

Сравнение эффективности ловушек Барбера разного цвета

Выполнили учащиеся 9-го «Б» класса:

Д. Валиуллина

Г. Лисинов

Е. Хуснетдинова

Научный руководитель:

к. б. н. П. Н. Петров

Москва

2024

Введение

Членистоногие — самый богатый видами тип животных, насчитывающий около 1,3 миллионов известных науке видов (Zhang, 2013). Насекомые — самая большая по числу видов группа этого типа, ее представители составляют около 80 % видов членистоногих.

Членистоногие играют важную роль в жизни людей. Изучение членистоногих различных видов, размеров, экологических групп и климатических условий помогает широко взглянуть на разнообразие этой группы. Это, в свою очередь, позволяет выявить опасные виды, переносчиков заболеваний и паразитов, дальнейшее изучение которых поможет в разработке лекарств и вакцин против возбудителей болезней.

Для поимки и дальнейших исследований членистоногих используются различные виды ловушек. Один из часто используемых видов ловушек — ловушки Барбера (рис. 1). Они представляют собой стеклянные цилиндры или стаканы, закопанные в почву (Barber, 1931), рассчитанные на случайное попадание туда ползающих по земле и летающих членистоногих.

В 2010 году Бугхольц и соавт. (Buchholz et al., 2010) исследовали влияние цвета ловушек Барбера на эффективность отлова. В этом исследовании изучалась численность семи групп беспозвоночных (Apidae, Araneae, Carabidae, Diptera, Formicidae, Isopoda, Vespinae), пойманных в ловушки разных цветов (белые, желтые, зеленые, коричневые). Эксперимент проводился на двух участках: на лугах с редкой и густой растительностью, а ловушки устанавливались в виде сетки. В белые и желтые ловушки было поймано наибольшее количество особей Apidae, Araneae, Carabidae, Diptera и Formicidae. Isopoda были наиболее многочисленны в уловах зеленых и коричневых ловушек.

Для сбора членистоногих также часто используют ловушки Мёрике (рис. 2). Впервые они были описаны немецким исследователем Фолькером Мёрике в 1951 году (Moericke, 1951). Он исследовал восприятие цвета персиковой тли и в результате своих экспериментов установил, что именно окраска ловушек (зеленая или желтая) влияет на восприятие насекомыми ловушек как цветков.

Также восприятие пчелами цвета ловушки Мёрике исследовали Банашак и соавт. (Banaszak et al., 1994). Авинент и соавт. (Avinent et al., 1991) сравнивали эффективность желтых и зеленых ловушек Мёрике и лесковых ловушек для тли, переносящей вирус оспы слив.

Как мы видим, сравнение различных типов и цветов ловушек является распространенной темой для исследовательских работ. Такие сравнения проводили и ученики нашей школы № 1543.

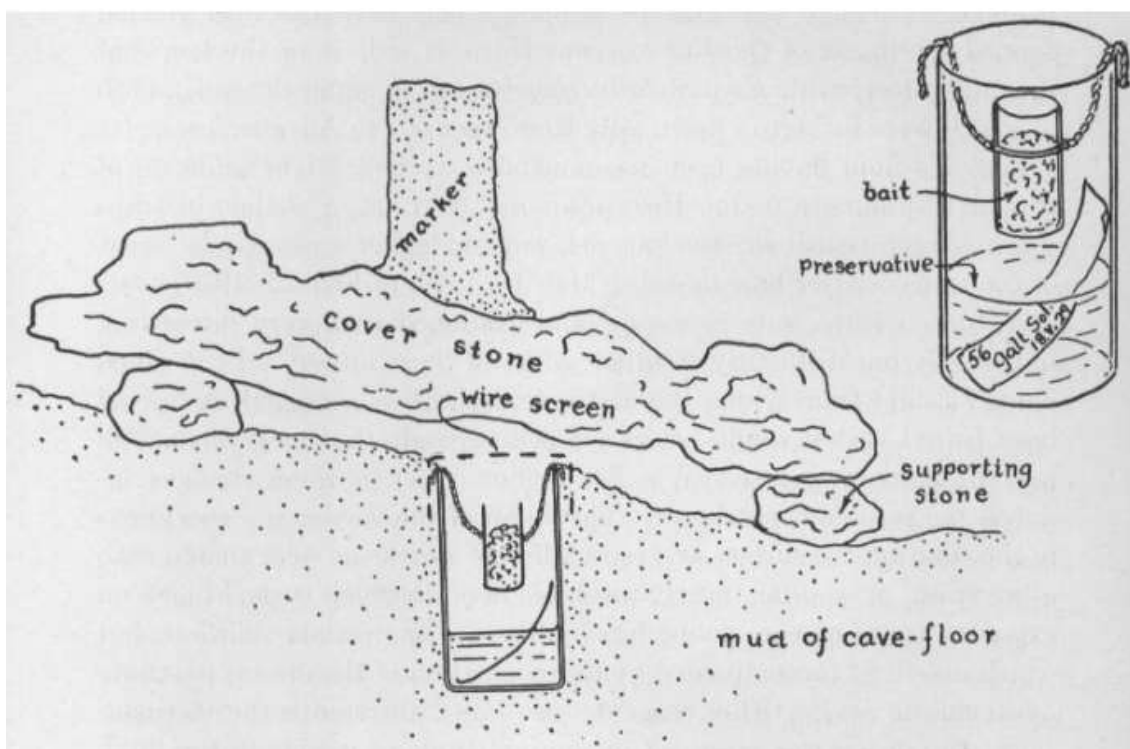


Рис. 1. Ловушка, использованная Барбером в своих опытах (Barber, 1931). В почву на дне пещеры (mud of cave-floor) помещался стаканчик, в котором находился стеклянный цилиндр с приманкой из мяса (bait). Сетка из проволоки (wire screen) использовалась для исключения попадания в ловушку мелких млекопитающих. На дне стаканчика была фиксирующая жидкость (preservative) с этикеткой. Ловушка была закрыта камнем (cover stone), немного приподнятым над землей с помощью других камней (supporting stones). Место ловушки помечалось меткой (marker).

Заренкова и Климанова (Заренкова, Климанова, 2018), Панова и Соколов (Панова, Соколов, 2016) сравнивали эффективность белых и желтых ловушек Мёрике. В работе Заренковой и Климановой, проведенной в Нижне-Свирском Государственном заповеднике в начале июля, получилось, что в ловушки желтого цвета попадает больше насекомых из отрядов Diptera и Hymenoptera, чем в белые, на эффективность ловушек Мёрике влияют температура воздуха и погодные условия, насекомые отрядов Diptera и Hymenoptera второго размерного класса лучше ловятся на лугу, чем на поляне смешанного леса.

Панова и Соколов (Панова, Соколов, 2016) проводили исследование на территории Московской области Дмитровского и Одинцовского районов, в деревне Карцево (около 20 км к северо-востоку от г. Дмитрова) и деревне Волково (в 10 км от г. Звенигорода). Цель их работы заключалась в выявлении зависимости числа и состава пойманных насекомых от цвета ловушки. Исследователи сделали выводы, что насекомых всех отрядов в сумме (Diptera, Dermoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Mecoptera и Coleoptera) попадает больше в желтые ловушки (1340), чем в белые (837) в обоих местах сбора, в белые ловушки было поймано больше экземпляров из отрядов Diptera и Hymenoptera, чем в желтые в обоих местах сбора, ловушки Мёрике

оказались более эффективными для ловли насекомых из отрядов Diptera и Hymenoptera.



