

УДК 495.754.1:591.582

ДИЗРУПТИВНЫЕ СИГНАЛЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ПРЕРЫВАНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ КОПУЛЯЦИИ У *PENTATOMA RUFIPES*

© 2020 г. Л. С. Шестаков*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН
127051 Москва, Большой Каретный пер. 19, Россия

*E-mail: zicrona@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.10.2019 г.

После доработки 25.10.2019 г.

Принята к публикации 06.11.2019 г.

Акустический репертуар *Pentatoma rufipes*, помимо призывных, конкурентных и сигналов ухаживания, включает и особый тип сигнала – дизруптивный. Сигнал служит для предотвращения попыток копуляции и разрушения уже копулирующих пар. Данный тип сигнала издают только самки при попытке самца копулировать. Показано, что сигнал не только препятствует копуляции, но и разрушает уже сформировавшиеся пары.

Ключевые слова: Pentatomidae, Heteroptera, *Pentatoma*, поведение, коммуникация, дизруптивные сигналы, контроль численности

DOI: 10.31857/S0235009220010102

ВВЕДЕНИЕ

Вибрационную коммуникацию используют представители практически всех групп животных – начиная от нематод и заканчивая такими крупными позвоночными, как слоны. Однако, несмотря на широкий интерес к изучению вибрационной коммуникации насекомых, на данный момент вибрационные сигналы известны всего для 39 из более чем 4000 видов Pentatomidae (Lautmann, 2013). Это связано с тем, что подавляющая часть исследований проводилась и проводится на ограниченном числе модельных объектов (Cokl, 2008; de Groot et al., 2010; Coccoft et al., 2010; McBrien, Millar, 2003; Malek et al., 2018).

В основном интерес к вибрационной коммуникации насекомых обусловлен их значимостью как вредителей сельскохозяйственных культур и переносчиков заболеваний растений (Panizzi et al., 2000; Cokl et al., 2014; Malek et al., 2018). Вибрационные сигналы играют важную роль в коммуникации полужесткокрылых и являются одним из необходимых элементов ритуала ухаживания (Cokl et al., 2014). При этом различия в амплитудно-временных и частотных характеристиках сигналов могут быть одним из механизмов эффективной межвидовой изоляции для близких видов, чьи феромоны имеют близкую структуру.

Сигналы протеста или дизруптивные сигналы, служащие для разрушения копулирующих пар, встречаются у насекомых, использующих акустическую коммуникацию. Интересно, что подоб-

ные сигналы используют не только нерцептивные самки, но иногда и самцы. Так, у некоторых видов цикадок самец при обнаружении копулирующей пары издает специальный сигнал, который прерывает копуляцию (Nieri, Mazzoni, 2018; Malek et al., 2018). Однако специфический сигнал протеста, препятствующий копуляции, был обнаружен только у одного вида полужесткокрылых – *Pentatoma rufipes* (рис. 1.), хотя у других видов самки могут совершать похожие движения брюшком, но сигналы при этом не регистрируются (Shestakov, 2015).

Актуальность изучения коммуникации клопов-щитников обусловлена тем, что многие Pentatomidae являются экономически значимыми вредителями и переносчиками заболеваний растений. Например, карантинный для стран Евразийского экономического союза клоп *Halyomorpha halys*, который отмечен на южных границах России. В связи с этим исследование их коммуникации представляет значительный интерес не только для расширения представлений об их этологии и выявления новых таксономических признаков, но и для разработки методов контроля численности без использования инсектицидов. Так, на некоторых видах цикадок было показано, что использование искусственных стимулов, созданных на основе дизруптивных сигналов, препятствует эффективной коммуникации и достоверно снижает численность насекомых на растениях (Nieri, Mazzoni, 2018; Malek et al., 2018).

