

Л. А. Зенякин

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЧИТАЕМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У НАСЕКОМЫХ

На основании проведенной в течение ряда лет работы по изучению температурного преферендума у насекомых, мы пришли к выводу о возможности использования определения зоны предпочитаемой температуры для характеристики эври- или stenотермности объекта и суждения о температурном оптимуме его развития. Как показал опыт, надежность результатов в значительной мере зависит от применяемой аппаратуры; мы были поставлены поэтому перед необходимостью разработать достаточно простую конструктивно и удобную в работе модель аппарата. Первое описание установки для определения предпочитаемой температуры мы встречаем в 1918 г. в работе Martini. Это — металлическая пластинка с наклеенной на ней материей, помещенная на три металлических коробки, имеющие по две отводных трубки. Через среднюю коробку пропускалась нагретая до определенной температуры вода, через крайние — холодная. Таким образом достигалось падение температуры на поверхности пластинки в обе стороны от середины к концам. Насекомых (платяные вши) помещали на середину, и через определенные промежутки времени фиксировали их местонахождение. Температура пластинки определялась термопарами, прижатыми к поверхности. В 1923 г. описание аппарата для определения предпочитаемой температуры дает Herter. Его аппарат представляет собою металлическую пластинку, служащую основанием камеры, с длинными стенками из полос стекла и двумя другими стенками и верхом из картона. Один конец металлического листа нагревался на горелке и, таким образом, получалось падение температуры. В крышку вставлены термометры, шарики которых опускались на металлическую пластинку. Описанную конструкцию Herter использовал для определения преферендума у муравьев. В 1933 г. Nieschulz дал описание аппарата для определения предпочитаемой температуры, внося ряд улучшений в Herter'овскую модель. Металлическая пластинка применяется U-образная и накрывается стеклянной пластинкой. Нагрев производят, поддерживая определенную температуру воды в коробке, в которую введен конец металлической пластинки. Другой конец приварен к холодильнику. При такой конструкции падение температуры достигает от 50 до 9—10°. Термометры введены внутрь камеры через отверстия в стенке. Эти же отверстия служат для впуска в камеру насекомых. В 1934 г. Herter дает описание „усовершенствованного термограда“. Металлический лист с одной стороны нагревается горелкой, с другой — согнут под углом и опущен в металлическую коробку, куда поступает охлаждающаяся смесь. Стенки и верх съемные, из стекла. Термометры

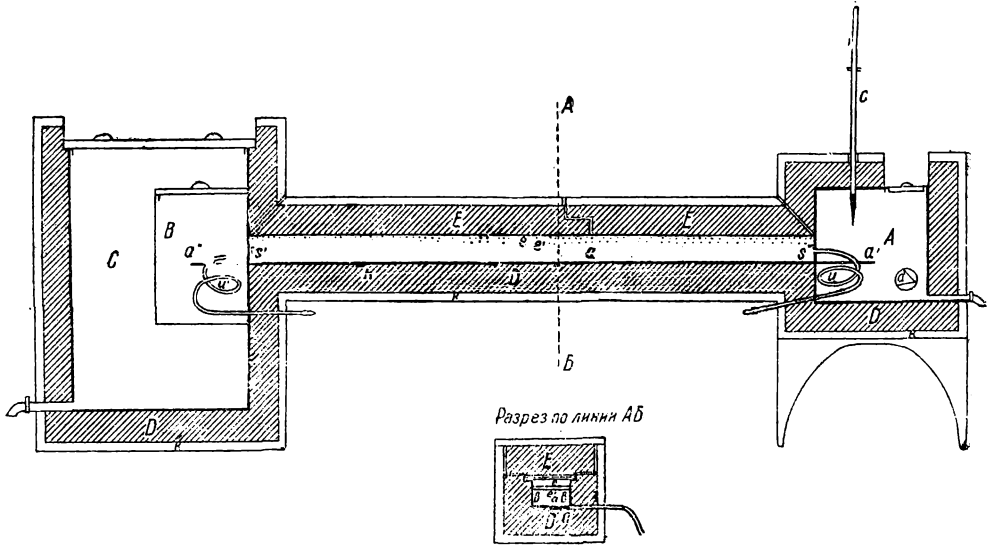
углублены в металлическую (алюминиевую) пластинку. Свой аппарат Herter использует для определения преферендума у насекомых (мухи) и млекопитающих (мыши). В том же 1934 г. Gupp дает описание аппарата, применяя, как и Nieschulz, металлическую пластинку U-образной формы. Нагрев осуществляется реостатом. Для охлаждения применена следующая установка. Через охлаждательную смесь по змеевику нагнетательным насосом прогоняется воздух. Охлажденный, он попадает в муфту, насаженную на один из концов металлической пластинки аппарата. Получаемый градиент в аппарате 10—40°. Внутри камеры введены термометры. В то время как Nieschulz предлагает регулировать влажность внутри камеры, помещая чашки с поглотителем в холодный конец и со смоченной ватой в теплый, Gupp вводит протяжку через камеру воздуха с установленной влажностью.

