

Л. К. ЛОЗИНА-ЛОЗИНСКИЙ

КРЫЛО БАБОЧКИ КАК РЕЦЕПТОР ИНФРАКРАСНОЙ РАДИАЦИИ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 20 VIII 1953)

Двигательную активность насекомых обычно связывают с условиями освещения и температуры (¹⁻⁴). Установлено, что под влиянием солнечной радиации происходит значительное повышение температуры тела насекомого, нередко на 10—15—20° выше окружающей среды. О существовании рецепторов, реагирующих на тепловое воздействие у насекомых, говорится только предположительно (^{5, 6}).

Известно, что в крыльях бабочек имеется хорошо развитая нервная система, состоящая из нервных клеток, волокон, хордотональных и других органов (⁷), но морфологически обособленных терморецепторов у них не описано.

В поглощении и отражении лучистой энергии существенное значение имеет окраска животного. Известно значение черных пигментов покровов тела как аппарата, обуславливающего максимальное поглощение лучистой энергии. Но влияние инфракрасной радиации на температуру тела насекомого не исследовалось.

Таким образом, до сих пор мало известно о механизмах, определяющих реакции насекомых на химическую и тепловую энергию света; вызывается ли двигательная реакция крыльев и полет насекомых, а также другие движения, фотохимическим воздействием на органы зрения (оптомоторная реакция) или путем трансформации лучей длинноволновых участков спектра в тепловую энергию, действующую на определенные рецепторы тела, его придатков и конечностей, или, наконец в результате непосредственного нагревания тела, в связи с чем происходит повышение энергии обмена веществ. В большей степени изучены двигательные реакции и физиологические процессы, связанные с воздействием видимого света на зрительные рецепторы.

Детальное изучение механизма восприятия насекомым лучистой энергии позволит разрешить многие вопросы экологии, а также подойти к пониманию разнообразия и приспособительного значения окрасок животных.

По нашим наблюдениям над различными бабочками прямая солнечная радиация нередко вызывает отрицательную реакцию к свету и стремление его избежать. Наблюдения также говорят о том, что быстроту реагирования насекомых на прямую солнечную радиацию вряд ли можно объяснить только нагреванием тела. Для решения этих вопросов требуется специальный эксперимент.

В опытах нами были использованы два вида дневных бабочек: павлиний глаз (*Vanessa jo L.*), имеющая черную нижнюю поверхность крыльев и капустница (*Pieris brassicae L.*) почти целиком белой окраски. Для изучения двигательной реакции крыльев под влиянием сильного освещения бабочки прикреплялись к торфяной пластинке двумя дугообразно

изогнутыми проволочками. Передней проволочкой бабочка прижималась между головой и грудью, а задней прижималось брюшко около груди. При данной процедуре прикрепления лучше бабочку предварительно слегка наркотизировать. Закрепленная в таком положении бабочка оставалась живой в течение ряда дней. Пластинка с бабочкой прикреплялась к штативу и на бабочку направлялся пучок света (через линзу) от лампы для микроскопирования. Свет измерялся в люксах при помощи селенового фотоэлемента и в калориях при помощи пиранометра системы Калитина. Пиранометр определял всю сумму энергии светового источника. При освещении бабочки лампой для микроскопирования через несколько секунд (от 2 и более) она начинала взмахивать крыльями. Эта реакция возникла при силе света от 10 до 40 тысяч люкс и при радиации начиная от 0,66 кал/см² в минуту и выше. При меньшей энергии света крылья оставались в покое.

Измерение температуры тела и воздуха у поверхности крыла при перпендикулярном падении на него лучей света показало, что движение крыльев наступает до того, как температура тела повысилась скольконибудь значительно. Так, например, бабочка под влиянием освещения около 25000 люкс начала взмахивать крыльями через 8 сек., а температура тела за это время повысилась всего на 0,84° (от 13,5° до 14,34°) через 30 сек. на 2,38° и только через 5 мин. достигла 40,4°. Быстрая реакция крыльев, наступившая до того, как произошло нагревание тела, говорит за рефлекторный характер реакции бабочки на радиацию, а не за то, что движение возникло под влиянием повышения уровня обмена веществ в результате повышения температуры тела.

Для точной регистрации движения крыла проводилась запись этого движения на ленте кимографа. Для того чтобы линия прочерчивания крылом была тонкой, над углом к крылу приклеивался расплавленным парафином заостренный кусочек переднего края (с твердой краевой жилкой) крыла мертвой бабочки, служивший пером.

Опыты показали, что реакция бабочек зависит от положения крыльев по отношению к источнику света и от величины освещаемой площади крыла (см. табл. 1).

Таблица 1

Двигательная реакция крыльев у бабочки павлиний глаз на освещение

Характер освещения	Число взмахов крыльев		
	в 1-ю мин.	во 2-ю мин.	средн.
Вся бабочка освещена сбоку	44	64	54
Так же, но голова в темноте	53	70	61,5
Так же, но глаза закрашены тушью и голова закрыта черной фотобумагой	79	63	71
Освещены голова, нижняя часть крыльев и туловище; крылья в тени	0	0	0
Освещена только голова . . .	0	0	0
Освещена большая часть крыльев; нижняя часть крыльев, тело и голова в тени . . .	28	33	30,5

Наиболее сильная реакция, выраженная в величине размаха крыла и в скорости колебания, происходит тогда, когда свет падает перпендикулярно к поверхности крыла. Если угол становится иным — реакция слабеет или исчезает. Если реакция движения крыльев не наступала в первую минуту, то она не возникала и позже, несмотря на усиливающееся

нагревание тела. При более тщательном исключении действия света на глаза двигательная реакция крыльев усиливается.