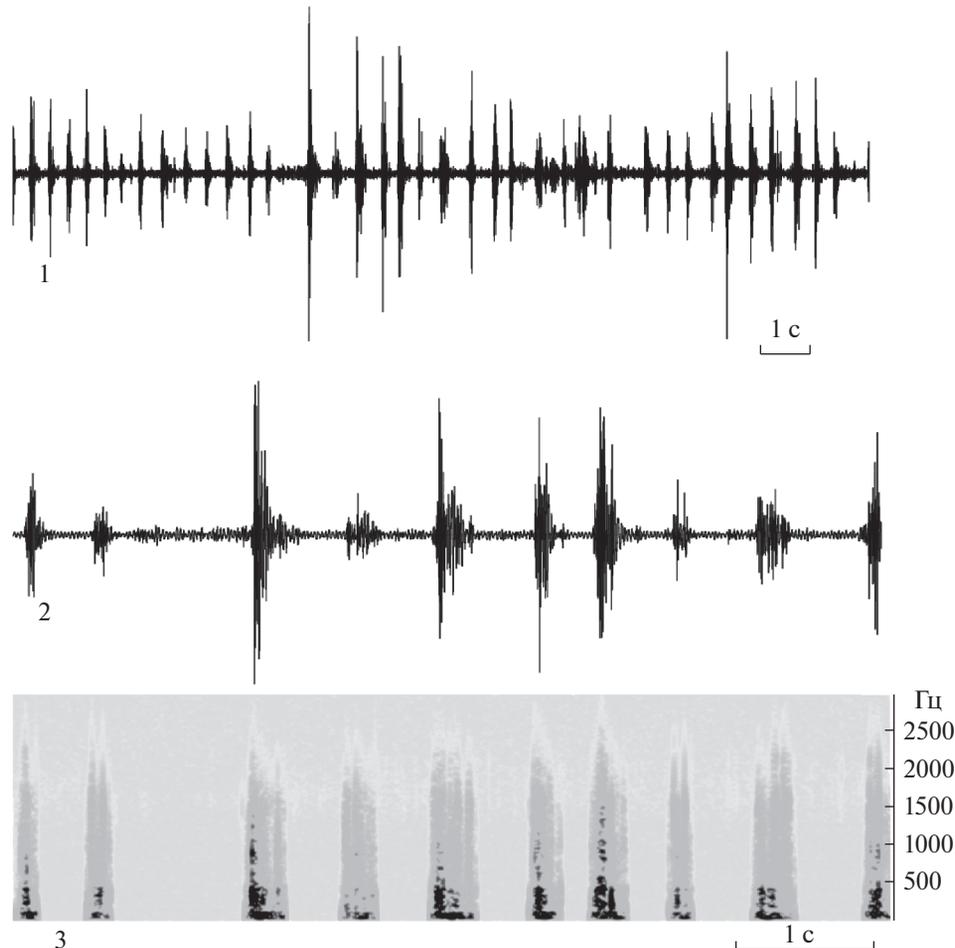


Рис. 1. Осциллограммы (1–2) и сонограмма (3) дизруптивного сигнала *Pentatoma rufipes*. Сонограмма дана для осциллограммы 2.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходный живой материал *Pentatoma rufipes* для работы был собран в полевых условиях в Московской, Тульской областях (2013–2015 г., 2019 г.), в Республике Алтай (2015 г.) В лаборатории насекомых содержали в садках $35 \times 35 \times 45$ см при постоянном наличии свежего кормового растения и 12/12 часовом световом цикле. Постоянный световой цикл необходим для исключения влияния изменений фотопериода на активность насекомых. Температура содержания 20–25°C.

Для поведенческих экспериментов с модельными стимулами были использованы только насекомые, выведенные в лаборатории из личинок. Самцы и самки до имагинальной линьки содержались раздельно. Такое разделение необходимо, так как опыт предыдущей копуляции может оказывать влияние на реакцию на тестовый стимул, поэтому в экспериментах должны использоваться только заведомо девственные самцы и самки.

Для записи сигналов в полевых условиях и лаборатории применяли лазерный виброметр PDV 100 (Polytec, Германия) и пьезоэлектрический адаптер ГЗП 311 и ГЗП 661. Частота дискретизации

сигнала 44.1 кГц. Такая частота более чем достаточна, так как сигналы полужесткокрылых практически всегда низкочастотные (доминантные частоты около 200 Гц, крайне редко 1–4 кГц). Для генерации стимулов использовали вибростенд 4810, (Briel & Kjaer). Всего было протестировано 20 пар на стадии начала копуляции и 15 пар в процессе копуляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Были записаны дизруптивные сигналы 18 самок. Данный сигнал производится самками, когда самец пытается приступить к копуляции — начинает ощупывать самку антеннами и ставит передние конечности на конец ее брюшка. В этот момент нерцептивная самка скользящими движениями ударяет боками брюшка о субстрат и по самцу. Основные параметры сигнала представлены в табл. 1. Следует заметить, что по нашим наблюдениям длительность сигнала зависит от того, как быстро самец прекратит попытки копуляции. Как только самец отходит от самки эмиссия сигнала сразу же прекращается. В других обстоятельствах, по нашим наблюдениям, этот тип сигнала не издается.