Рис. 2. Ловушка, использованная Мёрике в своих опытах (Moericke, 1951). Жестяная чаша диаметром 22 см и высотой 6 см была заполнена фиксирующей жидкостью на 1–2 см. Ловушка устанавливалась немного выше растений с помощью подставки из трех деревянных планок. Такие ловушки используются в основном для ловли летающих насекомых.

Фадеева с соавт. (Фадеева и др., 2018) сравнивали эффективность ловушек Мёрике в зависимости от отдушки детергента в Нижне–Свирском заповеднике. Статистически значимой разницы между числом насекомых в ловушках с разными отдушками исследователи не выявили, на примере насекомых отряда Diptera II (длина тела больше или равно 1 мм и меньше 5 мм) и III (больше или равно 5 мм и меньше 10 мм) размерных классов, отдельно рассмотренных, предпочтений по запахам при данных природных и погодных условиях не заметили.

Измоденова с соавт., (Измоденова и др., 2019), также сравнивали эффективность ловушек Мёрике в зависимости от отдушки детергента в Нижне–Свирском заповеднике. В их работе статистическая разница была выявлена во второй и третий день. Исследователи предположили, что на уловистость ловушек могут влиять погодные или другие условия, т.к. в первый день статистической разности не было выявлено.

Ерохина с соавт. (Ерохина и др., 2020) преследовали ту же цель, что и две предыдущие работы. Они проводили два эксперимента в разных местах. Первый эксперимент был проведен в Адлерском районе, парк «Южные культуры», второй – в Московской области, в Щёлковском районе. По результатам их работы были получены следующие результаты: в

Щелковском районе большое разнообразие отрядов членистоногих по сравнению с Адлерским, значимых различий числа пойманных членистоногих в зависимости от отдушки детергента не выявлено, хотя в Адлерском районе отряд Isopoda попадался только в ловушку без ароматизатора в большом количестве.

Ушакова с соавт. (Ушакова и др., 2023) сравнивали эффективность ловушек Барбера и Мёрике в Ярославской области, Некоузском районе, округ стационара «Сунога» Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН и пришли к следующим выводам: в ловушки Мёрике попадалось больше членистоногих всех отрядов, кроме Coleoptera, Aranea и Polydesmina, в пересчете на единицу площади, уловистость ловушек Барбера намного выше, чем ловушек Мёрике, а членистоногие размером от 1 до 5 мм попадались наиболее часто. Исходя из результатов этой работы, мы решили сравнить эффективность ловушек Барбера по цветам, а именно эффективность желтых, белых и прозрачных ловушек.

В результате нашего эксперимента мы, предположительно, получим, что в цветные ловушки попадает в среднем больше членистоногих, чем в прозрачные, при этом в желтые ловушки попадает в среднем больше членистоногих, чем в белые.

Цель: в своей работе мы собираемся сравнить эффективность желтых, белых и прозрачных ловушек Барбера.

Задачи:

1. Изучить таксономический состав пойманных в ловушки членистоногих, определив их до отряда, а некоторых до семейства.
2. Подсчитать количество представителей разных отрядов, попадающихся в ловушки разных цветов.
3. Оценить размеры членистоногих, попадающихся в ловушки.
4. Сравнить уловистость ловушек в зависимости от цвета.

Материалы и методы

Материалы собирали в Ярославской области, Некоузском районе, округ стационара «Сунога» (2 км южнее пос. Борок) Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН (рис.4).

Использовали ловушки Барбера («стаканчики») белого цвета (верхним диаметром 6,5 см, диаметром дна 4 см и глубиной 10 см марки «Моя цена»), желтого цвета (верхним диаметром 6,5 см, диаметром дна 4 см и глубиной 9,5 см марки «Actuel») и прозрачные (верхним диаметром 6,5 см, диаметром дна 4,5 см и глубиной 9,5 см марки «АВМ-Пластик»). Раствор для поимки насекомых готовили из воды, набранной из артезианской скважины на территории стационара и моющего средства «Fairu» без отдушки из расчета 5 мл средства на 5 л воды. В ловушки добавляли по 80 мл раствора (использовали «мерный стаканчик» с пометкой).

Эксперимент проводился с 29.06.2024 по 02.07.2024.

В первый день, 29.06.2024, в промежутке времени от 12:40 до 12:50, было установлено и залито 15 пар ловушек белого и желтого цвета. Ловушки устанавливали парами по цветам, в шахматном порядке, линией с юга на север, с отступом в 30 метров от фундамента крыльца энтомологической лаборатории. Стаканчики 4–15 пар находились к востоку от старого фундамента на расстоянии 5,5 м (рис. 3). Между парами откладывали 1 м, а между стаканчиками разных цветов в паре — 5 см. Стаканчики вкапывали в землю, по возможности так, чтобы края стаканчика не возвышались над землей (рис. 5). Однако не во всех случаях получилось это соблюсти.

Во второй день, 30.06.2024 в промежутке времени от 12:40 до 13:25 и от 13:50 до 14:38, собрали содержимое старых ловушек, заменили белые стаканчики прозрачными и залили все ловушки свежим раствором. Пробы из ловушек собирали в баночки, добавляя этикетки с обозначением цвета и номером стаканчика. При анализе данных не учитывались ловушки 5, 6, 7, 8, и 9 пар из-за утери содержимого.

В третий день, 01.07.2024 в промежутке времени от 12:40 до 13:13 собрали содержимое ранее поставленных ловушек, заменили желтые стаканчики белыми и залили все ловушки свежим раствором. При анализе содержимого не учитывались ловушки 11 и 12 пар из-за утери содержимого.

В четвертый день, 02.07.2024 в промежутке времени от 12:40 до 13:03 собрали содержимое ранее поставленных ловушек.

Пробы из ловушек собирали в баночки, добавляя этикетки с обозначением цвета и номером стаканчика. Членистоногих из проб раскладывали на заранее заготовленных ватных матрасиках размером примерно 10,5 на 10 см (рис. 6), распределяя их на размерные классы (I – меньше 1 мм, II – 1–5 мм, III – 5–10 мм, IV – 10–20 мм, V – больше 20 мм) с помощью специальной мерной линейки (рис. 7) и записывали результаты в бланки.

