Московская школа на Юго-Западе № 1543

Отличия размеров передних ног бабочек *Pieris rapa*е (Pieridae) и *Aphantopus hyperantus* (Nymphalidae)

Работу выполнила: М. Старкова (9Б)

Научный руководитель: П.Н. Петров

г. Москва

2021 г.

Введение

Отряд Lepidoptera (чешуекрылые, или бабочки) в нем насчитывается около 160 000 описанных видов (Zhang, 2013) и является одним из самых богатых видами отрядов насекомых. Его представители распространены на всех континентах, кроме Антарктиды. В России, согласно данным «Каталога чешуекрылых России» (Синев и др., 2019), встречается около 12 000 видов.

Отличительным признаком семейства Nymphalidae является укороченные передние ноги, «Определитель отрядов и семейств насекомых европейской части России» (Крупицкий, 2019, с. 12). Передние ноги укорочены, не участвуют в хождении, члеников лапки меньше 5, лапка без коготков, а у представителей Pieridae «передние ноги нормально развиты, участвуют в хождении, лапки 5-члениковые, с 2 маленькими коготками». Однако понять, укорочены или нормально развиты передние ноги, при определении бабочки может быть трудно, не зная конкретных значений длины укороченных и нормально развитых ног и их деталей. Чтобы уточнить определительные признаки Nymphalidae, мы решили измерить и сравнить длину передних ног у отдельных представителей семейств Nymphalidae, у которых передние ноги укорочены, и Pieridae, у которых передние ноги нормально развиты.

До меня над этим исследованием работали «Новые данные по фауне чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Нижне-Свирского государственного природного заповедника и определительные признаки некоторых семейств» (Суспицына, Федоров, 2021) продолжили изучение фауны бабочек Нижне-Свирского государственного природного заповедника (Ленинградская область, Лодейнопольский район) и уточнить определительные признаки некоторых семейств, дополнили список чешуекрылых Нижне-Свирского заповедника по материалам 2020 года и оставшимся неопределенными материалам прошлых лет, сравнили длину передних ног и их частей у представителей семейств Nymphalidae (*Nymphalis urticae* (Linnaeus, 1758)) и Pieridae (*Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758)).

Так же похожие исследования проводились Wolfe et al., (2011). В этой работе были исследованы эволюционные изменения передних ног представителей различных семейств. В частности, авторы сравнивали длину передней ноги и отдельных ее частей у ряда представителей семейств Nymphalidae, Riodinidae, Pieridae, Lycaenidae, Papilionidae и Hesperiidae. Однако главной целью данного исследования было выявление характера редукции передней ноги представителей семейств Nymphalidae и Riodinidae, а также выяснение,

чем эта редукция обусловлена на генетическом уровне. В этой работе были исследованы эволюционные изменения передних ног представителей различных семейств. В частности, авторы сравнивали длину передней ноги и отдельных ее частей у ряда представителей семейств Nymphalidae, Riodinidae, Pieridae, Lycaenidae, Papilionidae и Hesperiidae.

Исследования фауны чешуекрылых в Ярославской области, окрестностях поселка Борок, на стационаре «Сунога» проводятся учащимися профильного биологического класса Московской школы на Юго-Западе № 1543.

В этой работе я сосредоточилась на исследовании ног двух видов семейств *Aphantopus hyperantus* и *Pieris rapae* (рис. 1), особенно часто встречающихся в период исследований (конец июня и начало июля) на территории стационара «Сунога».

Цель работы: Продолжить изучение фауны бабочек Ярославской области, окрестностей поселка Борок на территории стационара Сунога и уточнить определительные признаки семейств Pieridae и Nymphalidae.

Задачи работы:

1. Сравнить длину передних ног и их частей у представителей семейств *Aphantopus hyperantus* (Nymphalidae) и *Pieris rapae* (Pieridae).
2. Изучить, коррелирует ли длина передних ног бабочек *Aphantopus hyperantus* (Nymphalidae) с длинной передних ног бабочек *Pieris rapae* (Pieridae).

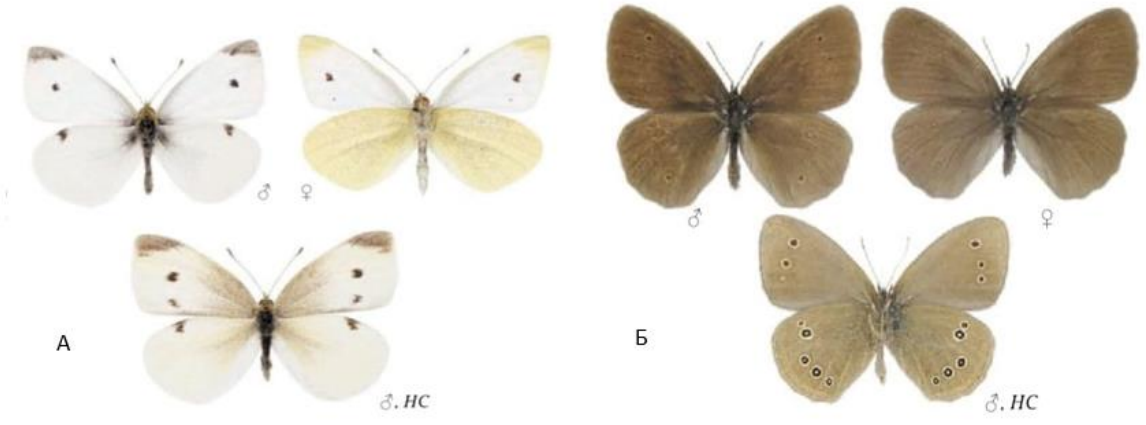

Рис. 1. Бабочки исследованных видов. А – бабочки *Pieris rapae*, Б – *Aphantopus hyperantus*. НС – нижняя сторона бабочки. По: Каабак, Сочивко

Материалы и методы

Отлов бабочек проводился в Ярославской области, окрестности поселка Борок, в период с 01.07.2021 –по 07.07.2021 (рис. 2).

