

Е.Н. Устинова, С.Н. Лысенков

ПИЩЕВЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ *BROMIUS OBSCURUS* LINNAEUS, 1758 (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) ПО ОТНОШЕНИЮ К АБОРИГЕННОМУ И ИНВАЗИОННОМУ РАСТЕНИЯМ СЕМЕЙСТВА ONAGRACEAE

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Изучены пищевые предпочтения жуков-листоедов *Bromius obscurus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae) по отношению к двум видам растений семейства Onagraceae: аборигенному *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. и инвазионному *Epilobium adenocaulon* Hausskn. В ходе экспериментов с выбором и последующей оценкой повреждений растений было установлено, что *B. obscurus* предпочитает аборигенный *Ch. angustifolium*. Эксперименты с ловушками показали способность жуков-листоедов находить предпочитаемое растение по запаху. Данные результаты согласуются с гипотезой освобождения инвазионных видов от врагов, показывая большую подверженность аборигенных растений воздействию фитофагов. Важное значение в распознавании кормового растения играет ольфакторный анализатор.

Ключевые слова: жуки-листоеды, *Bromius obscurus*, фитофагия, гипотеза освобождения от врагов, инвазии

Цитирование: Устинова Е.Н., Лысенков С.Н. Пищевые предпочтения *Bromius obscurus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae) по отношению к аборигенному и инвазионному растениям семейства Onagraceae // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 1. С. 188–191. DOI: 10.5281/zenodo.10937740

Введение

Одной из причин успешности инвазионных видов во вторичном ареале считается отсутствие давления целого ряда биотических факторов (гипотеза освобождения от врагов – Enemy Release Hypothesis). Данное явление было описано Чарльзом Элтоном в 1958 г. [6], однако термин появился только в 2000 г. [4]. Гипотеза ухода от врагов теоретически хорошо обоснована и часто служит для объяснения причин распространения того или иного вида. Действительно, интродуцированный вид во вторичном ареале избавлен от пресса фитофагов/хищников, что позволяет ему вкладывать меньше ресурсов в защиту, а использовать их на рост и распространение [8].

Однако со временем местные фитофаги могут адаптироваться к питанию чужеродными видами. В то же время инвазионные виды повреждаются фитофагами в значительно меньшей степени по сравнению с аборигенными близкородственными видами [5, 9].

Важным вопросом является выявление стимулов, влияющих на стратегию пищевого поведения. В поисках пищи насекомые задействуют все органы чувств, однако преобладающим является обоняние [3]. Выбор кормового растения во многом зависит от развития системы распознавания специфических аттрактантов, которая формируется в процессе длительной коэволюции и

позволяет оценить химический состав и качество растений [12]. Однако по отношению к чужеродным видам насекомые могут не иметь соответствующих механизмов различения подходящих и неподходящих для питания растений [7].

Цель и задачи исследования

Цель нашего исследования заключалась в изучении пищевых предпочтений жуков-листоедов *Bromius obscurus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae) по отношению к местному виду *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. и инвазионному виду *Epilobium adenocaulon* Hausskn. из семейства Onagraceae. В задачи исследований входило измерение количества потребленного жуками растительного материала *Ch. angustifolium* и *E. adenocaulon* в экспериментах с наличием выбора, а также изучение способности листоедов ориентироваться по запаху.

Объекты и методики исследований

Эксперименты по исследованию пищевых предпочтений проводили на широко распространенном виде жуков-листоедов – падушке черной *Bromius obscurus*. Основными кормовыми растениями этого вида являются иван-чай (*Chamaenerion* spp.) и кипрей (*Epilobium* spp.) (Onagraceae). В качестве модельных объектов для исследования выбрали два вида с разным инвазионным статусом:

1) Иван-чай узколистый *Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub – аборигенный вид, широко распространенное многолетнее травянистое растение, часто занимающее обширные территории.

2) Кипрей железистостебельный *Epilobium adenocaulon* Hausskn. – интродуцированный североамериканский вид, многолетнее травянистое растение, быстро распространившееся в Европе. Первая находка в Подмосковье относится к 1909 г., однако активное расселение началось с середины 1960-х гг. В настоящее время вид распространен по всей территории Восточной Европы, за исключением Крайнего Севера [1].

Жуков *B. obscurus* и листья *Ch. angustifolium* и *E. adenocaulon* для эксперимента собирали в июне 2021–2022 гг. на территории Звенигородской биологической станции Московского государственного университета (Московская область, Россия).