Останавливаясь на оценке описанных конструкций, надо сказать следующее: модель аппарата, предложенного Martini, может быть использована для ограниченного круга объектов с медленным передвижением по поверхности; кроме того, нельзя согласиться с нагревом посередине, так как впуск насекомых в слишком высокую температуру часто может быть связан с тепловым шоком. Недостаток аппарата Nieschulz тот, что термометры находятся внутри камеры. Использование для охлаждения коробки со льдом при продолжительной работе не гарантирует постоянной температуры и возможно смещение градиента. Безусловным плюсом является, по сравнению с моделью Herter'a, равномерный нагрев трех стенок благодаря U-образной форме металлической пластинки. В „усовершенствованном термограде“ Gupp'a нагрев только одной нижней стенки камеры, без достаточной тепловой изоляции от окружающей среды, не гарантирует равномерности температуры внутри камеры. Отсутствие регулировки нагрева, при применении горелки, должно вести к смещению градиента во время работы. В аппарате, описанном Gupp'ом, охлаждение током воздуха, а равно нагрев при наличии регулятора обеспечивают постоянство температурного градиента. Однако, установка для охлаждения, требующая применения насоса, значительно усложняет конструкцию. Помещение термометров внутри камеры, как и в аппарате Nieschulz, не желательно.

При разработке нашей модели мы поставили задачей дать простую по исполнению конструкцию, не имеющую недостатков перечисленных выше аппаратов.

Из практики работ прошлых лет мы пришли к выводу, что требуется две модели аппарата — для медленно передвигающихся объектов, длина камеры которого должна быть меньше (с большим градиентом падения температуры на единицу длины), и для быстро передвигающихся, для которого размеры камеры должны быть значительными. Это требование вызвано тем наблюдением, что при большой камере медленно движущееся насекомое, попадая в первый момент после впуска, когда оно возбуждено, в зону депрессивной температуры, часто не успевает выбраться раньше, чем подвергнется температурному шоку, и явление преферендума усложняется. Поэтому нами сконструировано две модели аппарата. Большая модель (фиг. I) имеет U-образную медную пластинку, образующую боковые стенки (*bb*) и дно (*a*) камеры. Длина пластинки 115 см. Концы пластинки на 10 см входят в бак из оцинкованного железа. Один из баков (*A*) служит для нагрева воды. В крышке есть отверстие для контактного термометра (*c*), включающего через реле нагревательную спираль (*d*). Размеры бака 20 × 20 × 19 см. Другой конец пластинки (*a*) входит в бак (*B*) размером

16 × 17 × 23 см. Этот бак помещается в свою очередь внутри бака (С) размером 30 × 40 × 45 см. Система двух баков использована как криоскоп и служит для получения константного охлаждения. Внутренний размер камеры 95 × 4,5 × 6,5 см. Толщина меди 0,5 см. Сверху камера покрыта стеклом (е), лежащим на выступах пластинки. Второе стекло (е') вкладывается между стенками камеры на выступы (s, s'), имеющиеся на стенках баков на высоте 3 см. Это стекло используется при работе с летающими объектами; уменьшая камеру, оно снижает роль конвекционных токов. Через баки в камеру подведены трубки (и, и') для протяжки с помощью аспиратора воздуха определенной влажности. Можно пользоваться и методом регулировки влажности, предложенным