Рис. 2. Карта местности, окрестностей поселка Борок. Изображение взято с сайта yandex.ru

Бабочек собирали с помощью энтомологических сачков, замаривали этилацетатом в бумажных конвертах два-три часа, а потом хранили на ватных матрасиках.

Для некоторых пар ног бабочек использовали бинокулярный стереоскопический микроскоп и штангенциркуль, так как ноги были очень маленькими. Пинцетом вырывали ноги у бабочек, по возможности пытались брать только левые ноги из пары. Потом, отложив их в сторону, подготавливали кусочек миллиметровой бумаги, 15 × 35 мм, за тем намазывали клеем ПВА часть прямоугольника и наклеивали на него ноги по очереди, писали сверху на листочке сквозную нумерацию, которую так же

присваивали бабочкам (рис. 3), клали ее по соответствующим номером в матрасик и оставляли сушиться.

Когда клей высыхал, к бабочке в матрасике клали прямоугольник с ногами под ней, затем измеряли их части.

Рис. 3. Расположение бабочек вида *Aphantopus hyperantus*, их ног и сквозной нумерации на матрасике помощью лент, вырезанных из прозрачного файла, и энтомологических булавок

Экземпляры *Aphantopus hyperantus* были измерены при помощи электронного штангенциркуля с ценой деления 0.1 мм по следующим критериям: длина тела, длина бедра, длина голени, длина лапки (рис. 4).

Статистическую обработку данных проводили в программной среде R.

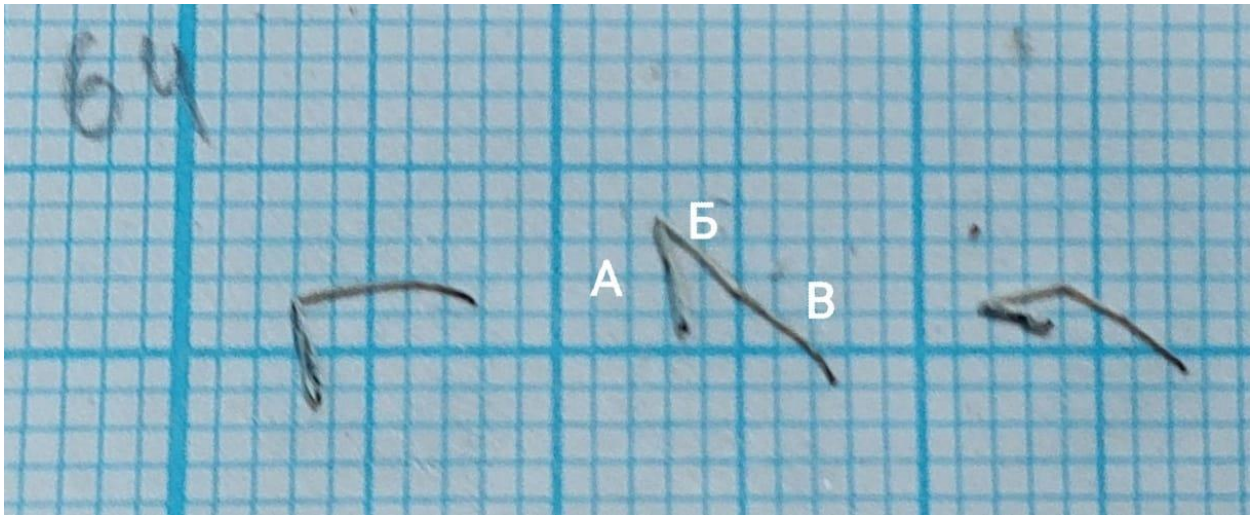

Рис. 4. Передние ноги бабочки, наклеенные на картонную плашку. Цифрами обозначены следующие параметры: А – длина бедра; Б – длина голени; В – длина лапки.

Результаты

Среди измеренных бабочек *Pieris rapae* максимальная длина бедра передней ноги составляла 3.5 мм, минимальная – 2 мм; максимальная длина голени составляла 2.7 мм, минимальная – 1.3 мм; максимальная длина лапки составляла 4.2 мм, минимальная – 1.8 мм. Максимальная длина передней ноги составляла 10 мм, минимальная – 4.9 мм (рис. 5); максимальная длина средней ноги 10.2 мм, минимальная – 5.9 мм (рис. 7).

Среди измеренных бабочек *Aphantopus hyperantus* максимальная длина бедра передней ноги составляла 1.25 мм, минимальная – 0.15 мм; максимальная длина голени составляла 1.8 мм, минимальная – 0.3 мм; максимальная длина лапки составляла 1.15 мм, минимальная – 0.2 мм. Максимальная длина передней ноги составляла 2.95 мм, минимальная – 1.25 мм (рис. 6); максимальная длина средней ноги составляла 10.7 мм, минимальная – 7.1 мм (рис. 8).

Как известно, у семейства нимфалиды передние ноги укорочены, чтобы посмотреть это с примерами надо посмотреть на гистограммы длин передних ног бабочек семейств нимфалид и белянок (рис. 5, 6).