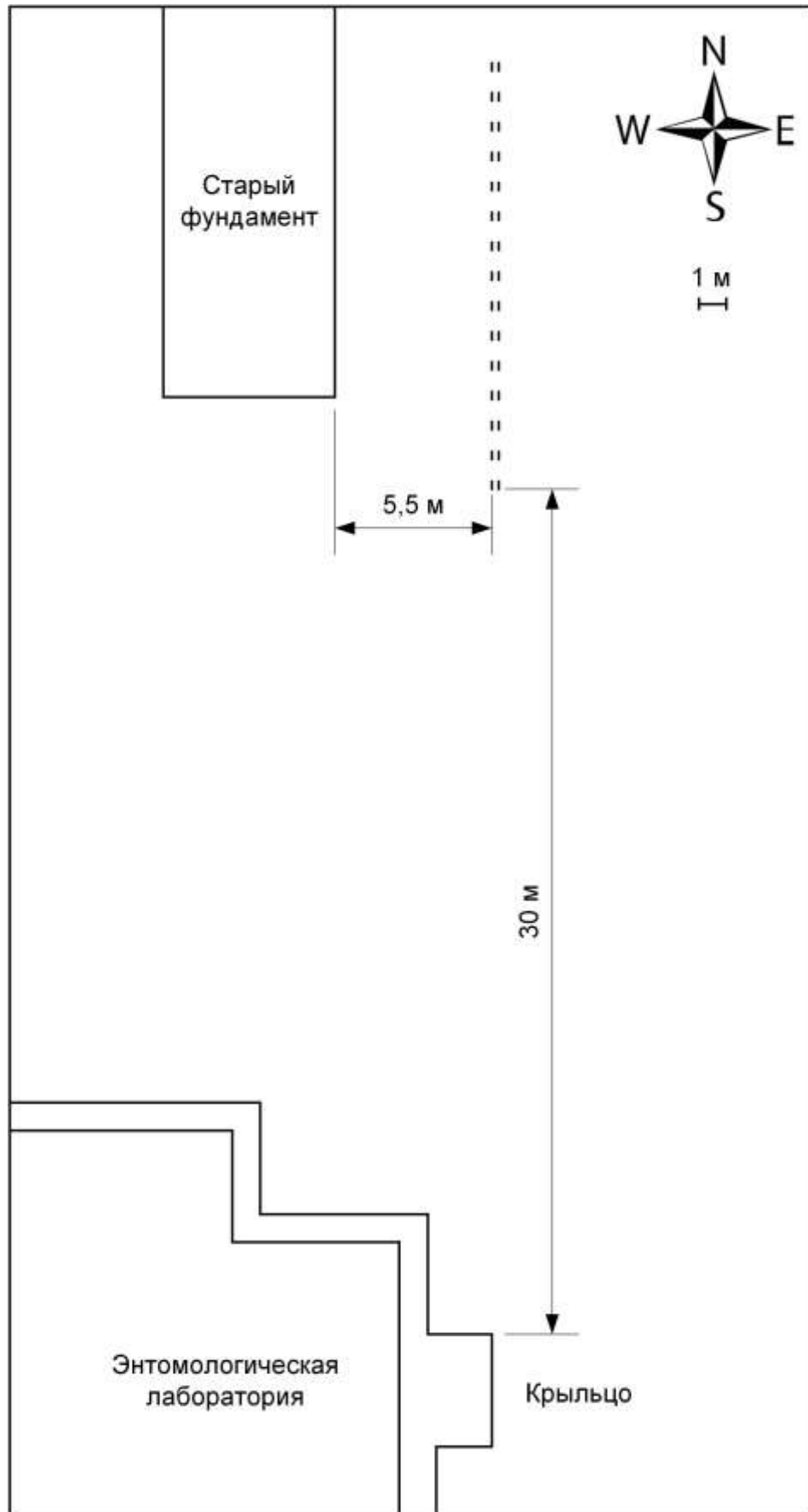


Рис. 3. План местности и расположения ловушек относительно построек стационара.



Рис. 4. Карта района проведения эксперимента.



Рис. 5. Расстановка ловушек Барбера на лугу парами по цветам в шахматном порядке (справа) и одна пара ловушек (слева).

Представителей других групп *Arthropoda* помещали в микропробирки объемом 1,5 мл со спиртом.

Также мы изучили растительность площадки размером 15 м², на которой находились ловушки.

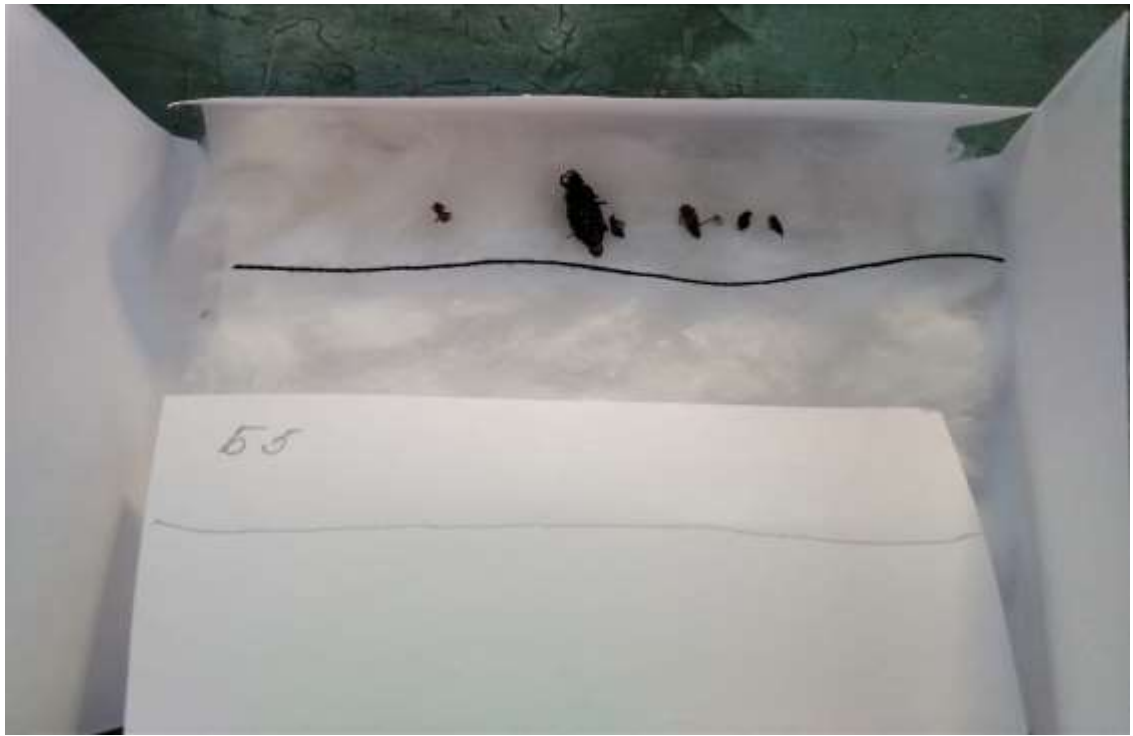


Рис. 6. Проба, разложенная на ватном матрасике. Нитки использовали для разделения нескольких проб на одном матрасике.

