

УДК 591.185.6:595.764.1

ФИЗИОЛОГИЯ

Л. И. ФРАНЦЕВИЧ, В. В. ЗОЛотов, Ф. Г. ГРИБАКИН,
А. Д. ПОЛЯНОВСКИЙ, В. И. ГОВАРДОВСКИЙ, Л. В. ЗУЕВА

**ПОЛЯРОТАКСИС У КРАВЧИКОВ РОДА *LETHRUS*
(COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) В РАЗЛИЧНЫХ
ОБЛАСТЯХ СПЕКТРА**

(Представлено академиком Е. М. Кренсом 4 IX 1975)

В работе ⁽¹⁾ было показано, что европейский вид жука-кравчика *Lethrus apterus* Laxm. при возвращении в нору после выхода за кормом направляет движение по небесным ориентирам: по положению солнца и поляризации голубого неба. Ориентационные возможности кравчика обнаруживают много общего с ориентацией перепончатокрылых насекомых: пчел, муравьев, общественных и одиночных ос. Хорошо известно, что перепончатокрылые, обладая трихроматическим цветовым зрением ⁽²⁻³⁾, используют сигналы о поляризации света только в коротковолновой области спектра ⁽¹⁰⁻¹²⁾, а имеющиеся у них длинноволновые рецепторы в поляротаксисе не участвуют.

Мы попытались установить эффективную для астроориентации спектральную область у кравчиков и сравнить ее со спектральными характеристиками глаза. Объектом исследования послужили среднеазиатский вид *L. inermis* Rtt., и европейский вид *L. apterus*, поведение которых при поисках и заготовке корма одинаковы. Методика полевых опытов была аналогичной методике, примененной в работе ⁽¹²⁾ на муравьях-бегунках *Cataglyphis bicolor*: жука, возвращавшегося в нору с кормом, затеняли от солнца и прикрывали светофильтром; регистрировали расстояние, пройденное в направлении к норе, и случаи потери верной ориентировки. Параллельные опыты были проведены на муравьях-бегунках *Cataglyphis setipes* Forel (var. *turcomanica* Em., каста охотников), переносящих в гнездо добычу или муравьев своего вида из другого гнезда. Наблюдения проводили в окрестностях г. Душанбе в безоблачную погоду.

Светофильтры изготовлены из отмытых в растворе серноватистокислого натрия плоских фотопленок (18×24 см), желатиновый слой которых был окрашен пикриновой кислотой или сафранином. Спектры пропускания неокрашенной пленки и светофильтров приведены на рис. 1 а.

При регистрации траекторий движения путь жуков отмечали вешками и фотографировали. Для преобразования перспективного изображения в план на плоскости при съемке на местности выкладывали координатные рейки.

Под неокрашенной пленкой жуки в большинстве случаев (92%) правильно возвращаются в нору. Под желтым светофильтром (окраска пикриновой кислотой) треть жуков сразу же переходит к круговому поиску; часть жуков проходит несколько сантиметров в прежнем направлении и теряет ориентацию, переходя к круговому поиску. Только треть жуков продолжает двигаться в правильном направлении до норы. Это распределение расстояний, пройденных в правильном направлении, показано на рис. 2 б. Регистрации безошибочного движения до норы помещены на диагонали графика. На рис. 2а показано распределение расстояний возврата в верном направлении для сафранинового фильтра, пропускающего крас-

пые и ультрафиолетовые лучи. Последнее распределение полностью совпадает с контрольным (под прозрачной пленкой).

Из этих данных видно, что устранение картины поляризации неба в коротковолновой области (под желтым фильтром) существенно ухудшает ориентацию жуков. Присутствие коротковолнового излучения в картине неба, видимой сквозь сафраниновый фильтр, позволяет ориентироваться безошибочно. Случай дезориентации могли быть вызваны не только нарушением картины поляризации неба, но и просто испугом, связанным с затемнением и