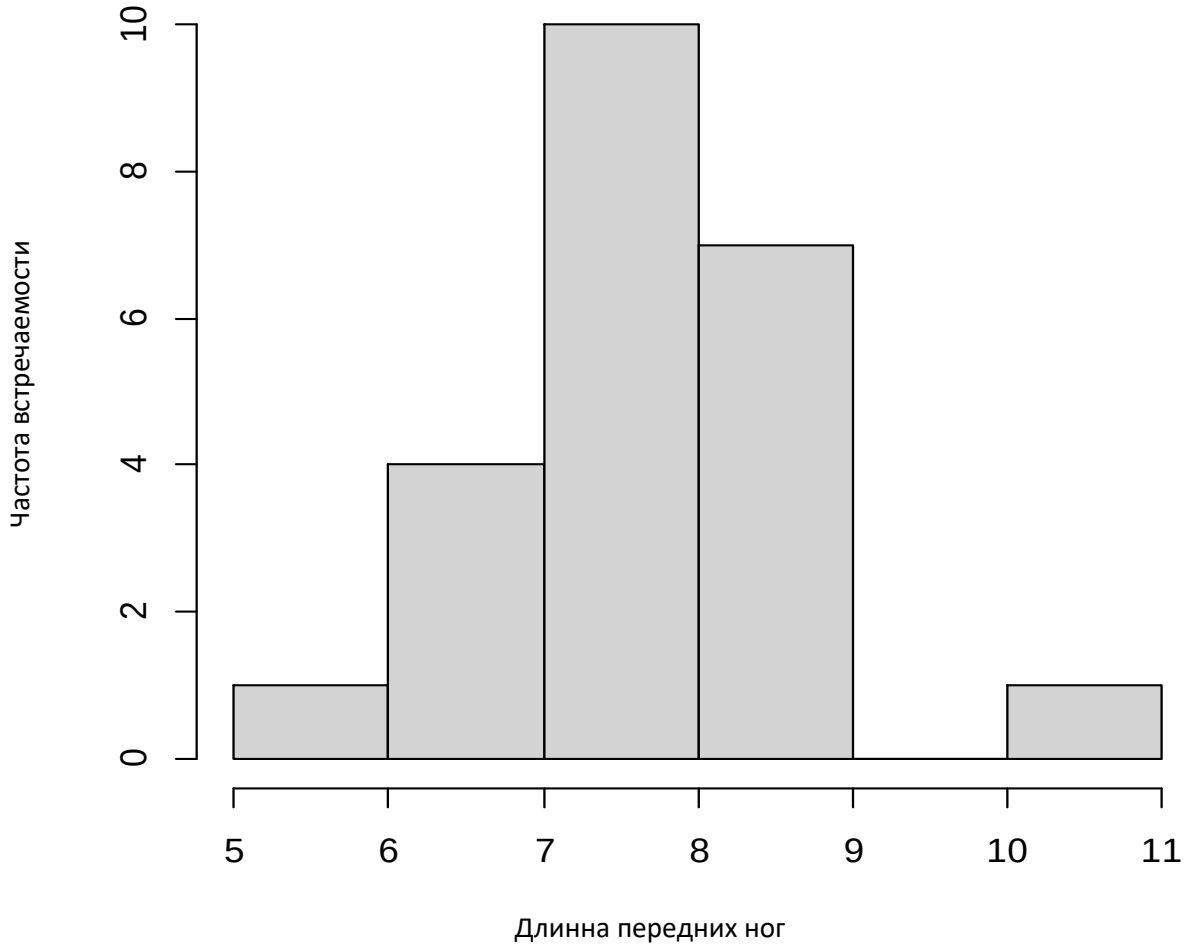

Рис. 5. Распределение длин передних ног бабочек белянок.

