Московская школа на Юго-Западе №1543. Кафедра биологии

Исследование особенностей прыжка жуков-щелкунов (Coleoptera: Elateridae)

Научно-исследовательская работа

Работу выполнили:

А. И. Барсков

Ф. А. Бондарь

Научный руководитель:

к.б.н. П. Н. Петров

Москва

2021

Введение

Щелкуны (Elateridae) — крупное семейство жуков, или жесткокрылых (Coleoptera). На сегодняшний день описано свыше 10 000 видов, разделённых на более чем 400 родов (Costa et al., 2010). России известно порядка 500 видов и около 90 родов жуков-щелкунов (Просвиров, 2019). Встречаются всесветно, за исключением Антарктиды, и во всех высотных поясах — до самых границ постоянных снежников и ледников (Медведев, 2002).

Как правило, тело стройное, вытянутое, более или менее выпуклое, никогда не бывает сильно расширено и уплощено. Лапки простые, иногда 3-й или 4-й членики, либо членики с 1-го по 3-й или 3-й и 4-й с лопастинкой; коготки простые, реже гребенчатые.

Личинки Elateridae имеют тело, цилиндрическое, полуцилиндрическое или уплощённое состоящие из 13 сегментов (иногда встречается ложная дополнительная сегментация). Тело почти голое, реже плотно покрыто волоскам. Личинки имеют название "проволочники" ("проволочный червь") (Алексеев и др.,1965).

Жуки-щелкуны обладают способностью прыгать из перевернутого положения. Ноги в этом не играют никакой роли. Переднегрудь несёт выступ, который с силой вводится в среднегрудную ямку. В выступе переднегруди имеется спинной гребень, который опирается на передний край среднегрудной ямки. В мышцах переднеспинки создается давление. Давление сбрасывается за счет скольжения выступа в полость. Это вызывает движение переднеспинки вверх, и жук прыжка в воздухе. В начале прыжка жук в середине тело немного приподнимается над субстратом, тем самым вызывая выгибание тела. Голова втягивается в переднеспинку, усики и ноги прижаты к телу. В этом положении выступ переднеспинки опирается на передний край среднегрудной ямки. Это последняя позиция перед прыжком. Жук может оставаться в этом положении от половины секунды до многих минут. Поскольку трение между выступом и полостью не может удерживать давление, накопленное в мышцах, то последнее теряется. Выступ переднегруди движется внутрь полости, вызывая движение вверх переднеспинки. (Evans, 1972; Patwardhan, 2009).

В момент, когда выступ передней груди соскакивает среднегрудной ямки, происходит «залповое» сокращение мышц, действующих, как пружина, тело жука отрывается от субстрата и взлетает вверх, после чего насекомое падает на лапки и брюшко (Медведев, 2002).

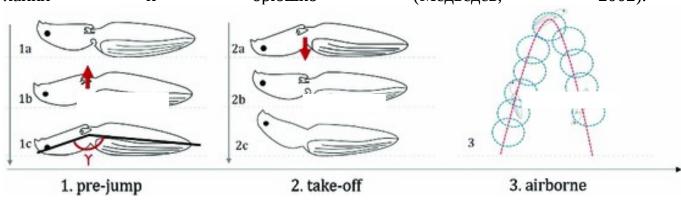


Рис. 1. Стадии прыжка щелкуна. 1 – перед прыжком. 2 – начальная стадия прыжка. 3 – нахождение в воздухе. По: Bolmin et al. (2017).