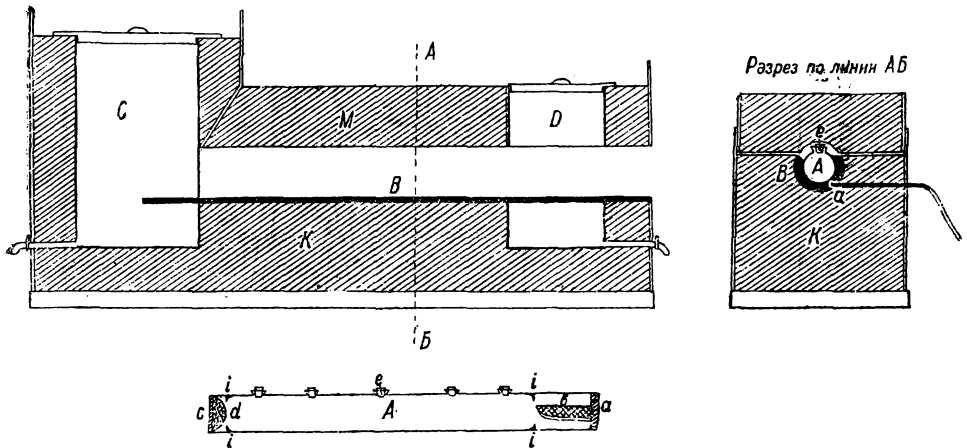
Фиг. 1 Продольный и поперечный разрез аппарата для определения предпочитаемой температуры у насекомых (1/115 натуральной величины). Объяснения в тексте.

Nieschulz, особенно при работе с одним стеклом. Вся металлическая конструкция изолирована пробкой (D) толщиной в 5 см, и заключена в деревянный каркас (k). Камеру закрывают крышкой с пробковой изоляцией (E). Измерение температуры производится при помощи термпар, спаи которых (n) прижаты к нижней поверхности пластинки. Термпары расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Внутри камеры проведены линии, делящие ее на отсеки, служащие для подсчета насекомых. Отсеки размещены так, что каждая термопара приходится в середине отсека. Выводы термпар из отсеки пронумерованы. Аппарат дает падение температуры от + 50 до — 1,5°. Возможно и более сильное снижение температуры, но это ведет к затруднению с регулированием влажности.

Работу с описанной конструкцией проводят следующим образом. После загрузки льдом и включения нагрева, когда установится постоянная температура, что обычно бывает через 4—5 часов, насекомых переносят в термоград в широкой пробирке и, наклоняя ее, помещают в радиусе 20—30 мм на дно камеры. Место впуска определяется по показаниям термпар с таким расчетом, чтобы насекомые попадали в несколько депрессивную (высокую или низкую) температуру. При первых определениях лучше помещать насекомых в высокую темпера-

туру, так как в этом случае мы имеем обычно повышение активности, и распределение насекомых бывает более четким. Одно или два из повторных определений проводят с впуском в инские температуры (выбирая такие, которые не повели бы к холодному оцепенению). Число одновременно выпускаемых особей различно в зависимости от характера материала (например наличие каннибализма требует впуска по одному объекту) и его наличия.

Камеру, после того как в нее помещены насекомые, закрывают стеклом. При работе с нелетающими насекомыми место соприкосновения стекла с металлической пластинкой промазывают гусеничным клеем.