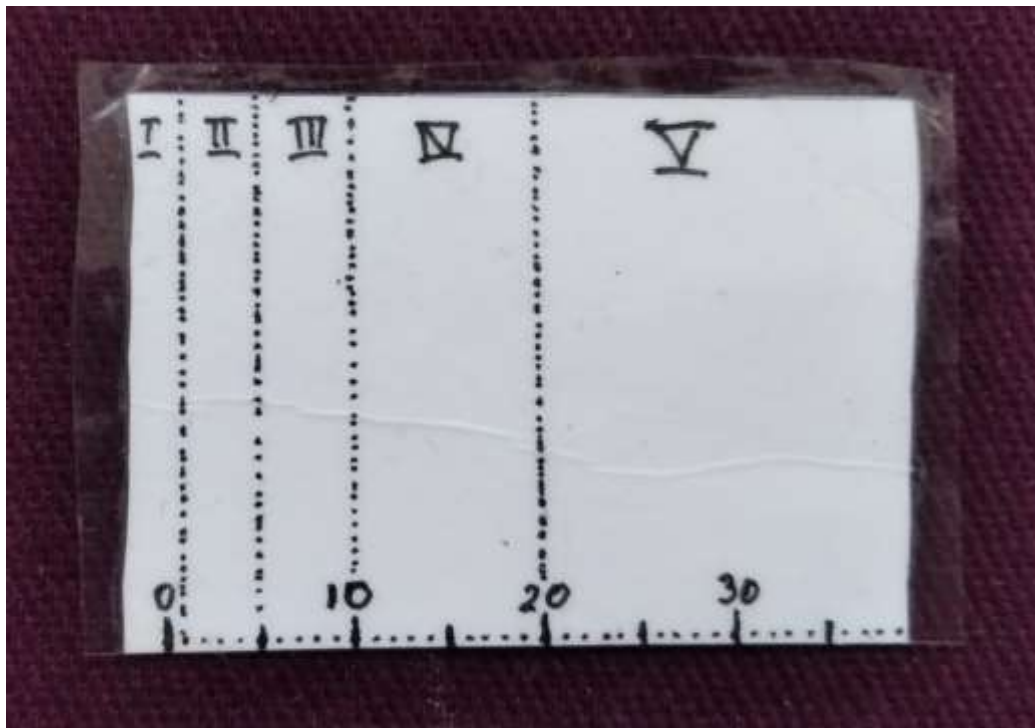


Рис. 7. Мерная линейка, использовавшаяся для определения размерного класса членистоногих.

Полученные данные обрабатывали с помощью языка и среды для статистического анализа R (R Core Team, 2024), там же получали графики и диаграммы для визуального представления данных.

Результаты

Наш эксперимент проводился в случайных погодных условиях, отраженных ниже (табл. 1).

Таблица. 1. Температура воздуха и погодные условия в течение времени эксперимента

Дата	Время	Температура	Погодные условия
29.06.2023	12:40	+30 °С	Ясно, солнечно
29.06.2023	23:00	+17 °С	Небольшой дождь
30.06.2023	12:40	+26 °С	Солнечно
30.06.2023	23:00	+19 °С	
01.07.2023	12:40	+29 °С	Солнечно
01.07.2023	23:00	+22 °С	
02.07.2023	12:40	+31 °С	Солнечно

Наш эксперимент проводился на равнине, на заросшем лугу. На нашей площадке, где стояли ловушки (15 м²), мы изучили растительность по ярусам: древесный, кустарниковый, травяно-кустарничковый и моховой ярусы.

На нашем участке не было растений древесного яруса. Кустарниковый ярус (табл. 2) занимал около 1 %.

Таблица. 2. Характеристика растений кустарникового яруса.

Вид	Проективное покрытие (%)	Высота (см)	Фенофаза
<i>Salix fragilis</i> L.	1	150	Вегетирует

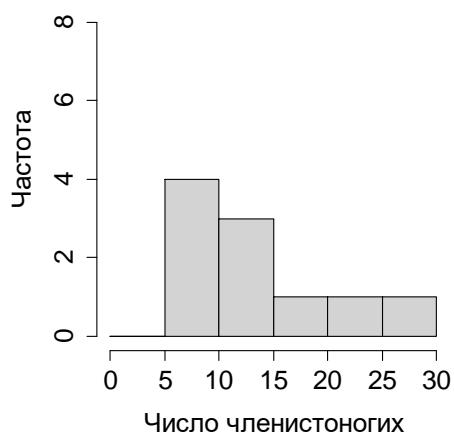
Травяно-кустарничковый ярус (табл. 3) занимал почти 100 % площадки. Моховой ярус занимал меньше 1 % проективного покрытия.

Площадка имела кочки и ямы, присутствовали фонарные столбы и фундамент в радиусе 5 м, почва была сильно вытоптана.

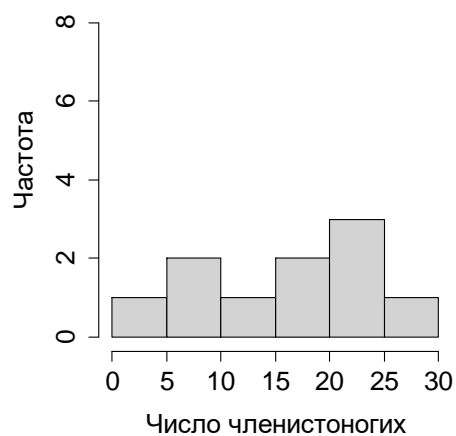
По гистограммам за отдельные дни (рис. 8) трудно определить принадлежность данных к какому-либо характерному типу распределения. Возможно, это связано с их малым количеством. Для гистограмм совокупности всех дней (рис. 9–11) уже можно выявить некие монотонные распределения, центрирующиеся вокруг определенных значений, хотя на гистограмме, составленной для прозрачных ловушек (рис. 11), и присутствует выброс.

Таблица. 3. Характеристика растений травяно-кустарничкового яруса.

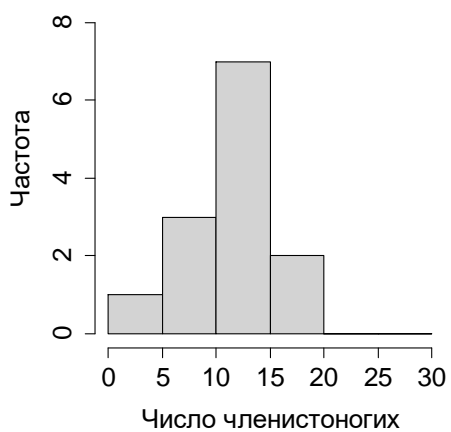
Вид	Проективное покрытие (%)	Высота (см)	Фенофаза
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lind.	Меньше 1	80	Плодоносит
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Меньше 1	50	Цветет
<i>Trifolium pratense</i> L.	Меньше 1	30	Цветет
<i>Carex hirta</i> L.	15	25	Плодоносит
<i>Poa pratensis</i> L.	1	30	Цветет
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Меньше 1	50	Цветет
<i>Campanula patula</i> L.	Меньше 1	40	Цветет
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv.	Меньше 1	100	Цветет
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Меньше 1	20	Плодоносит
<i>Achillea millefolium</i> L.	Меньше 1	30	Цветет
<i>Ranunculus repens</i> /L.	Меньше 1	10	Вегетирует
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	Меньше 1	50	Цветет
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Webb ex F.H.Wigg.	1	20	Вегетирует
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	20	40	Цветет
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	1	70	Вегетирует
<i>Prunella vulgaris</i> L.	30	30	Цветет
<i>Potentilla anserina</i> L.	1	10	Вегетирует
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	5	90	Цветет
<i>Carex leporina</i> L.	Меньше 1	40	Цветет
<i>Lysimachia nummularia</i> L., Sp. Pl.	10	30	Цветет
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Меньше 1	40	Вегетирует
<i>Plantago major</i> L.	5	15	Вегетирует
<i>Lysimachia vulgaris</i> L., Sp. Pl.	Меньше 1	50	Цветет
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	20	15	Цветет
<i>Vicia cracca</i> L.	Меньше 1	100	Вегетирует
<i>Phleum pratensis</i> L.	Меньше 1	50	Цветет
<i>Galium mollugo</i> L.	Меньше 1	40	Цветет
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1	20	Плодоносит
<i>Sagina procumbens</i> L.	Меньше 1	5	Плодоносит
<i>Veronica serpyllifolia</i> L.	Меньше 1	5	Плодоносит
<i>Equisetum arvense</i> L.	Меньше 1	15	Вегетирует
<i>Juncus compressus</i> Jacq	Меньше 1	15	Цветет
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr.	Меньше 1	30	Плодоносит
<i>Leontodon autumnalis</i> (L.) Moench	Меньше 1	15	Плодоносит
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Меньше 1	10	Вегетирует
<i>Medicago falcata</i> L.	Меньше 1	10	Цветет