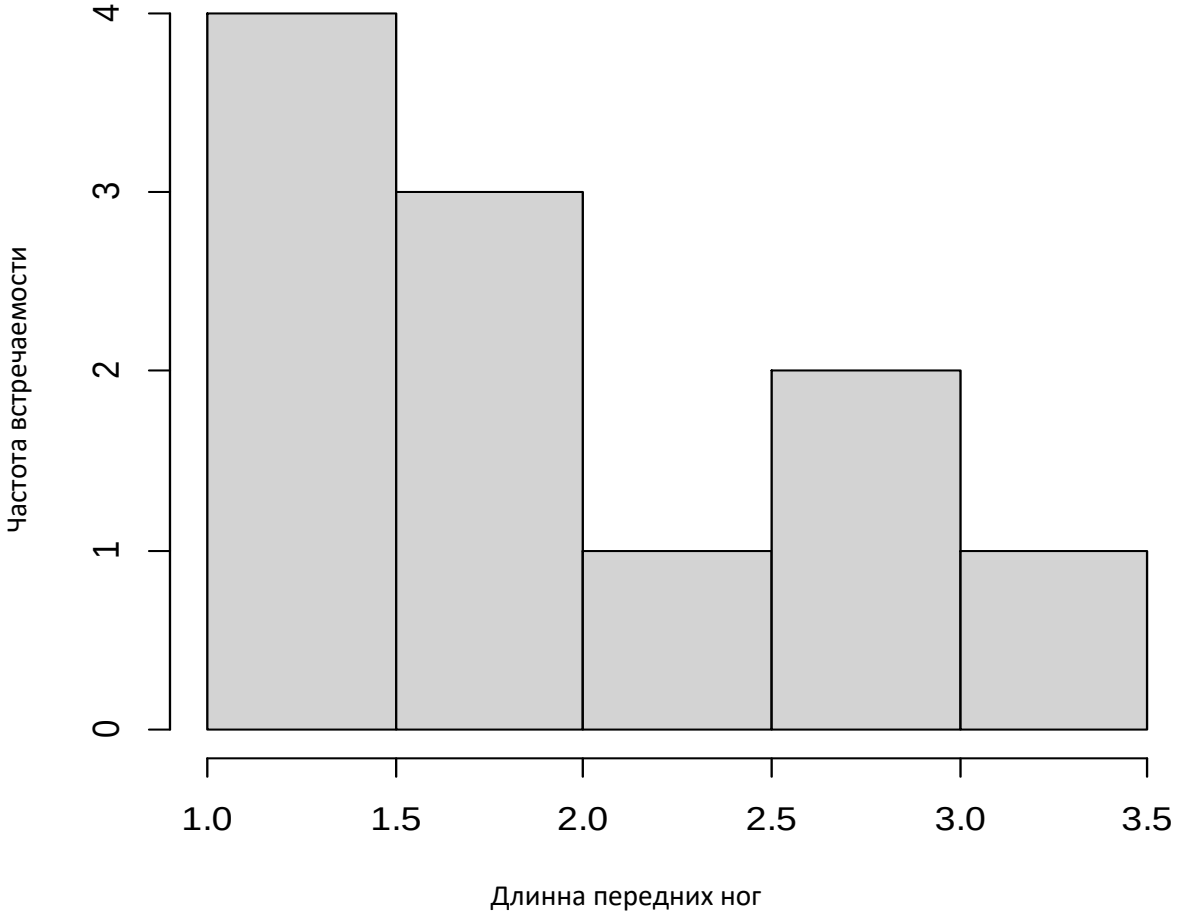

Рис. 6. Распределение длин передних ног бабочек нимфалид.

Тест Шапиро — Уилка показал, что распределение длин бедра передней ноги ($p = 0.56$), длин голени ($p = 0.07$), длин лапки ($p = 0.21$) и передней ноги ($p = 0.27$) *Aphantopus hyperantus* допустимо считать нормальным.

Тест Шапиро — Уилка показал, что распределение длин бедра передней ноги ($p = 0.54$), длин голени ($p = 0.62$), длин лапки ($p = 0.61$) и передней ноги ($p = 0.42$) *Pieris rapae* допустимо считать нормальным.

Для сравнения мы сделали такие же гистограммы для средних белянок и нимфалид (рис. 7, 8).

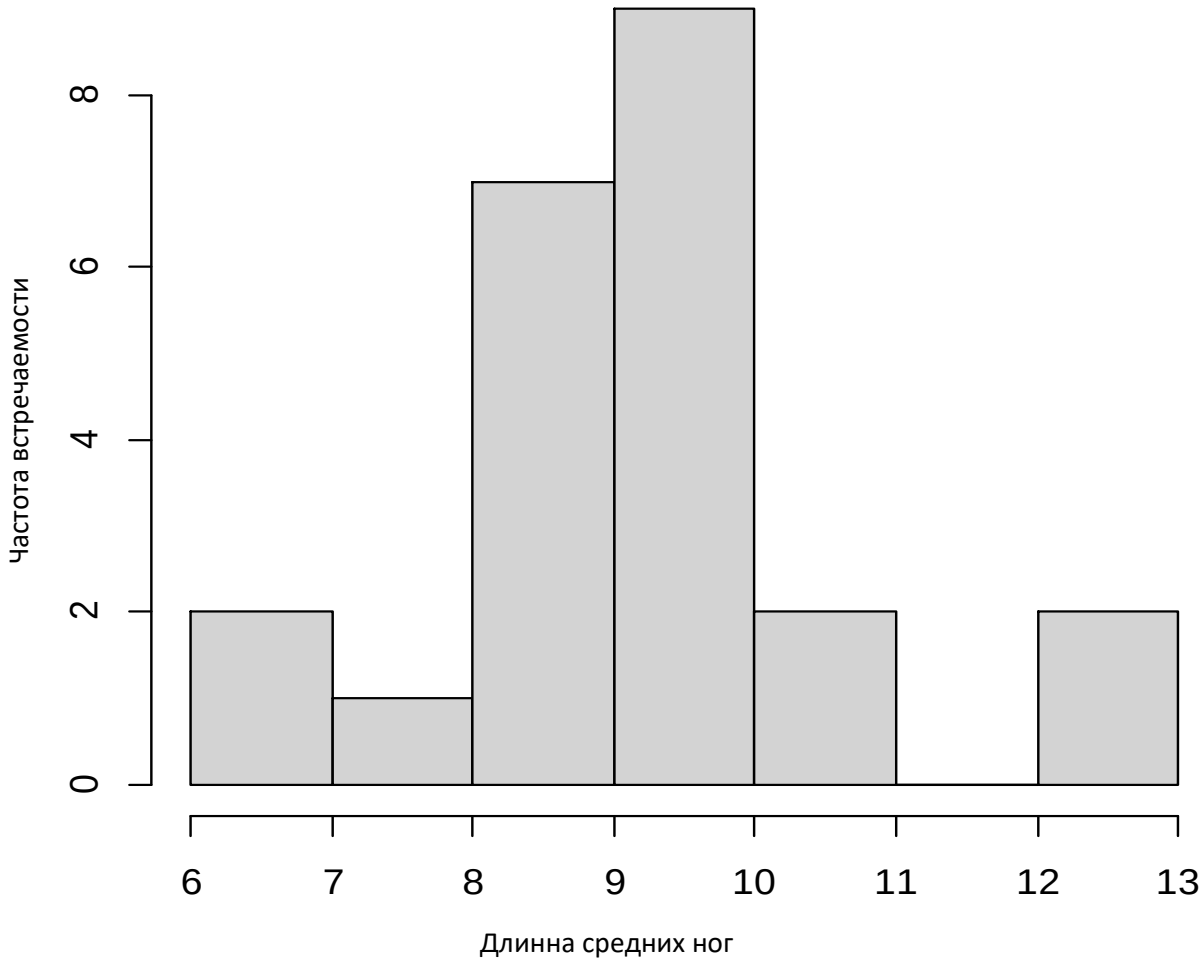

Рис. 7. Распределение длин средних ног бабочек белянок.