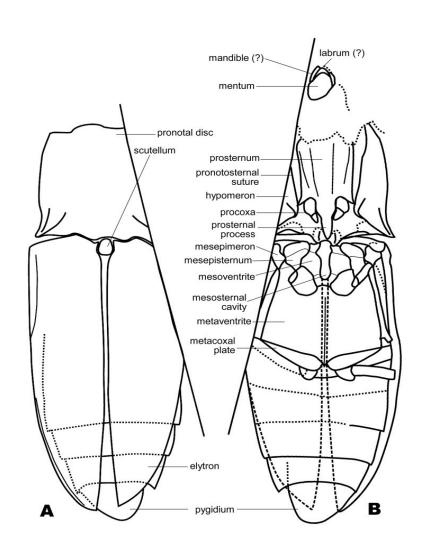


Рис. 2. Внешнее строение жуков-щелкунов. А – вид сверху, pronotal disc – пронотальный диск, scutellum – щиток, elytron – надкрылье, pygidium – пигидий, В - вид снизу, labrum – верхняя губа, mandible – нижняя челюсть, mentum – ментум, prosternum – переднегрудь, prosternum suture – шов переднегруди, hypomeron – гипомерон, procoxa-тазик передней ноги, prosternal process – вырост переднегруди, mesepimeron – мезепимер, mesoventrite – мезовентрит, metacaxal plate – метакоксальная пластинка (Sohn et al., 2019).

Цель работы: выявить наличие или отсутствие зависимости высоты прыжка жуков-щелкунов от вида.

Задачи:

- 1. Изучить высоту прыжка у видов жуков-щелкунов (Elateridae), часто встречающихся на территории стационара «Сунога» и в его ближайших окрестностях.
- 2. Сравнить высоту прыжка у исследованных видов.

Итак, перейдем к технологии выполнения работы.

Материалы и методы

Была взята ровная пластина из пенопласта, покрытого листовым пластиком (60 × 40 см). Лист бумаги формата A4 был разлинован на квадратики 1 × 1 см с помощью синей гелевой ручки.

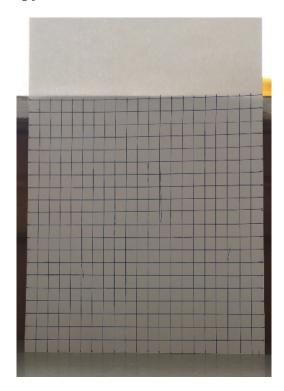


Рис. 3. Экспериментальная площадка. Лист разлиновали на квадратики 1×1 см и поместили вертикально относительно листа многослойного картона. Для закрепления листа в вертикальном положении использовали несколько кусков пенопласта (находится за листом), к которым, с помощью двух игл, был закрепили лист.

был закреплен вертикально (90° Лист бумаги относительно доски). Горизонтальность площадки была проверена с помощью промышленного уровня. На расстоянии примерно 10 см от бумаги был нарисован крест, на который далее помещали жуков. На расстоянии примерно 1 м от листа бумаги был закреплен телефон IPhone SE (1 поколения) для осуществления видеозаписи экспериментов. Формат записи выбрали следующий: 1080р HD, 60 закрепленной на нем выставили стул с лампой кадр/с. дополнительного освещения. Диапазон температур в дни, которые проводились эксперименты от 20°C до 31°C. Средняя температура в лаборатории во время экспериментов составила 22.3 °C. Температуру измеряли с помощью спиртового термометра, установленного в помещении.



Рис. 4. Конструкция экспериментальной установки. На пластмассовой табуретке установлена коробка из-под микроскопов. На ней, с помощью уровня, установлен телефон. Слева от телефона на стуле установлена лампа для дополнительного освещения. Перед подоконником расположена площадка для проведения эксперимента

Для удобной записи и форматирования результатов, в программе Microsoft Word были подготовлены бланки проведения экспериментов. Материалы собирали на территории стационара «Сунога», Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, а также на пойменном лугу, который расположен за рекой Сунога, примерно в 300 м от места, где дорога, ведущая в деревню Малое Дьяконово, пересекает реку, текущую по трубе. Все жуки были пойманы методом кошения в траве с помощью сачков ля кошения. Жуков помещали в цилиндрические пластиковые контейнеры для пуговиц (длина 20 см; диаметр 4 см) и доставлялись в лабораторию. В лаборатории также был использован садок (размеры 30 × 30 × 30 см из сетчатой ткани) для временного содержания жуков. Из садка брали одного жука и помещали на крест брюшной стороной вверх. В этот же момент, включали видеозапись и называли порядковый номер объекта и номер дубля (1–10). Для каждого жука снимали 10 дублей (дубли снимались подряд, без перерывов) или более, если этого требовала специфика жука. После успешной записи всех дублей, жуков помещали в морилку с этилацетатом или в пробирку с 70% раствором этанола. Если жук не прыгал, то запись останавливали, независимо от того, сколько дублей было записано. В этом случае дальнейших экспериментов с данным не проводили, а жука умерщвляли.