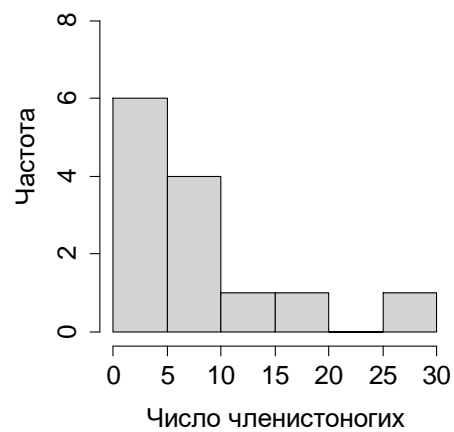
А



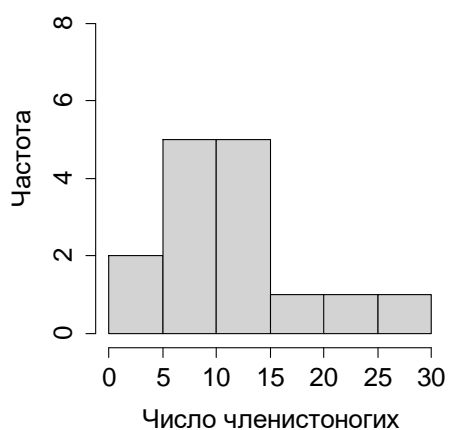
Б



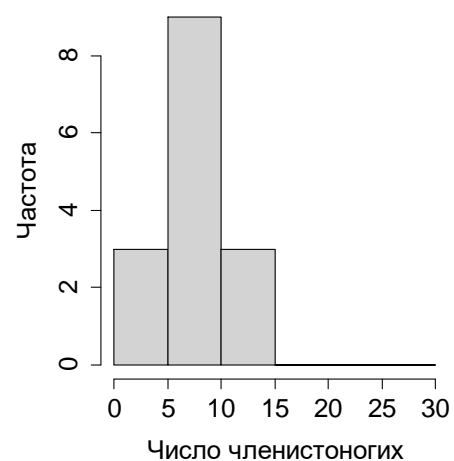
В



Г



Д



Е

Рис. 8. Гистограммы числа пойманных членистоногих в ловушках каждого цвета в отдельно взятые дни эксперимента. А – число членистоногих в белых ловушках в первый день, Б – число членистоногих в желтых ловушках в первый день, В – число членистоногих в желтых ловушках во второй день, Г – число членистоногих в прозрачных ловушках во второй день, Д – число членистоногих в белых ловушках в третий день, Е – число членистоногих в прозрачных ловушках в третий день.

Число членистоногих в белых ловушках во все дни

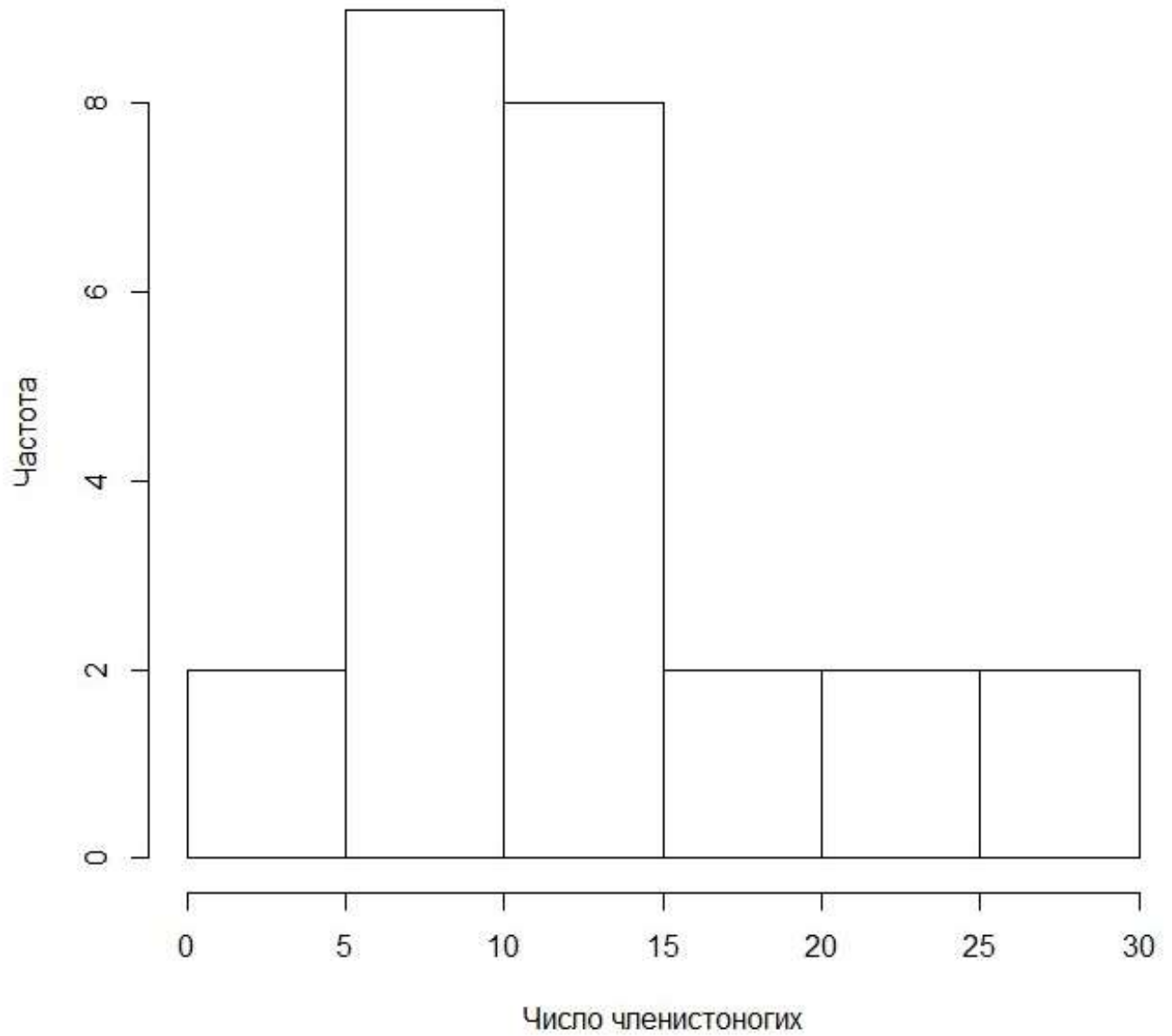


Рис. 9. Число членистоногих в белых ловушках суммарно за оба дня применения белых ловушек (29.06.2024 и 01.07.2024).