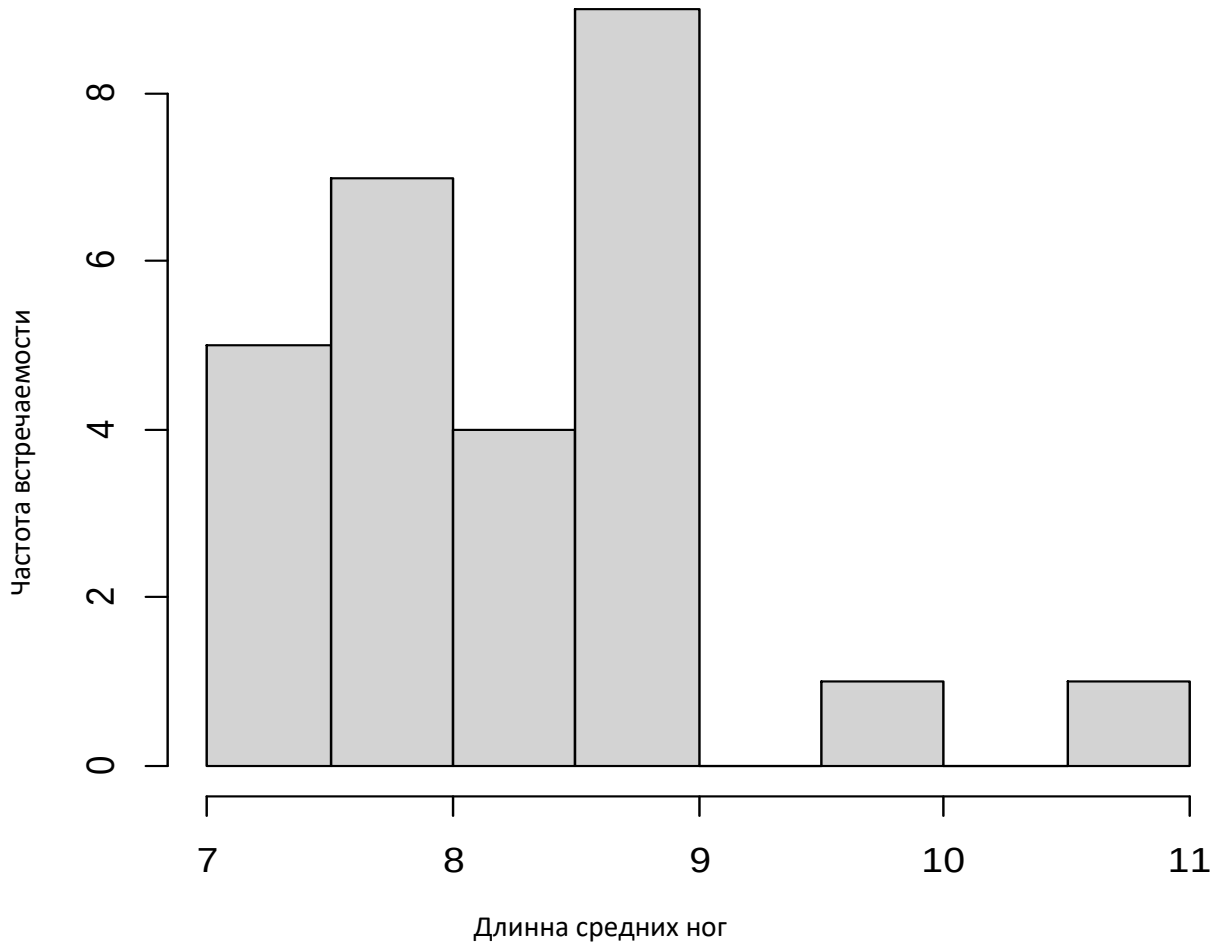

Рис. 8. Распределение длин средних ног бабочек нимфалид.

Мы решили так же измерить половой диморфизм у бабочек исследуемых видов.

