологических станций зимой в Эстонии температура почвы на глубине 2—3 см находится в пределах -1° — -10° . Даже в бесснежные зимы средняя температура почвы под Ленинградом не падает ниже -10° (Шульгин, 1972).