Число членистоногих в желтых ловушках во все дни

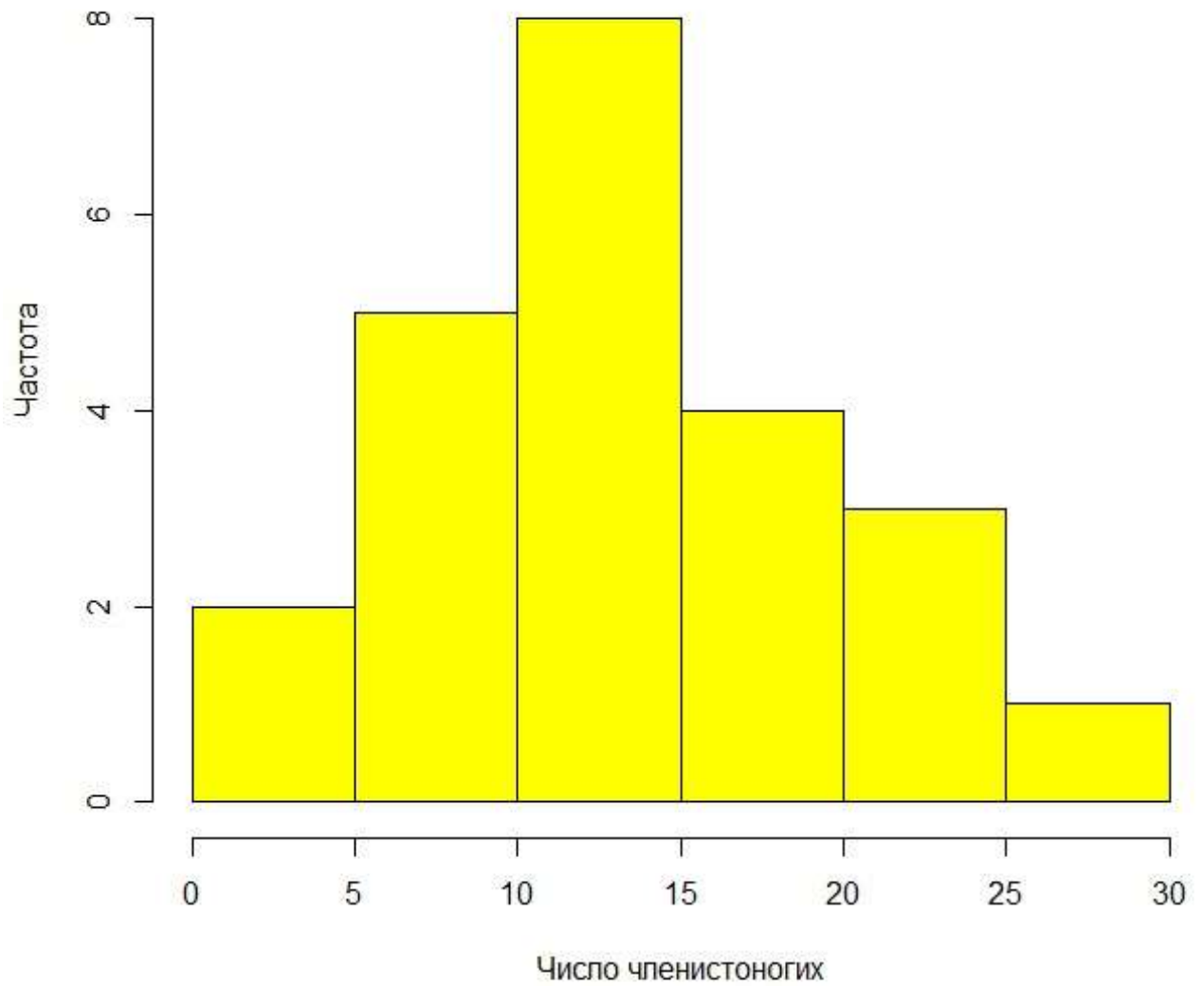


Рис. 10. Число членистоногих в желтых ловушках суммарно за оба дня применения желтых ловушек (29.06.2024 и 30.07.2024).