После помещения объекта в морилку, на самой морилке надписывали номер жука. В дальнейшем заморенные жуки накалывали и этикетировали.

В разделе «Результаты» приведены общие данные по собранным видам и высота их прыжка.

Результаты

По результатам сборов 2021 года было выявлено четыре разных вида жуковщелкунов. В дальнейшем мы будем указывать их как Adrastus pallens (Fabricius, 1792), Hemicrepidius niger (Linnaeus, 1758), Agriotes sputator (Linnaeus, 1758) и Prosternon tessellatum (Linnaeus, 1758). Эксперименты проводили с 60 экземплярами, среди них: 32 жука вида Adrastus pallens, 26 жуков вида Hemicrepidius niger, один жук вида Agriotes sputator и один жук вида Prosternon tessellatum. В качестве значения высоты прыжка каждого жука использовали среднее значение прыжка одного жука за все 10 дублей.

Таблица 1. Сводная таблица данных по исследованным видам семейства Elateridae. Количество особей и повтоностей дублей.

	Adrastus pallens (Fabricius 1792)	Hemicrepidius nuger (Linneaus 1758)	Agriotes sputator (Linneaus 1758)	Prosternon tessellatum (Linneaus 1758)
Количество особей	32	26	1	1
Самцов	5	21		1
Самок	21	5	1	_
Число повторностей	320	260	10	10

На рис. 7 приведены диаграммы квартилей («ящики с усами»), показывающие распределение данных по двум видам.

Полученные данные были проверены на нормальность распределения. На рис. 5 и 6 приведены гистограммы распределения средних значений высоты прыжка у одного экземпляра по видам.

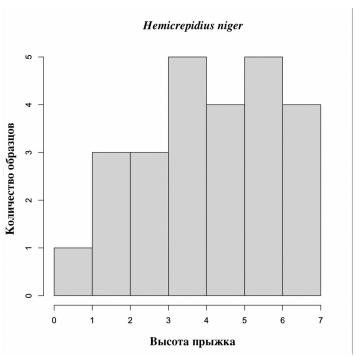


Рис. 5. Гистограмма распределения данных о высоте прыжка Hemicrepidius niger

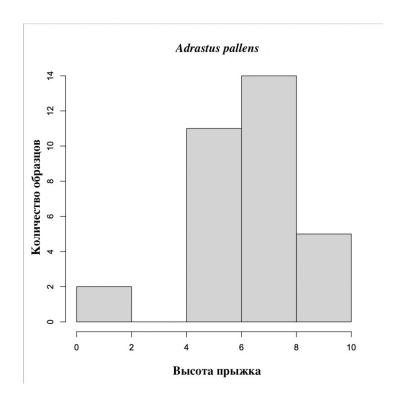


Рис. 6. Гистограмма распределения данных о высоте прыжка Adrastus pallens

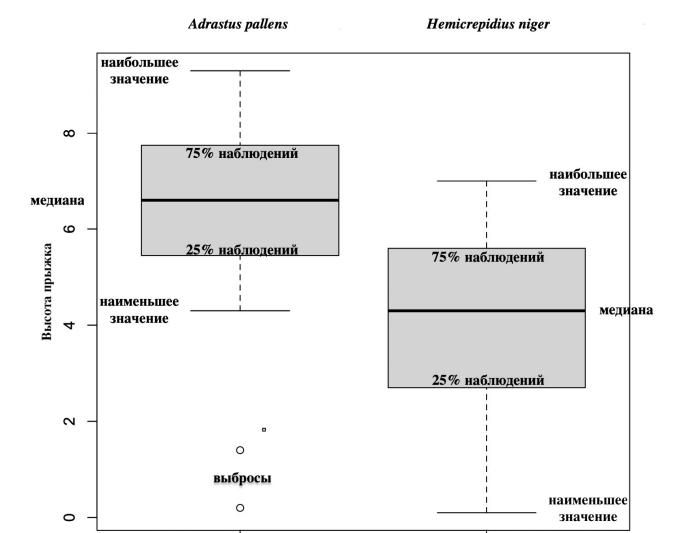


Рис. 7. Диаграмма квартилей *Hemicrepidius niger* (Linnaeus 1758) и *Adrastus pallens* (Fabricius 1792). Значения 0.2 и 1.4 для *Adrastus pallens* приняты как выбросы, поскольку они меньше значения нижнего квартиля более чем на 1,5 межквартильных размаха