Таблица 1. Основные параметры дизруптивного сигнала *P. rufipes*

Параметр сигнала	Длительность пульса, с	Длительность серии, с	Число пульсов в серии	Период повторения пульсов, мс
Среднее значение	0.138	13.7	26.8	0.212
Стандартное отклонение	0.15	7.3	19.2	0.12

При предъявлении дизруптивного сигнала только формирующимся парам и парам, находящимся в процессе копуляции, во всех случаях происходило разрушение пар. При этом насекомые стремились покинуть растение. Достоверные различия обнаружены лишь в латентных периодах от начала предъявления стимула до момента разрушения пары (двухсторонний точный критерий Фишера; $p < 0.05$). Латентный период до разрушения пары в начале ухаживания составил 1.687 ± 0.691 с ($N = 20$). Латентный период у пар, вступивших в копуляцию, 7.012 ± 2.976 с ($N = 15$).

Таким образом, можно с уверенностью сказать что дизруптивный сигнал самки является эффек-

тивным механизмом, препятствующим успешной встрече полов у *P. rufipes*. Мы предполагаем, что использование дизруптивных сигналов полужесткокрылых может стать новым эффективным механизмом контроля численности. Это подтверждается данными, полученными на некоторых видах цикадок – вредителей винограда. Трансляция дизруптивных сигналов на кормовое растение нарушает нормальный процесс коммуникации, что в свою очередь приводит к невозможности формирования пар и снижению численности популяции.

Работа поддержана РФФИ (грант № 20-04-00553 а).

Disruptive song – an effective mechanism to prevent copulation in stink-bugs *Pentatoma rufipes*

L. S. Shestakov[#]

Institute for Information Transmission Problems RAS
127051 Moscow, Bolshoy Karetny per., 19, Russia

[#]E-mail: zicrona@yandex.ru

Acoustic repertoire *Pentatoma rufipes* in addition to recruiting, competition and courtship signals includes a special type of signal – disruptively. The signal is used to prevent copulation attempts and the destruction of already copulating pairs. This type of signal is emitted only by females when the male attempts to copulate. It is shown that the signal not only prevents copulation, but also destroys already formed pairs.

Key words: Pentatomidae, Heteroptera, *Pentatoma*, behavior, communication, disruptive signals, pest control

REFERENCES

- Cokl A. Stink bug interaction with host plants during communication. *J. Ins. Physiol.* 2008. V. 54. P. 1113–1124. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2008.06.004
- Cocroft R.B., Rodriguez R.L., Hunt R.E. Host shifts and signal divergence: mating signals covary with host use in a complex of specialized plant-feeding insects. *Biol J Linn Soc.* 2010. T. 99. P. 60–72.
- Cokl A., Zorovic M., Zunic Kosi A., Stritih N., Virant-Doberlet M. *Communication through plants in a narrow frequency window*. Eds R.B. Cocroft, M. Gogala, A. Wessel. Studying vibrational communication. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014. P. 171–195.
- de Groot M., Cokl A., Virant-Doberlet M. Effects of heterospecific and conspecific vibrational signal overlap and signal-to-noise ratio on male responsiveness in *Nezara viridula* (L.). *J. Exp Biol.* 2010. T. 213. P. 3213–3222. DOI: 10.1242/jeb.044024
- Laumann R.A., Kavcic A., Moraes C.B., Borges M., Cokl A. Reproductive behaviour and vibratory communication of the neotropical predatory stink bug *Podisus nigrispinus*. *Physiol Entomol.* 2013. T. 38. P. 71–80. DOI: 10.1111/phen.12005
- Malek R., Tattoni C., Ciolli M., Corradini S., Andreis D., Ibrahim A., Mazzoni V., Eriksson A., Anfora G. Coupling Traditional Monitoring and Citizen Science to Disentangle the Invasion of *Halyomorpha halys*. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018. T. 7. P. 171–179. DOI: 10.3390/ijgi7050171
- McBrien H.L., Millar J.G. Substrate-borne vibrational signalling in the consperse stink bug, *Euschistus conspersus*. *Can Entomol.* 2003. T. 135. P. 555–567. DOI: <https://doi.org/10.4039/n02-078>
- Nieri R., Mazzoni V. Open-field vibrational mating disruption: the effect on leafhopper pests and their predators. *IOBC-WPRS Working Group “Integrated Protection in Viticulture”*. 2018. V. 139. P. 31–34.
- Panizzi A.R., McPherson J.E., James D.G., Javahery M., McPherson R.M. *Economic importance of stink bugs (Pentatomidae)*. Eds C.W. Schaefer, A.R. Panizzi. Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2000. P. 421–474.
- Shestakov L.S. A Comparative Analysis of Vibrational Signals in 16 Sympatric Bug Species (Pentatomidae, Heteroptera). *Entomological Review.* 2015. V. 95. № 3. P. 310–325. DOI: 10.1134/S0013873815030045