Из этих данных видно: 1) что бабочки отвечают на световой раздражитель взмахами крыльев, при изоляции от света глаз, головы и туловища; 2) затемнение нижней части крыльев понижает реакцию на свет; 3) если освещена голова или голова вместе с туловищем и конечностями, а крылья находятся в тени — реакции нет. Из этого следует, что чувствительными к сильному источнику света являются крылья, зрительные анализаторы не принимают участия в этой реакции. Для того чтобы установить, является ли данная реакция ответом на химическое или на тепловое действие света, между бабочкой и источником света устанавливались разные фильтры. При водном фильтре и фильтрах из 5—10% растворов медного купороса, задерживающих инфракрасные лучи, при той же освещенности, бабочки не взмахивают крыльями.

Наиболее чувствительная к инфракрасным лучам зона крыла находится в передней части переднего крыла, где сосредоточено большое количество нервных элементов (⁷). Но для того, чтобы взмахи наступили быстро и отличались большим радиусом и быстротой движения, необходимо, чтобы не менее $\frac{1}{5}$ площади крыла позади от переднего края были также освещены. Если затенен задний или верхний край переднего и заднего крыла, то сила реакции такая же, как и при полном освещении, но она значительно ослабевает при затемнении переднего края крыла, — даже небольшой его части.

Реакция на инфракрасную часть спектра представляет рефлекс, связанный с ганглиями брюшной нервной цепочки.

После ампутации головы взмахивание крыльями при освещении происходит столь же энергично, как и при наличии головных ганглиев. Однако этот эксперимент также указывает на то, что рефлексы брюшной нервной цепочки находятся под контролем головного мозга бабочки. Величина взмахов, скорость и продолжительность движения крыльев при наличии головного мозга имеют менее регулярный характер: взмахи крыльев могут через некоторое время протекать в другом темпе и вовсе прекратиться (торможение).

Возможно, что значительная независимость реакции от головного мозга препятствует образованию временной связи при сочетании теплового безусловного раздражителя на крыло и светового раздражителя на зрительные рецепторы.

По крайней мере, воздействие одного светового раздражителя после сочетания до 50 раз светового раздражителя без инфракрасной части и теплового раздражителя не вызвало реакции взмахов. Однако комбинация света без инфракрасной части и тепло действуют сильнее, чем одно инфракрасное излучение. При действии одного теплового раздражителя взмахи крыльями наступают позже, частота взмахов меньше. Включение света резко усиливает реакцию. Следовательно, встает вопрос, не является ли реакция на данный комплексный раздражитель закрепившимся условным рефлексом.

Бабочки павлиний глаз и капустницы различно реагируют на радиацию, что, очевидно, объясняется различиями в окраске крыльев. Последние у капустницы должны отражать больше инфракрасных лучей, так как они белого цвета. В соответствии с этим у бабочки капустницы реакция крыльев наступает при более сильной инфракрасной радиации, чем у павлиньего глаза.

Способность реагировать при помощи крыльев на тепловое действие света имеет большое значение в жизни бабочек. Наблюдения показывают, что когда прямые лучи света падают на поверхность раскрытых крыльев, бабочка складывает их. Это характерно для дневных бабочек, попадающих под яркие лучи солнца. Складывание крыльев является чисто приспособительной реакцией. Если свет падает перпендикулярно к

поверхности сложенных крыльев, поведение бабочки, очевидно, в зависимости от предшествующего физиологического состояния, степени возбудимости, может быть различным. Бабочка может взлететь и скрыться в тень, но в большинстве случаев прямая солнечная радиация становится сигналом, вызывающим последующую активную деятельность — питание, спаривание, яйцекладку. Это легко можно наблюдать на белянках, которые становятся активными в дневные часы, когда они подвергаются действию прямой солнечной радиации, и перестают летать при рассеянной радиации, например при движении кучевых облаков. Иногда при прямой (суммарной) радиации бабочка поворачивается всем телом так, чтобы лучи света скользили параллельно сложенным крыльям.

Проведенные опыты намечают пути дальнейшего исследования роли нервной системы в приспособлении насекомых к условиям среды и более частных вопросов, касающихся функций рецепторов насекомых.

Естественно-научный институт
им. П. Ф. Лесгафта

Поступило
25 IV 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ P. Bachmetjew, Experimentelle entomologische Studien, 1 (1901).
- ² F. Bodenheimer, Zool. Jahrb. Abt. Syst. Ok. u. Geogr., 66, 1—2, 113, (1934).
- ³ И. Д. Стрельников, Изв. Научн. ин-та, им. Лесгафта, 19, 1 (1935).
- ⁴ И. Д. Стрельников, Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 2, 4 (1935). ⁵ Н. Я. Кузнецов, Класс насекомых. Руководство по зоологии, 3 (1951). ⁶ E. H. Sifer, Proceed. Roy. Soc., ser. B, 138, No. 892 (1951). ⁷ M. Raciecka, Prace Towarzystwa przyjaściół hawk w Wilnie, 4, Wilno (1927).