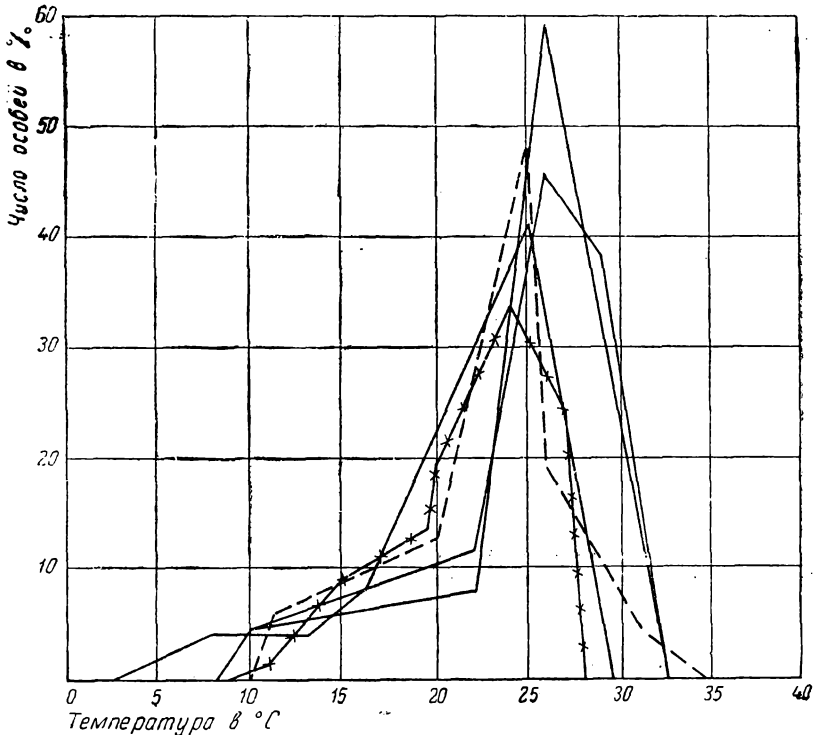


Фиг. 2. Продольный и поперечный разрез „трубчатого“ аппарата для определения предпочитаемой температуры у насекомых (1/80 натуральной величины). Объяснения в тексте.

Выступая, он препятствует заползанию насекомых на стекло, и все насекомые находятся в условиях температуры поверхности пластинки. Аппарат покрывают крышкой, обеспечивающей полное затемнение, чем исключается влияние света. Через 40—60 минут крышку открывают, и распределение насекомых по отсекам регистрируют. В отдельных случаях, когда через 45—60 минут после экспозиции еще замечается движение, учет вновь повторяют через 20—30 минут. При обработке результатов можно с достаточной точностью пользоваться данными, относя учтенное количество насекомых по отсеку к температуре термодары. При желании получить более точные данные, отсеки дополнительно размечают на 3—4 части, а температуру для них берут из графика, построенного на основании показаний термодар.

В конструкции второго аппарата (фиг. 2) с меньшими габаритами мы применили в качестве камеры стеклянную трубку, заключенную в свинцовую обкладку. Это имеет ряд преимуществ: прежде всего равномерность температуры на стенках; секторальный вырез в свинцовой обкладке позволяет производить наблюдение за поведением насекомых внутри термограда. Длина стеклянной трубки (A) 37 см, диаметр 4 см. Свинцовая обкладка (B), толщиной в 0.8—1 см, плотно прилегает к стеклу трубки, оставляя на его поверхности незакрытой дугу в 70—80°. Концы свинцовой обкладки пропущены в два бака оцинкованного железа, один из которых (C) служит холодильником размера 15 × 20 × 25 см,

а во втором (D) электроспиралью производится нагрев воды. Конеч свинцовой трубки, входящей в малый бак, проходит его; таким образом, мы имеем возможность вынимать стеклянную трубку для подготовки к работе. Внутри стеклянной трубки находятся кольцевые выступы (*i, i*), служащие для установки около них заградительной сетки при работе с летающими насекомыми, смазывающиеся гусеничным клеем при работе с нелетающими. Трубка закрывается двумя пробками (*c, a*); одна с совком из металлической сетки (*b*) для хлористого кальция;



Фиг. 3. Распределение *Agelastica alni* L. в термограде в зависимости от пола.

— — — — — самки; - - - - - самцы; × × × × — материал, не разделенный по полу.

другая с сеткой, удерживающей смоченную вату (*d*), необходимую для увлажнения в части камеры с высокой температурой. Хлористый кальций вносится для предотвращения конденсации водяных паров до капельно-жидкого состояния в холодном конце. Стеклянная трубка имеет отверстия диаметром в 1 см, закрывающиеся пробками (*e*). Для изменения температуры в свинцовую обкладку углублены термодатчики (*a' a''*), или промер производят через отверстия в трубке. На свинцовой обкладке краской нанесены линии, образующие отсеки для подсчета насекомых. Аппарат изолирован 5-сантиметровой пробкой (*k*) и смонтирован на горизонтальной доске; сверху его покрывают пробковой крышечкой (*M*), предохраняющей и от теплоотдачи и от неравномерности освещения. Падение температуры, получаемое в аппарате, от 50 до 2-3°С при загрузке холодильника льдом. Влажность воздуха в камере во время работы поддерживается в 100%.