Для оценки пищевых предпочтений *B. obscurus* на краях чашек Петри размещали листья *Ch. angustifolium* и *E. adenocaulon* и помещали по 10 взрослых жуков. Каждые шесть часов листья обновляли, а поврежденные листья сканировали с разрешением 300 dpi. Всего было пять чашек Петри с листоедами, с каждой из которых эксперимент был проведен по десять раз.

Для подсчета площади повреждений на листьях растений использовали предварительно обученную нейронную сеть на основе архитектуры Unet++ из библиотеки Segmentation models pytorch (неопубликованные авторские разработки). Данная нейросеть принимает на вход изображение поврежденных листьев и восстанавливает их неповрежденную маску. Далее вычитанием из результата исходных изображений получали погрызы и высчитывали их площадь.

Для выявления способности листоедов ориентироваться по запаху проводили эксперимент с ловушками. В качестве ловушки использовали стеклянные банки с бумажными воронками, установленными так, чтобы листоеды могли проникнуть в банку, но не могли выбраться. В банки клали листья *Ch. angustifolium* или *E. adenocaulon*, каждые шесть часов проверяли, сколько листоедов находится в банке с каждым из растений, извлекали их из банок и обновляли листья. Эксперимент был повторен 25 раз.

Для изучения влияния пищевых аттрактантов на предпочтения листоедов из листьев *Ch. angustifolium* готовили водные и спиртовые вытяжки (5 г свежих листьев измельчали, заливали 100 мл воды/спирта и настаивали в течение минимум 24 часов). Листья *E. adenocaulon* окунали в соответствующую вытяжку на несколько секунд, затем высушивали фильтровальной бумагой, в качестве контроля использовали листья *E. adenocaulon* аналогичным способом обработанные водой/спиртом. Проводили оценку пищевых предпочтений в чашках Петри по вышеописанной методике.

Статистический анализ проводили в программной среде R [10]. Для сравнения площади повреждения листьев или количества жуков в эксперименте по выбору между двумя вариантами использовался парный тест Уилкоксона.

Результаты исследований и их обсуждение

Площадь повреждения жуками-листоедами *B. obscurus* листьев *Ch. angustifolium* составила (медиана и квартили) 2,43 (1,67; 4,64) см², что достоверно выше ($p < 0,001$ в тесте Уилкоксона для парных выборок) площади повреждения *E. adenocaulon*, составившей 0,04 (0,01; 0,28) см². Предпочтение листоедами аборигенного *Ch. angustifolium* согласуется с гипотезой освобождения от врагов, подтверждая меньшую привлекательность инвазионных растений для местных фитофагов по сравнению с аборигенными видами, что может способствовать более успешному распространению чужеродных видов в новых ареалах [5, 8, 9].

В эксперименте с ориентацией по запаху листоеды *B. obscurus* продемонстрировали способность находить иван-чай по запаху ($p < 0,001$ в тесте Уилкоксона для парных выборок): в среднем (\pm SD) 10,6 \pm 5,6 жуков за эксперимент попадали в банку-ловушку с *Ch. angustifolium* по сравнению с 4,0 \pm 3,4 в банках с *E. adenocaulon*. Это свидетельствует о важной роли ольфакторного анализатора в пищевом поведении листоедов [3]. Важно отметить, что, несмотря на явные предпочтения к иван-чаю, небольшая часть жуков оказывалась в банках с кипреем железистостебельным. Это свидетельствует о наличии значительной вариабельности предпочтений или эффективности системы распознавания дистантных аттрактантов, что может быть чрезвычайно важно при переходе на новые кормовые растения [2, 11].

Обработка листьев *E. adenocaulon* водной и спиртовой вытяжкой из иван-чая не влияла на предпочтения листоедов: не было значимых различий в площади повреждений обработанных и не обработанных вытяжками листьев (таблица). Возможно, ни водная, ни спиртовая вытяжки не содержали тех химических веществ, которые являются специфическими аттрактантами, или их кон-

центрация оказалась недостаточной для увеличения привлекательности обработанных листьев.