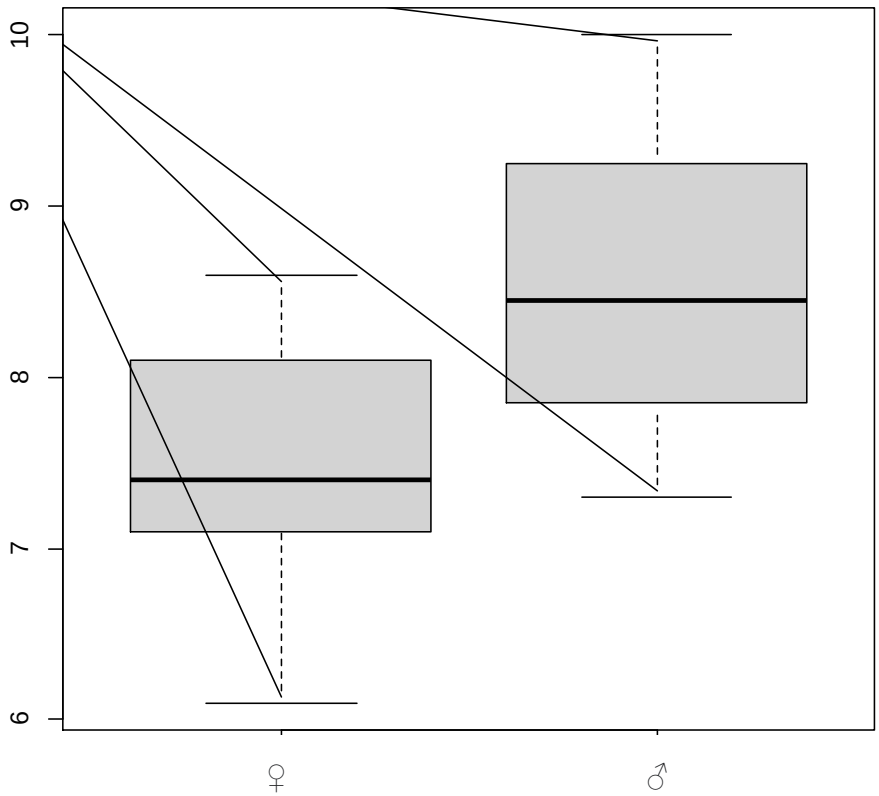

Рис.9. Половой диморфизм длин передних ног представителей вида Pieridae rapae.

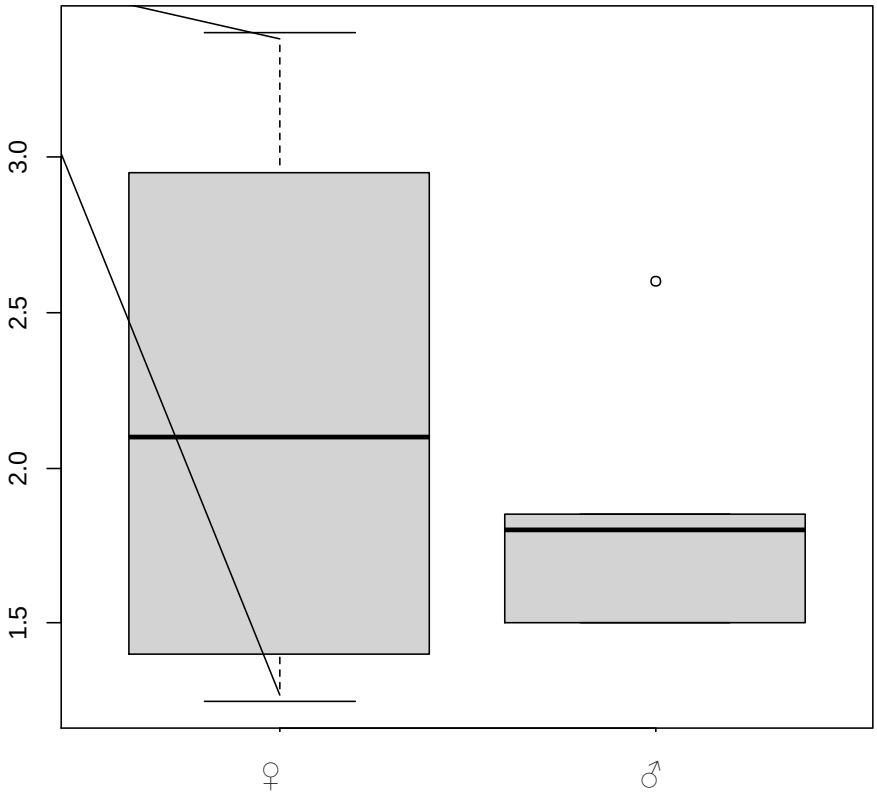

Рис.10. Половой диморфизм длин передних ног представителей вида Aphantopus hyperantus.

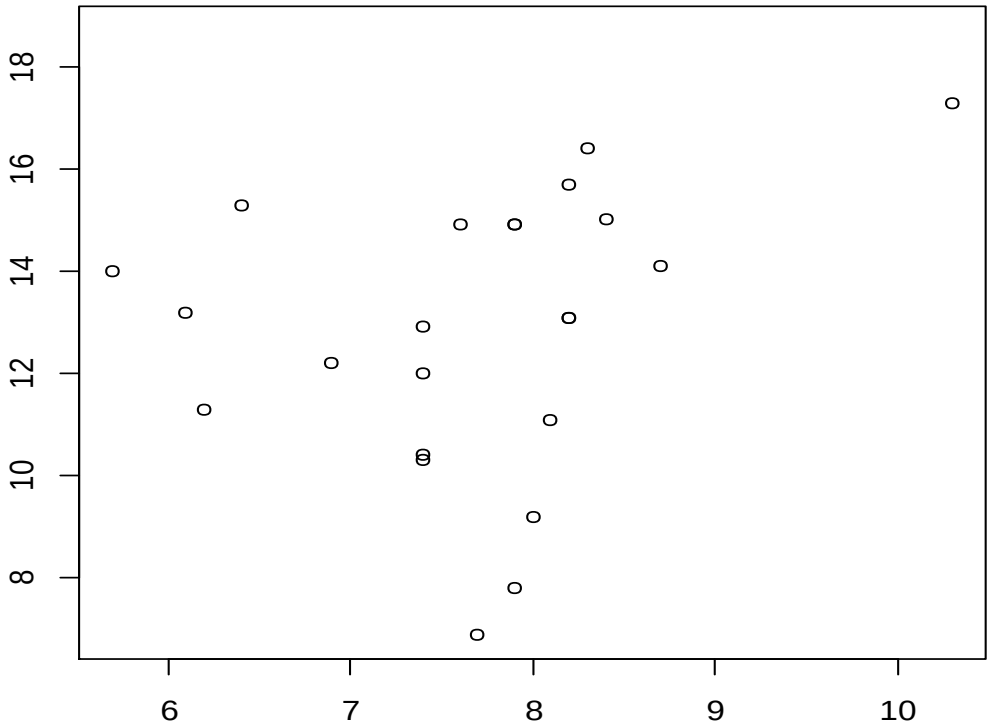

Рис. 11. Распределение длины передней ноги и длины тела белянок *Pieris rapae*.