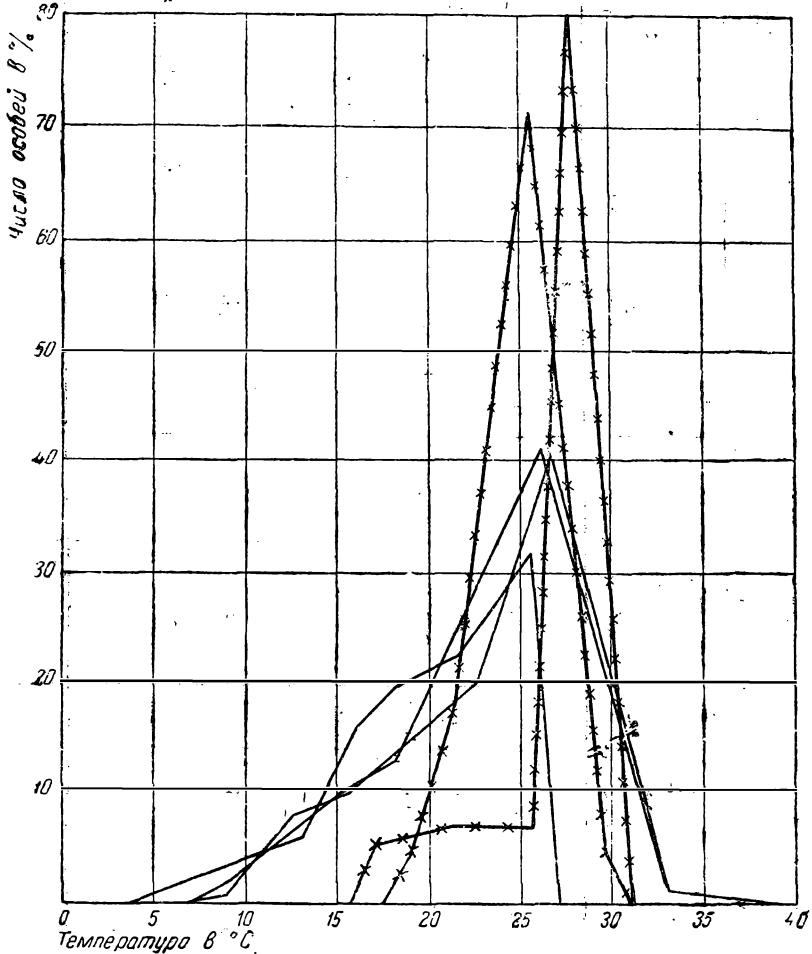
Таблица 1

Влияние пола на предпочтendum у *Agelastica alni* L. (распределение насекомых в термограде)

С а м ц ы и к и																							
1-я повторность					2-я повторность					3-я повторность					С а м ц ы			Данные трех повторностей			С а м ц ы и с а м к и		
температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	относительная пропорция
29.5	0	0	32.5	0	0	32.5	0	0	34.5	0	0	28	0	0	34.5	0	0	28	0	0	34.5	0	0
25	31	41.3	29	33	37.9	29	25	28.4	30.8	3	4.4	27	55	23.8	30.8	3	4.4	27	55	23.8	30.8	3	4.4
21	19	25.3	26	40	46	26	52	59.1	26	13	19.1	24	78	33.8	26	13	19.1	24	78	33.8	26	13	19.1
19	13	17.3	22	10	11.5	22	7	7.9	25	33	48.5	20	44	19	25	33	48.5	20	44	19	25	33	48.5
16	6	8	10	4	4.6	10	4	4.5	20	9	13.2	19.5	31	13.4	20	9	13.2	19.5	31	13.4	20	9	13.2
13	3	4	8	0	0	8	0	0	14.5	6	8.8	15	20	8.7	14.5	6	8.8	15	20	8.7	14.5	6	8.8
8	3	4	—	—	—	—	—	—	11.5	4	5.9	11	3	1.3	11.5	4	5.9	11	3	1.3	11.5	4	5.9
2.5	0	0	—	—	—	—	—	—	10	0	0	9	0	0	10	0	0	9	0	0	10	0	0
	75			87			88			68			231			68				231		68	

При работе с этой моделью насекомых вводят через отверстия в трубке. Что касается учета и регистрации, то они производятся таким же порядком, как при работе с предыдущим аппаратом. Обычно возможно уменьшение времени экспозиции до 30—40 минут.