Число членистоногих в прозрачных ловушках во все дни

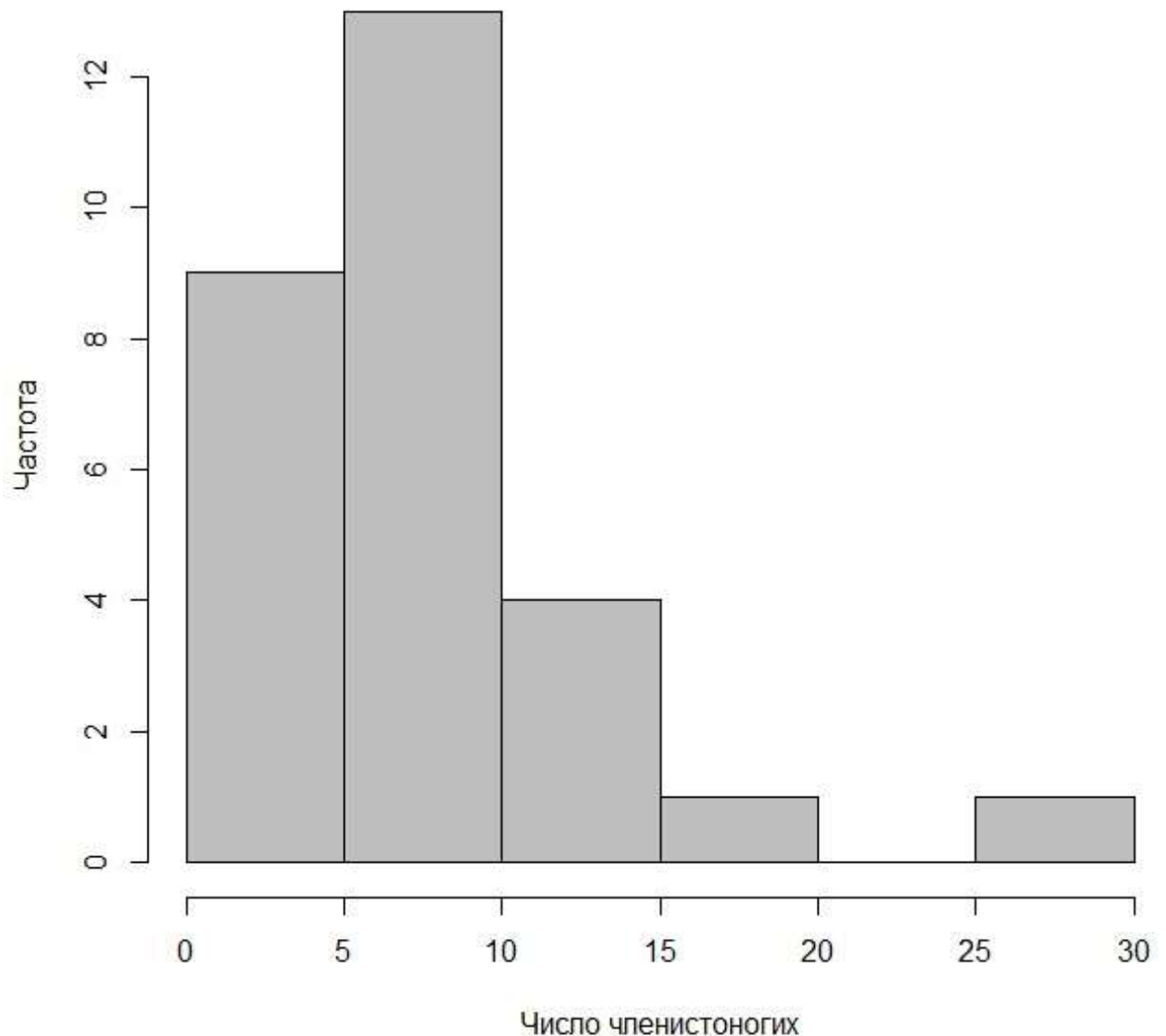


Рис. 11. Число членистоногих в прозрачных ловушках суммарно за оба дня применения прозрачных ловушек (30.06.2024 и 01.07.2024).

Ниже приведены диаграммы размаха («Ящики с усами») для экспериментов, проведенных в каждый из дней (рис. 20–23). На каждом из них сравниваются значения признака (числа членистоногих) для двух групп, соответствующих ловушкам пары цветов, использовавшихся в данный день.

На диаграмме первого дня (рис. 20) видно, что межквартильные размахи выборок для белых и желтых ловушек полностью перекрываются. Исходя из этого, можно предположить, что различия между этими выборками в этот день не значимы.

На диаграммах второго и третьего дня (рис. 21–23) перекрытие межквартильных размахов отсутствует, либо составляет не более одной

трети высоты, что дает основание полагать наличие значимых различий между выборками для прозрачных ловушек и выборками для желтых и белых ловушек соответственно.

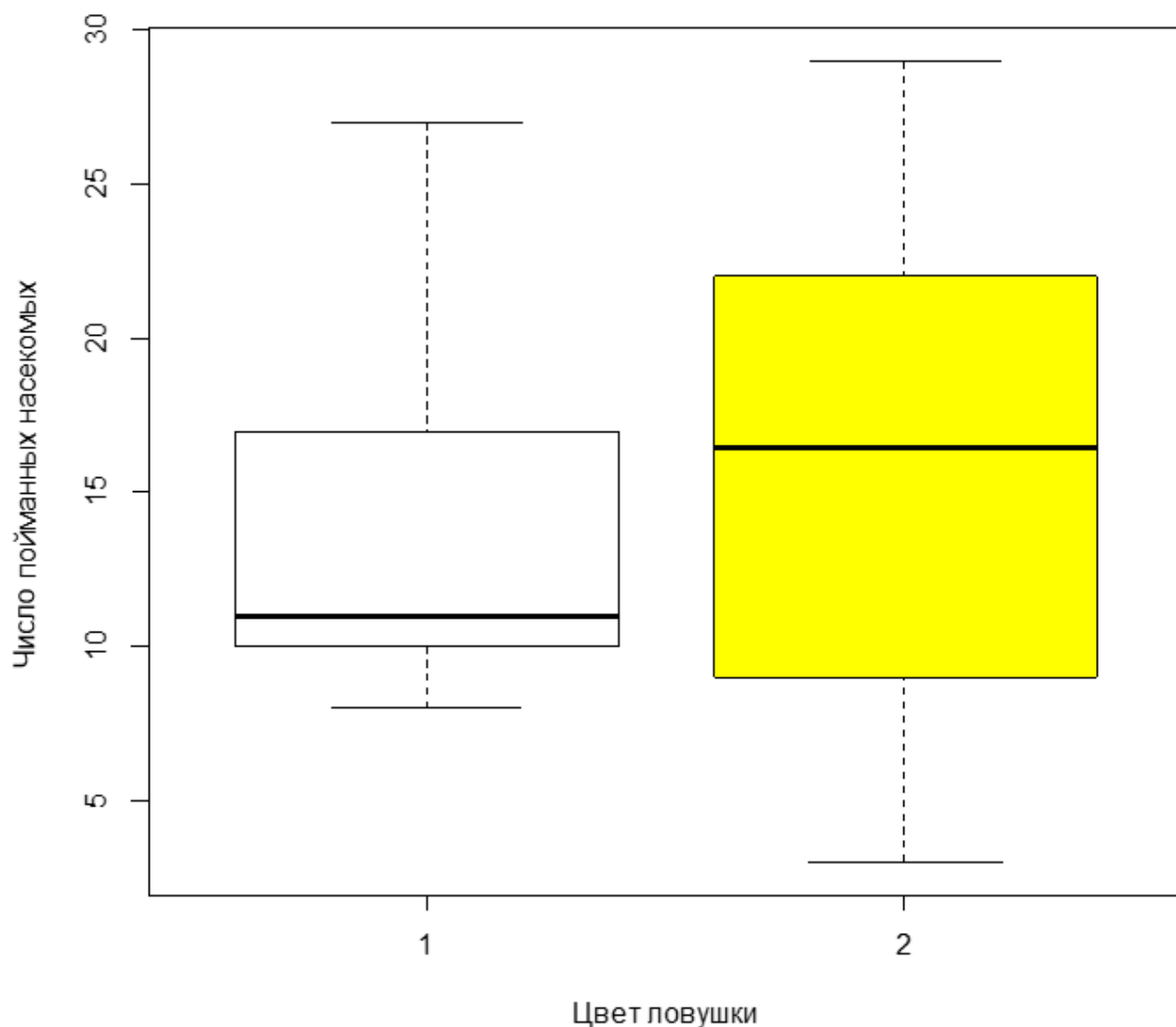


Рис. 12. Число членистоногих в белых (1) и желтых (2) ловушках в первый день. Темная черта в середине обозначает медиану, верхний и нижний края «ящика» — верхний и нижний квартили, а «усы» — минимум и максимум.