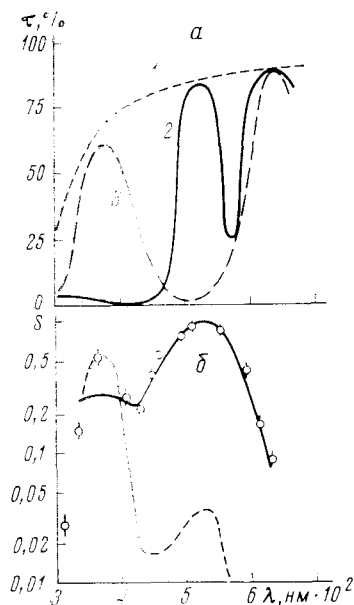


Рис. 1

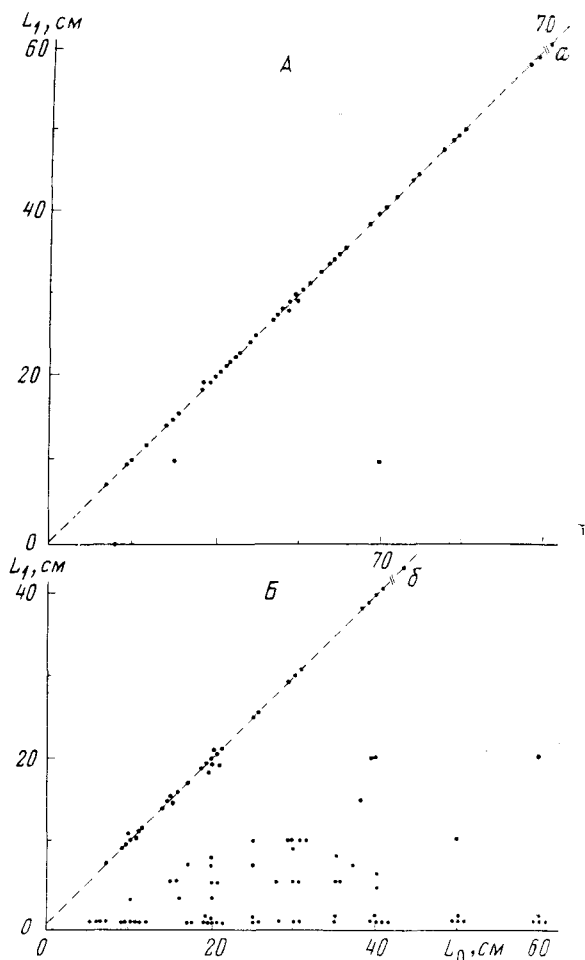


Рис. 2

Рис. 1. а — спектры пропускания использованных светофильтров из прозрачной пленки (1), «ультрафиолетового» (2) и желтого (3). б — спектральная чувствительность глаза *L. apterus* в состоянии темновой адаптации (точки) и при адаптации к зеленому свету (штриховая кривая). Каждая точка — среднее из 8–10 препаратов $\pm$ ошибка среднего. Штриховая кривая (один препарат) смещена вверх по оси ординат на 0,8 лог. единицы. Сплошная линия — номограмма Дартнолла для зрительного пигмента с $\lambda_{\text{max}}=530$ нм. τ — пропускание, S — относительная чувствительность

Рис. 2. Распределение расстояний, пройденных кравчиком *L. inermis* в направлении к норе, под цветными светофильтрами: ультрафиолетовым (А) и желтым (Б). L_0 — расстояние до норы; L_1 — расстояние, пройденное в верном направлении, см; а, б — случаи верной ориентации жуков на расстоянии 70 см

движениями экспериментатора. С другой стороны, некоторые насекомые могли продолжать движение в избранном направлении, пользуясь неастрономическими ориентирами.

Избирательная цветовая фильтрация картины неба влияет на ориентационное поведение кравчиков и муравьев-бегунков одинаково (см. табл. 1). Очевидно, кравчики, так же как и перепончатокрылые, используют для

ориентации по поляризованному свету только коротковолновое излучение неба. Можно было предположить, что они обладают фоторецепторами, избирательно чувствительными к ультрафиолетовому излучению. Приемник с ультрафиолетовой чувствительностью, наряду с длинноволновым

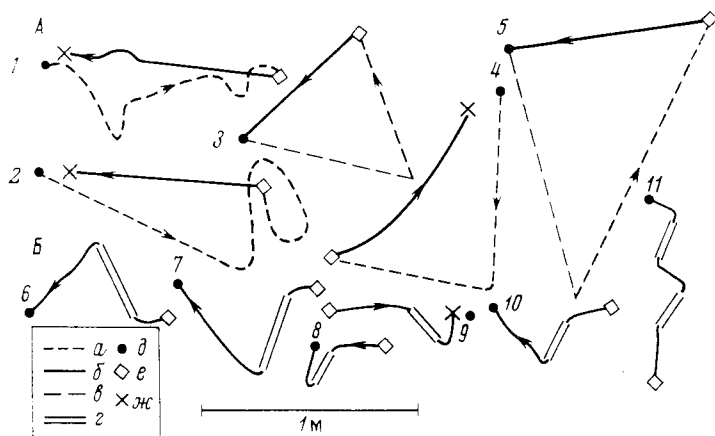


Рис. 3. Интеграция курса движения у кравчиков. А — прямолинейный возврат после поиска по криволинейной или ломаной траектории; Б — компенсация вынужденного отклонения после прохода в коридорчике. Условные обозначения: а — путь поиска, б — путь возврата, в — непротслеженные части маршрута поиска, г — коридорчик, д — пора, е — место сбора корма, ж — место перехода к круговому поиску. 3, 5, 11 — *L. inermis*, остальные — *L. apterus*.