Выводы

Жуки-листоеды *B. obscurus* предпочитают аборигенный вид *Ch. angustifolium* инвазионному *E. adenocaulon*, что поддерживает гипотезу освобождения от врагов. При этом *B. obscurus* демонстрируют высокую способность находить *Ch. angustifolium* по запаху, что подчеркивает важность ольфакторного восприятия в пищевом поведении этих насекомых. Обработка листьев *E. adenocaulon* спиртовыми и водными вытяжками из *Ch. angustifolium* не позволила увеличить их привлекательность для жуков. Выявление механизма адаптации аборигенных фитофагов к инвазионным растениям имеет решающее значение для понимания коэволюционных процессов, ранних стадий симпатрического видообразования и биологического контроля инвазионных видов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-24-00090).

1. *Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 494 с.
2. *Креславский-Смирнов А.Г.* Эколого-генетическая структура популяций насекомых: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 1987. 31 с.
3. *Павлов С.И.* Стратегия трофического поведения насекомых-фитофагов (на примере жуков-листоедов Coleoptera, Chrysomelidae) // Самарский научный вестник. 2016. N4(17). С.48–54.
4. *Blossey B., Simberloff D., Rejmánek M.* Enemy release hypothesis. Encyclopedia of biological

Таблица. Площади повреждения листьев *E. adenocaulon* листоедами *B. obscurus* при обработке их спиртовой и водной вытяжками иван-чая

Вытяжка	Площадь повреждения листьев, см ²		p
	обработанных вытяжкой	контрольных листьев, см ²	
Спиртовая, n = 14	0,72 (0,60; 1,18)	0,59 (0,08; 1,42)	0,727
Водная, n = 16	0,95 (0,61; 1,79)	1,04 (0,79; 2,55)	0,231

Примечание. В скобках представлены медианы (Q1; Q3)

- invasions. Berkeley: University of California Press, 2011. P. 193–196.
5. Cappuccino N., Carpenter D. Invasive exotic plants suffer less herbivory than non-invasive exotic plants // *Biology Letters*. 2005. Vol. 1, Iss. 4. P. 435–438.
 6. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. 1958. 196 p.
 7. Jones L.C., Rafter M.A., Walter G.H. Insects allocate eggs adaptively across their native host plants // *Arthropod-Plant Interactions*. 2019. Vol. 13, Iss. 2. P. 181–191.
 8. Liu H., Stiling P. Testing the enemy release hypothesis: a review and meta-analysis // *Biological invasions*. 2006. Vol. 8, Iss. 7. P. 1535–1545.
 9. Meijer K., Schilthuizen M., Beukeboom L., Smit C. A review and meta-analysis of the enemy release hypothesis in plant-herbivorous insect systems // *PeerJ*. 2016. Vol. 4. P. e2778.
 10. R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing [Electronic resource]. URL: <https://www.r-project.org/> (accessed 14.11.2023).
 11. Steward R.A., Epanchin-Niell R.S., Boggs C.L. Novel host unmasks heritable variation in plant preference within an insect population // *Evolution*. 2022. Vol. 76, N 11. P. 2634–2648.
 12. Thompson J.N., Pellmyr O. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera // *Annual Review of Entomology*. 1991. Vol. 36, N 1. P. 65–89.

Поступила в редакцию: 29.01.2024

UDC 581.524.2:591.531.19

FEEDING PREFERENCES OF *BROMIUS OBSCURUS* (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) IN RELATION TO NATIVE AND INVASIVE PLANTS OF THE ONAGRACEAE FAMILY

E.N. Ustinova, S.N. Lysenkov

Federal State Educational Institution of Higher Education Lomonosov Moscow State University

In this study, the feeding preferences of the leaf beetles *Bromius obscurus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae) were investigated in relation to two plant species of the Onagraceae family: the native *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. and the invasive *Epilobium adenocaulon* Hausskn. During experiments with choice and subsequent assessment of plant damaged areas, it was established that *B. obscurus* prefers the native *Ch. angustifolium*. Experiments with traps showed the ability of leaf beetles to find their preferred plant by odour. These results are consistent with the Enemy Release Hypothesis, showing a greater vulnerability of native plants to phytophages. The olfactory analyzer plays an important role in recognizing the food plant.

Key words: leaf-beetles, *Bromius obscurus*, phytophagy, Enemy Release Hypothesis, invasions

Citation: Ustinova E.N., Lysenkov S.N. Feeding preferences of *Bromius obscurus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae) in relation to native and invasive plants of the Onagraceae family // *Industrial botany*. 2024. Vol. 24, N 1. P. 188–191. DOI: 10.5281/zenodo.10937740