Корреляционный тест Пирсона: t = 2.79, df = 20, p-value = 0.01 – в пределах нормальных значений. Коэффициент корреляции равен 0.53.

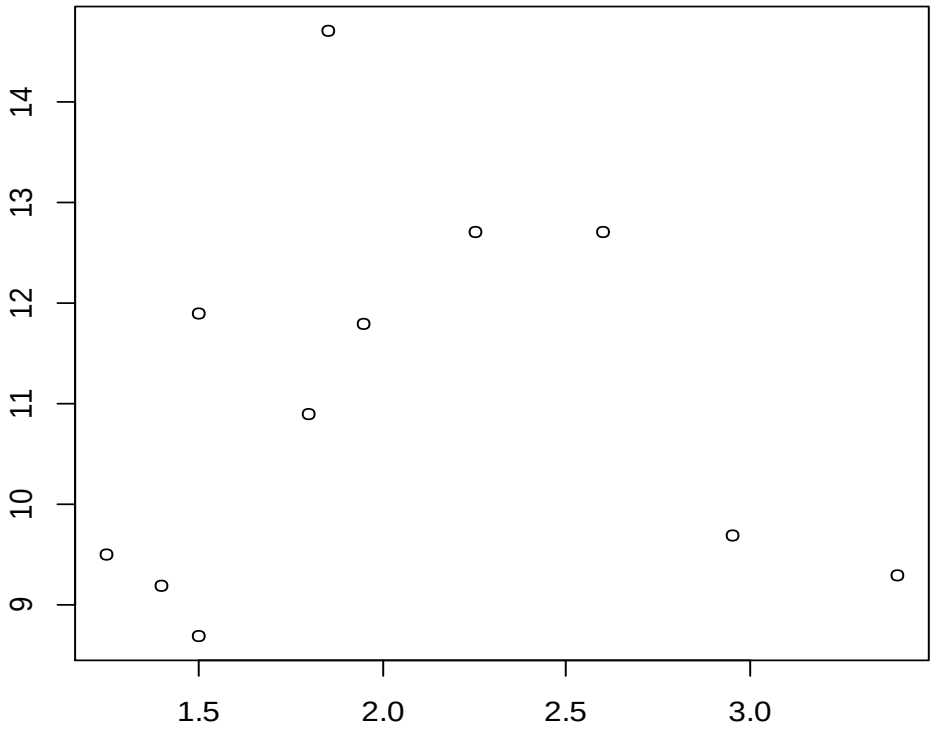

Рис. 12. Распределение длины передней ноги и длины тела нимфалид *Aphantopus hyperantus*.

Корреляционный тест Пирсона: t = 0.04, df = 9, p-value = 0.97 – в пределах нормальных значений. Коэффициент корреляции равен 0.01.

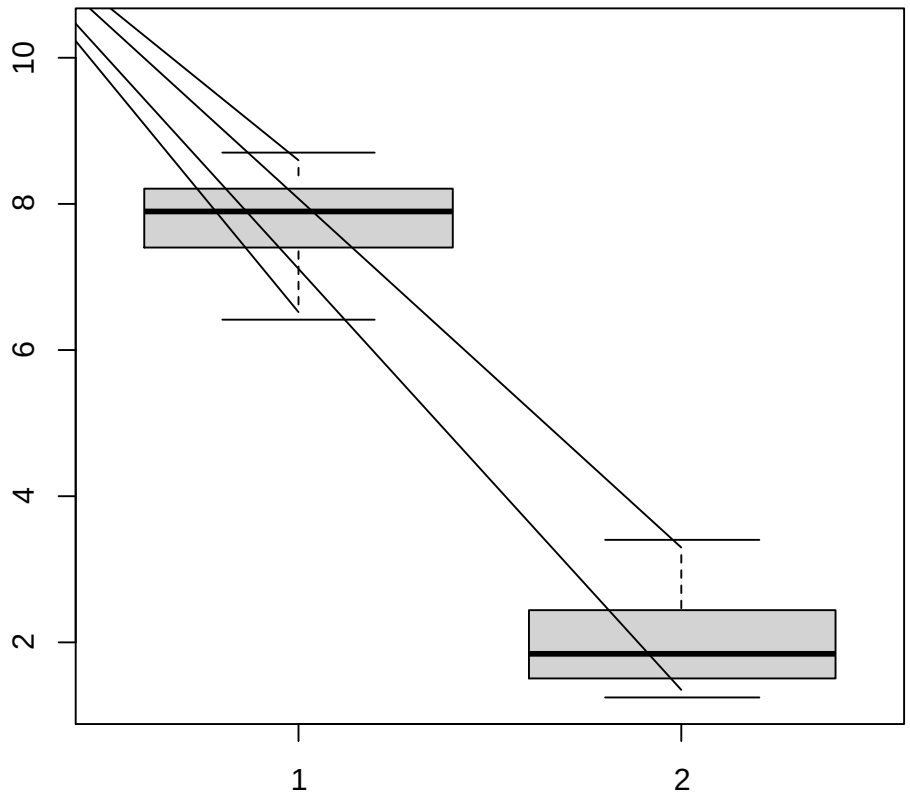

Рис. 13. Сравнение длин передней ноги 2 - *Aphantopus hyperantus* и 1 - *Pieris rapae*. На рисунки показаны медиана, верхний и нижний квартили, минимум и максимум.