($\lambda_{\max}=500$ нм), был обнаружен Г. А. Мазохиным—Поршняковым (¹³) у других представителей пластинчатоусых жуков — у бронзовок.

Спектральная чувствительность глаза *L. apterus* изучалась в лабораторных условиях при помощи электроретинограммы. Методика измерений была подобна описанной ранее (¹⁴). Кривая спектральной чувствительности темноадаптированного глаза *L. apterus* имеет два максимума, расположенных в зеленой и ближней ультрафиолетовой части спектра (рис. 16). Участок кривой в видимой части спектра хорошо соответствует номограмме Дартнолла для зрительного пигмента с максимумом поглощения 530 нм. Ультрафиолетовый максимум при 350 нм более чем вдвое превосходит уровень, предсказываемый номограммой, что указывает на существование специального ультрафиолетового рецептора. Активность этого рецептора хорошо выделяется при адаптации глаза к фоновому свету с длиной волны около 550 нм, который подавляет работу только рецепторов видимого света (рис. 16). Существование отдельных приемников видимого и ультра-

Таблица 1

Ориентация насекомых по поляризованному свету неба под цветными светофильтрами (ф.)

Видовое название	Безошибочные ориентации, % (в скобках — общее число регистраций)		
	прозрачный ф.	желтый ф.	у.-ф. ф.
<i>Cataglyphis setipes</i>	93 (74)	28 (154)	90 (216)
<i>Lethrus inermis</i>	92 (50)	31 (105)	92 (54)

фиолетового излучения подтверждается также различиями в форме электрического ответа в этих областях спектра. Электроретинограмма, вызванная коротковолновым излучением, имеет плоское плато, а в ответе на видимый свет хорошо выражен быстрый начальный пик. Таким образом, глаз *L. apterus* имеет, как минимум, два приемника с максимумами чувствительности при 530 и 370 нм.

Полевые наблюдения показали, что *L. inermis*, так же как *L. apterus*, может пройти в поисках подходящего растения путь с несколькими поворотами и затем вернуться в нору по кратчайшей прямой с расстояния 50–80 см (рис. 3а). Можно продемонстрировать, что кравчик вычисляет направление и расстояние возврата в нору не только в начальный момент обратного движения, а непрерывно, на всем протяжении обратного пути. Для этого кравчику, который пытается с кормом к норе, подставляют коридорчик из прозрачной пластмассы длиной 15–35 см, открытый сверху. Кравчик вынужден идти в нем под углом 30–70° к верному курсу. После выхода из коридорчика жук поворачивает к норе по кратчайшей прямой, внося необходимую поправку на отклонение от избранного курса (рис. 3б). Ошибка выхода жука к норе с расстояния 50–70 см составляет 0–5 см.

Авторы глубоко признательны Г. В. Николаеву за помощь в организации эксперимента, выбор места для работы и определение кравчиков, а также А. А. Захарову за определение муравьев.

Институт зоологии
Академии наук УССР
Киев

Поступило
7 VII 1975

Институт экзотической физиологии
и биохимии им. П. М. Сеченова
Академии наук СССР
Ленинград

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Н. Францевич, П. А. Мокрушов, В. В. Золотов, Журн. общ. биол., т. 36, № 1, 61 (1975). ² T. H. Goldsmith, Sensory Commun., 1961, p. 357. ³ Г. А. Мазохин-Поршняков, Биофизика, т. 7, № 2, 211 (1962). ⁴ H. Autrum, V. von Zuehl, Zs. vergl. Physiol., B. 48, № 3, 357 (1964). ⁵ Ф. Г. Грибакин, Цитология, т. 11, № 3, 308 (1969). ⁶ R. Menzel, Zs. vergl. Physiol., B. 75, № 1, 86 (1971). ⁷ R. Wehner, F. Toggweiler, J. Comp. Physiol., v. 77, № 3 (1972). ⁸ O. von Helversen, J. Comp. Physiol., v. 80, № 4, 439 (1972). ⁹ A. W. Snyder, R. Menzel, S. B. Laughlin, J. Comp. Physiol., v. 82, № 2, 99 (1973). ¹⁰ K. von Frisch, Experientia, B. 5, № 4, 142 (1949). ¹¹ O. von Helversen, W. Edrich, J. Comp. Physiol., v. 94, № 1, 33 (1974). ¹² P. Duelli, R. Wehner, J. Comp. Physiol., v. 86, № 1, 37 (1973). ¹³ Г. А. Мазохин-Поршняков, ДАН, т. 143, № 5, 1208 (1962). ¹⁴ V. I. Govardovskii, L. V. Zueva, Vision Res., v. 14, № 12, 1317 (1974).