1

Виды жуков

2

Исходя из полученных гистограмм, мы сделали предварительный вывод, что наши данные непараметрические, поэтому соответствие распределения нормальному дополнительно проверили по тесту Шапиро — Уилка, в результате которого для Hemicrepidius niger получено р = 0.56, а для Adrastus pallens р = 0.003, то есть в первом случае распределение можно считать нормальным, а во втором нельзя. В связи с этим для сравнения полученных данных мы использовали тест Уилкоксона, не показавший значимых различий

(p >> 0.05). Для Hemicrepidius niger и Adrastus pallens p = 3.207e-05. Таким образом, исходя из результатов статистических тестов, мы делаем вывод, что зависимость существует. Также можно сказать, что высота прыжка жуков вида Adrastus pallens статистически значимо выше, чем высота прыжка жуков вида Hemicrepidius niger.

Обсуждение

Плотность субстрата. По результатам исследований (Ribak et al., 2012) самые высокие прыжки были сделаны на жестком субстрате, и высота прыжка уменьшалась пропорционально количеству энергии, которую поглощал субстрат. В работе был исследован вид Lanelater judaicus. Была изучена зависимость высоты прыжка от вида и не исследован субстрат. В нашей работе самые высокие прыжки по средним показателям совершены жуками вида Adrastus pallens. В будущем желательно провести исследования по корреляции плотности субстрата с высотой прыжка и виду жука, не только уже исследованных видов, но и других, например, Agriotes sputator и Prosternon tessellatum.

Температура. Исходя из результатов статьи, опубликованной в Journal of the Entomological Society of British Columbia (Van Herk et al., 2008), можно предположить, что, если температура окружающей среды влияет на смертность Agriotes obscurus, то она может влиять и на высоту прыжка, так как она, видимо, может влиять на метаболизм жуков. В будущем можно изучить корреляцию этих показателей для Hemicrepidius niger и Adrastus pallens. Например, создать лабораторные условия, в которых возможно поддерживать постоянную температуру и изменять её.

Соотношение полов. Полученные данные о количестве и поле особей (табл. 1) могут предварительно свидетельствовать об отклонении в соотношении полов *Hemicrepidius niger* и *Adrastus pallens*, при чём у *Hemicrepidius niger* оно

обратное Adrastus pallens. В будущем можно провести подробные исследования по этому вопросу. Также можно изучить корреляцию высоты прыжка Elateridae одного вида от пола.

Методы. В ходе работы способы заставить жуков прыгать отличались, что можно видеть в Приложение 1. Способ также мог влиять на высоту прыжка. Так как мы были ограничены во времени, то старались заставить прыгнуть каждого жука, что и заставляло нас применять разные способы. В будущем желательно вывести единый способ, чтобы заставить жука прыгнуть и при этом по возможности свести механическое воздействие к минимуму.

Длина особи. Нами была собрана информация о длине особей, представленная в Приложение 2, но не использованная в ходе работы. В будущем эту информацию и аналогичную информацию, полученную в ходе будущих работ, можно использовать для выявления корреляции с высотой прыжка.

Утомляемость. Так как сьёмка дублей происходила без остановок, у жуков могла появится утомляемость, хотя при предварительном просмотре значений этого не видно. В будущем этот вопрос можно изучить.

Выводы

1. Средняя высота прыжка у Adrastus pallens статистически значимо выше, чем у Hemicrepidius niger.