При разработке методики нас интересовал вопрос: нужно ли при определении предпочитаемой температуры разделение материала по полу,

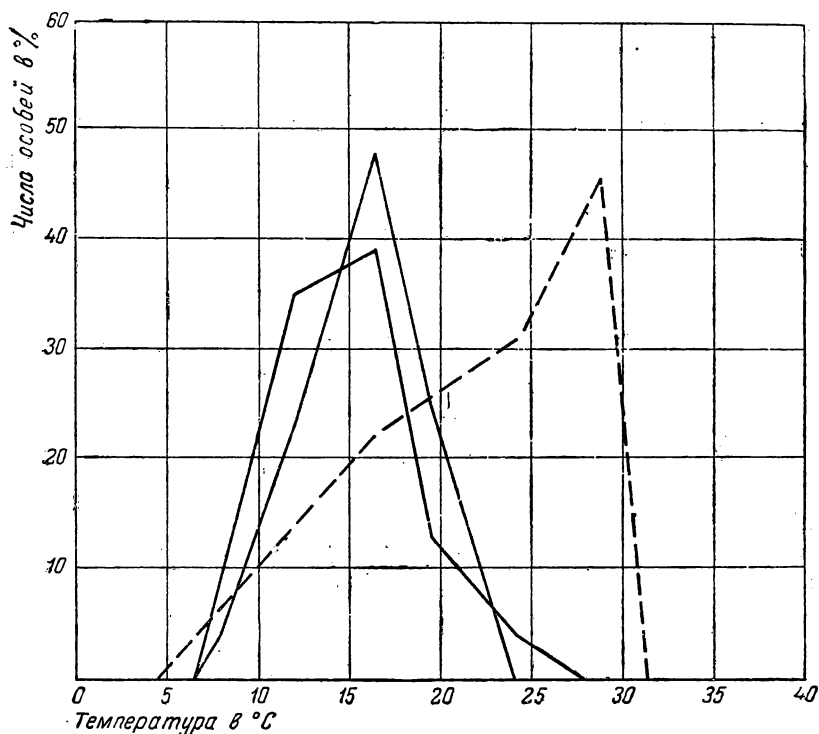


Фиг. 4. Распределение *Agelastica alni* L. в термограде после пребывания в депрессивных температурах. — в температуре +5°, ××× — в температуре +30°.

не является ли преферендум различной величиной для самцов и самок. Для решения этого вопроса нами были поставлены опыты с ольховым листоедом (*Agelastica alni* L.). Материал был собран в окрестностях Ленинграда 15—16 мая 1938 г. В двух опытах определяли предпочитаемую температуру отдельно для самцов и самок; в третьем — на материале, не разделенном по полу. Полученные результаты (табл. 1, фиг. 3) показывают, что у самцов и самок преферендум лежит в одной зоне. Если учесть данные по этому вопросу Nieschulz (1933) для *Stomoxys calcitrans* L. и указания Herter (1934) для *Liogryllus domesticus* L. и *Pyrrhocoris apterus* L., то можно сделать вывод, что разделение

материала по полу при определении предпочитаемой температуры не нужно.

Чтобы выяснить, насколько могут сказаться на получаемых результатах температура и влажность, в которых находятся насекомые перед исследованием, нами были поставлены следующие опыты. Собранных в природе ольховых листоедов помещали в температуру $+5^{\circ}$ на 3 и 15 часов перед испытанием и на 4 и 27 часов в температуру $+30^{\circ}$, после чего производили определение преферендума, который во всех случаях оставался одним (табл. 2, фиг. 4). Эти данные согласуются



Фиг. 5. Распределение *Agelastica alni* L. в термограде после пребывания в условиях пониженной влажности (над хлористым кальцием). — в течение 28 часов; — — — — в течение 11 часов.

с результатами, полученными Nieschulz (1934) при обследовании самок *Stomoxys calcitrans* после выдерживания их в низких и высоких температурах. Для определения влияния влажности воздуха, в котором находятся насекомые до опыта, были проведены два исследования. В первом случае листоеды в течение одиннадцати часов находились над хлористым кальцием. Взвешивание показало уменьшение в весе на 4,2%. После этого жуков помещали в термоград. Во втором случае жуки выдерживались 28 часов (потеря в весе достигала 17—18%), после чего их помещали в термоград. Результаты (табл. 3 и фиг. 5) говорят о том, что значительный сдвиг зоны предпочитаемой температуры наблюдался только во втором случае, т. е. при очень сильном иссушивании. Таким образом, незначительными колебаниями влажности, которым подвергается подопытный материал, в обычных условиях можно пренебречь.

Таблица

Влияние депрессивных температур на преферендум у *Agelastica alni* L.