Тест Стьюдента показал, что между длиной передних ног бабочек *Pieris rapae* и *Aphantopus hyperantus (p=* $2.2 \cdot 10^{-16}$*)* есть статистически значимая разница.

Таблица 1. Показатели измерений параметров передних ног *Aphantopus hyperantus* и *Pieris rapae.*

Вид	**Пол**	**Длина, мм**				
		Левая нога				**Тело**
		Бедро	**Голень**	**Лапка**	**Суммарная длина**	
Aphantopus hyperantus	♀	0.8	0.7	0.6	2.2	10.3
	♂	0.8	0.7	0.6	1.85	12
Pieris rapae	♀	2.7	1.9	2.9	7.6	12.4
	♂	3.15	2	2.85	8	15.1

Обсуждение

Мы уточнили информацию об длине ног бабочек *Aphantopus hyperantus* и сравнили их с ногами *Pieris rapae.* В среднем длина передней ноги у вида *Aphantopus hyperantus* составляла 2.025 мм, а у вида *Pieris rapae* – 7.8 мм.

Оказалось, что между значениями длин передних ног *Aphantopus hyperantus* и *Pieris rapae* есть значимые различия (рис. 12). Длина передней ноги *Aphantopus hyperantus* составляла от 1.25 мм до 2.95 мм, а длина передней ноги Pieris rapae – от 6.1 мм до 10 мм. Таким образом, длину передних ног можно использовать в качестве определительного признака для отличия данных видов друг от друга. Конечно, в реальности редко возникают ситуации, в которых необходимо определять бабочек по длине передних ног, однако этот признак может быть полезен, если крылья бабочек отсутствуют, и можно предположить, что экземпляры принадлежат к одному из этих видов.

По данным исследования Wolfe et al. (2011), длина передних ног представителей семейства Nymphalidae – *Asterocampa clyton* (Boisduval & Leconte, 1835), *Junonia coenia* (Hübner, 1822), *Bicyclus anynana* (Butler, 1879), *Libytheana carinenta* (Cramer, 1777) – составляет менее 80% от средней длины средних и задних ног тех же экземпляров.

Мы не выявили значимой корреляции между длиной ног и длиной тела *Pieris rapae* и *Aphantopus hyperantus* (рис. 11, 12). Эти результаты могут быть связаны с недостаточным объемом нашей выборки, но также может быть что размеры ног у этих видов действительно не коррелируют с размерами тела. Увеличение объема выборки может помочь прояснить это.

В ходе дальнейших исследований для получения более достоверных результатов надо будет увеличить объем выборки. Кроме того, можно изучить других представителей данных семейств, чтобы выяснить, верны ли сделанные нами выводы относительно них, а не только относительно изученных нами видов, что может помочь улучшить определители семейств Nymphalidae и Pieridae, добавив в них более точные количественные данные о длине передних ног.

Выводы

1. Значимой корреляции между длиной передних ног и длиной тела Aphantopus hyperantus и *Pieris rapae* не выявлено.
2. Длина передних ног измеренных экземпляров *Aphantopus hyperantus* составляет от 1.25 мм до 2.95 мм, передних ног *Pieris rapae* – от 6.1 мм до 10 мм.
3. Есть значимый половой диморфизм в длине передних ног и у вида Aphantopus hyperantus, и у Pieris rapae.

Благодарности

Я благодарю С.М. Глаголева, П.А. Волкову и Е.В. Елисееву за организацию летней практики на стационаре «Сунога» в окрестностях поселка Борок, так же директора Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН А.В. Крылова за предоставленную возможность использовать территорию стационара в качестве места проведения исследований и Александра Горбачевского за помощь в сборе материалов.

Литература

Синев С.Ю. (ред.), *Аникин В.В., Барышникова С.В., Беляев Е.А., Будашкин Ю.И., ван Ньюкеркен Э.Й., Горбунов О.Г., Дубатолов В.В., Ефетов К.А., Золотухин В.В., Князев С.А., Ковтунович В.Н., Козлов М.В., Кононенко В.С., Ловцова Ю.А., Лухтанов В.А., Львовский А.Л., Матов А.Ю., Миронов В.Г., Недошивина С.В., Пономаренко М.Г., Свиридов А.В., Соловьев А.В., Стрельцов А.Н., Трофимова Т.А., Устюжанин П.Я., Шовкун Д.Ф., Яковлев Р.В.,* 2019. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. СПб.: Зоологический институт РАН. 448 с.

Сочивко А.В., Каабак Л.В., 2012. Определитель бабочек России. Дневные бабочки. М.: Мир энциклопедий Аванта.

Федоров И., *Суспицына* В., 2021. «Новые данные по фауне чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Нижне-Свирского государственного природного заповедника и определительные признаки некоторых семейств» и рукопись неопубликованной работы http://www.school.ioffe.ru/readings/2021/thesisWin/2673.doc

Wolfe J.M., Oliver J.C., Monteiro A., 2011. Evolutionary reduction of the first thoracic limb in butterflies // Journal of Insect Science. V. 11 (66). P. 1 – 9.

Zhang Z.-Q., 2013. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness // *Zootaxa*. V. 3703. P. 17–26.