Благодарности

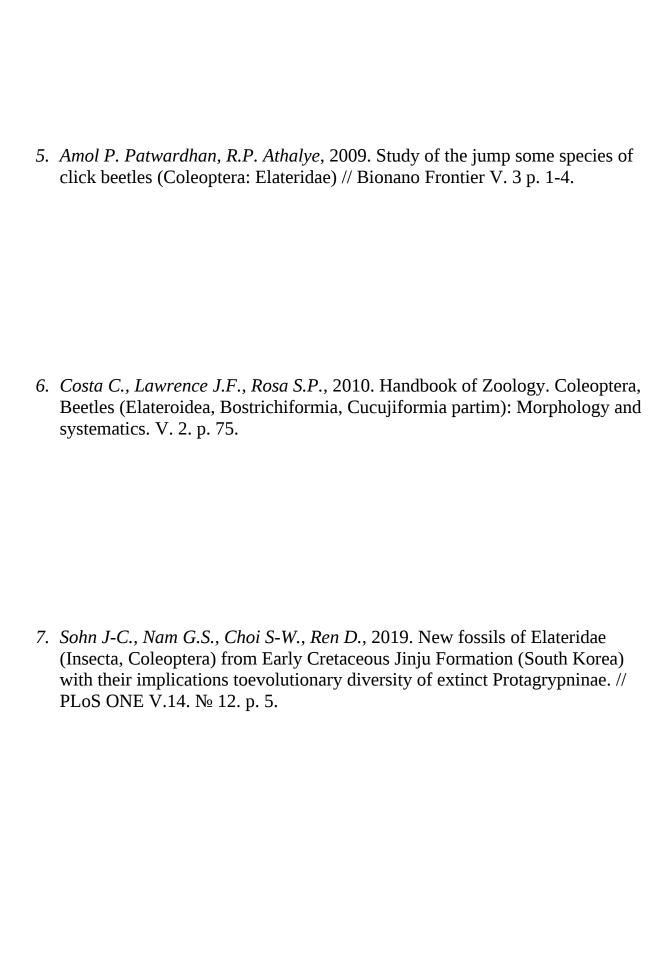
Мы благодарны администрации Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук за возможность сбора материалов на территории стационара «Сунога», а в особенности — директору института Александру Витальевичу Крылову за возможность работы на стационаре; Сергею Менделевичу Глаголеву и Полине Андреевне Волковой за организацию выезда на стационар в 2021 г., в ходе которого были собраны обработанные нами материалы; Александру Сергеевичу Просвирову за определение видов жуков-щелкунов рекомендацию исследованных нами И литературных источников по теме нашего исследования; Анастасии Игоревне Антоновой, Александру Сергеевичу Горбачевскому и Алексею Сергеевичу Горбачевскому, а также Николаю Дмитриевичу Кнорре за сбор материалов.

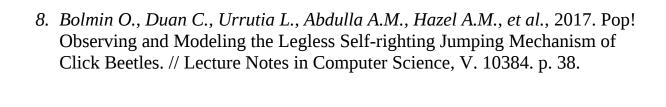
Литература

- 1. Алексеев А.В., Арнольди Л.В., Гурьева Е.Л., Жантиев Р.Д., Заславский В.А. и др. 1965. Сореорtera Жесткокрылые и Веерокрылые // Определитель насекомых европейской части СССР. Т.2. М-Л.: Наука. С. 3-5.
- 2. Алексеев А.В., Арнольди Л.В., Гурьева Е.Л., Жантиев Р.Д., Заславский В.А. и др. 1965a. Elateridae Щелкуны // Там же. С. 266-267.

3. *Медведев. А.А.*, 2002. Жуки и колеоптерологи. Щелкуны. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/incoel.htm Последнее обновление: 10 апреля 2002 г.

4. Просвиров А.С., 2019 г. Систематический список видов и подвидов жуков-щелкунов (Elateridae) фауны России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/elat_ru.htm Последнее обновление: 23 мая 2019 г.





9. *Ribak G.*, *Reingold S.*, *Weihs D.*, 2012. The effect of natural substrates on jump height in click-beetles // Functional Ecology V. 26, №. 2, pp. 493-499.

10. Van Herk W. G., Kabaluk J. T., Lam V. W.M., R. S. Vernon R. S., 2008. Survival of male click beetles, Agriotes obscurus L.,(Coleoptera: Elateridae) during and after storage at different temperatures // Journal of the Entomological Society of British Columbia. V. 105. P. 113-144

Приложения

- 1. Ссылка на Google-диск с видеозаписями всех экспериментов. https://drive.google.com/drive/folders/16i4lupvc6KxCdsZk0gdA10MNTwry7u HI
- 2. Ссылка на папку в Google-диске с таблицей исходных материалов и пояснениями к ней: https://drive.google.com/drive/folders/1-S0f9EHQsnC1aHdBEkEfmkngMUpDs4tr