Распределение насекомых в термограде

Распределение насекомых в термостате																				
После экспозиции в течение 3 часов при температуре +5°				После экспозиции в течение 15 часов при температуре +5°				После экспозиции в течение 15 часов при температуре +5°				После экспозиции в течение 4 часов при температуре +30°				После экспозиции в течение 27 часов при температуре +30°				
температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент	температура на середине отсека в °C	число особей в отсеке	процент
27	0	0	38	0	0	38	0	0	31	0	0	31	0	0	31	0	0	31	0	0
25.5	20	32.2	33	1	1	33	1	1.1	27.5	59	80.8	29.5	5	5.6	29.5	5	5.6	29.5	5	5.6
21.5	14	22.6	26.3	41	41.4	26.3	36	40.4	25.5	5	6.8	25.3	63	70.8	25.3	63	70.8	25.3	63	70.8
18	12	19.4	22.3	26	26.3	22.3	18	20.2	21	5	6.8	21.3	17	19	21.3	17	19	21.3	17	19
16	10	16.1	18.1	13	13.1	18.1	17	19.1	17	4	5.5	18.8	4	4.5	18.8	4	4.5	18.8	4	4.5
13	4	6.5	15.4	10	10.1	15.4	9	10	15.4	0	0	17.5	0	0	17.5	0	0	17.5	0	0
8.5	2	3.2	12.3	6	6.1	12.3	7	7.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0	0	8.8	2	2.1	8.8	1	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	7	0	0	7	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	62			99			89						73						89	

Таблица 3

Влияние влажности на преферendum у *Agelastica alni* L.

Распределение насекомых в термограде

При экспозиции над хлористым кальцием в течение 28 часов						При экспозиции в течение 11 час.		
1-я повторность			2-я повторность					
температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	в процент.	температура на середине отсека, в °С	число особей в отсеке	в процент.	температура на середине отсека в °С	число особей в отсеке	в процент.
24	0	0	28	0	0	31.5	0	0
19.5	12	25	24	2	4.3	28.8	41	46
16.5	23	47.9	19.5	6	13	24.3	28	31.4
11.8	11	22.9	16.5	18	39.1	16.7	20	22.5
8	2	4.2	11.8	16	34.8	4.3	0	0
6.5	0	0	8	4	8.7	—	—	—
—	—	—	6.5	0	0	—	—	—
	48			46			89	

Описанные в настоящей статье модели аппарата были изготовлены в экспериментальных мастерских Института защиты растений и проверены в работе на ряде объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- Кожанчиков И. В. 1937 г. Экспериментально-экологические методы исследования в энтомологии. Изд. ВАСХНИЛ. — Зенякин Л. А. 1937. К вопросу о связи термической преференции с реакцией газообмена на температуру у *Operophtera brumata* L. и *Chloridea obsoleta* F. Энтомол. обзор., XXVII, 3—4. — Bodenheimer F. S. 1929. Studien zur Epidemiologie, Ökologie und Physiologie der afrikanischen Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria* Forsk). Ztschr. angew. Entomol., XV, 3. — Herter K. 1934. Eine verbesserte Temperaturorgel und ihre Anwendung auf Insekten und Säugetiere. Biol. Zentralbl., 54. — Herter K. 1923. Untersuchung über Temperatursinn der Hausgrille (*Acheta domestica* L.) und der roten Waldameise (*Formica rufa* L.). Biol. Zentralbl., 43. — Gunn D. L. 1934. The temperature and humidity relations of the cockroach (*Blattella orientalis*). II. Temperature preference. Ztschr. vergl. Physiol., 20. — Gunn D. L. 1935. The temperature and humidity relations of the cockroach. Journ. exper. Biol., 12. — Lodge O. 1918. An examination of the sense-reactions of flies. Bull. ent. Res., IX. — Martini F. 1918. Zur Kenntnis des Verhaltens der Läuse gegenüber der Wärme. Ztschr. ang. Entomol., 4. — Nieschulz O. 1933. Über die Bestimmung der Vorzugstemperatur von Insekten (besonders von Fliegen und Mücken). Zool. Anzeiger, 103. — Nieschulz O. 1934. Über die Vorzugstemperatur von *Stomoxys calcitrans*. Ztschr. angew. Entomol., XXI. — Nieschulz O. 1935. Über die Temperaturabhängigkeit der Aktivität und die Vorzugstemperatur von *Musca domestica* und *Fannia canicularis*. Zool. Anzeiger, 111.