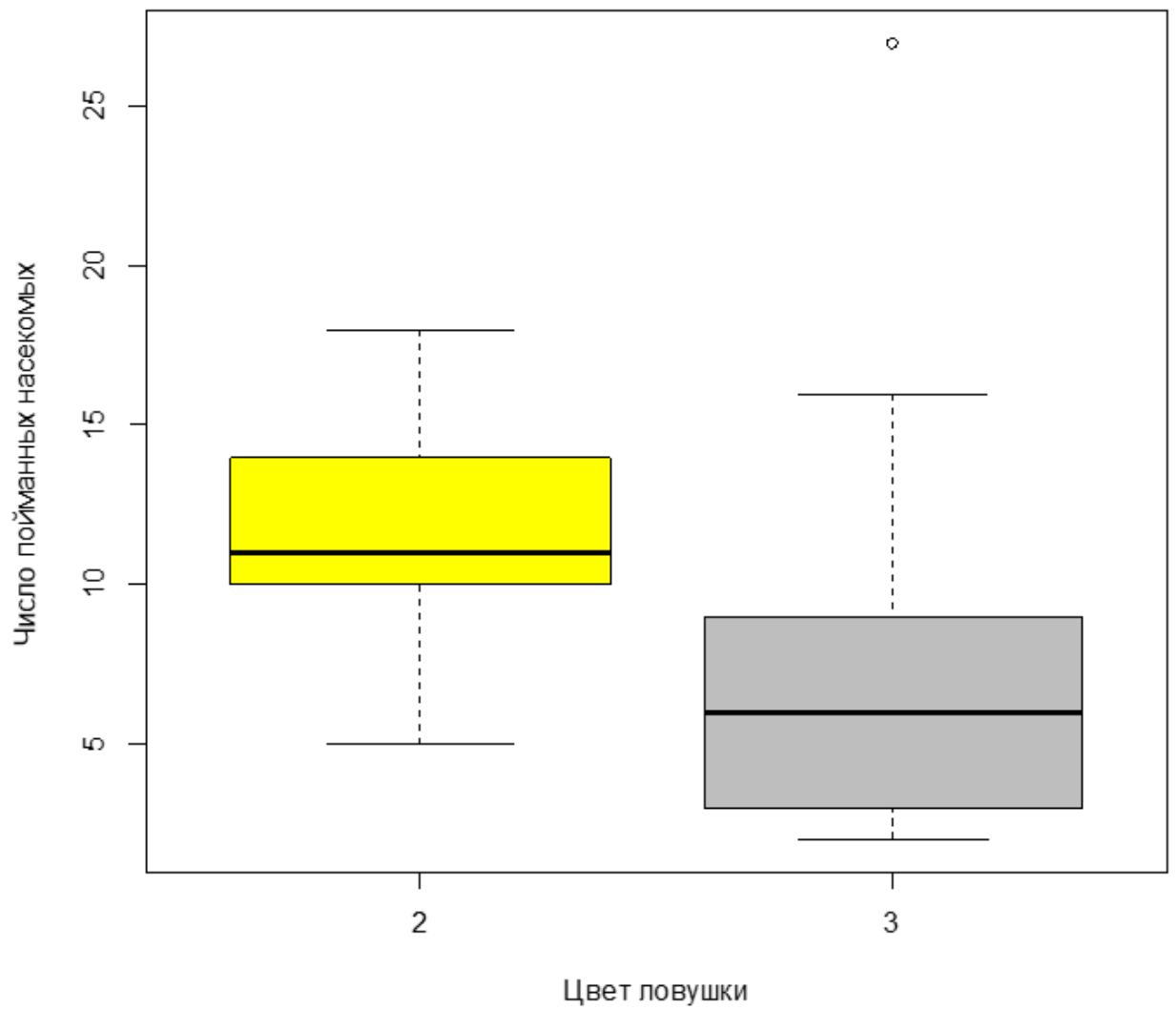


Рис. 13. Число членистоногих в желтых (2) и прозрачных (3) ловушках во второй день. Темная черта в середине обозначает медиану, верхний и нижний края «ящика» — верхний и нижний квартили, а «усы» — минимум и максимум.

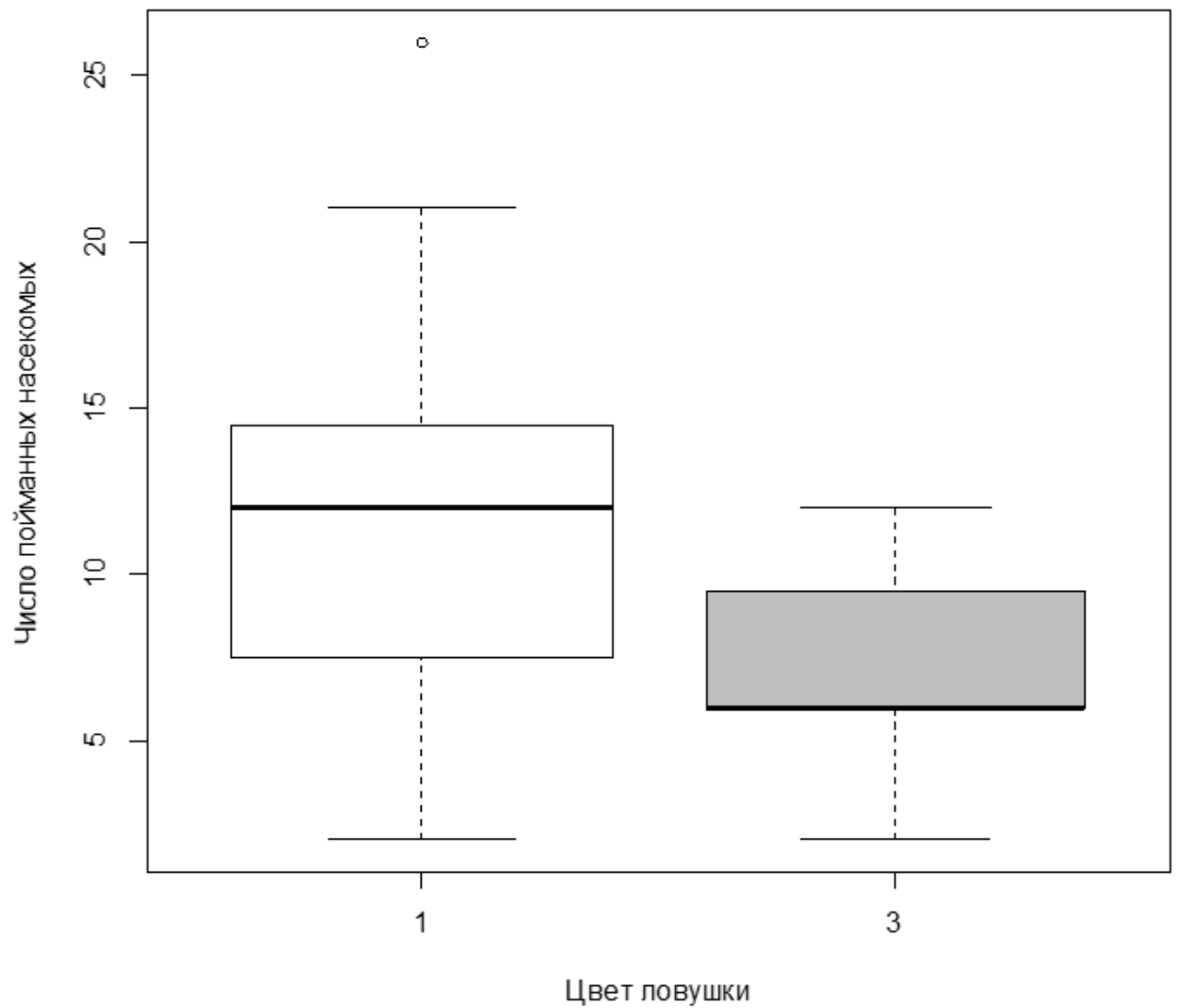


Рис. 14. Число членистоногих в белых (1) и прозрачных (3) ловушках в третий день. Темная черта в середине обозначает медиану, верхний и нижний края «ящика» — верхний и нижний квартили, а «усы» — минимум и максимум.

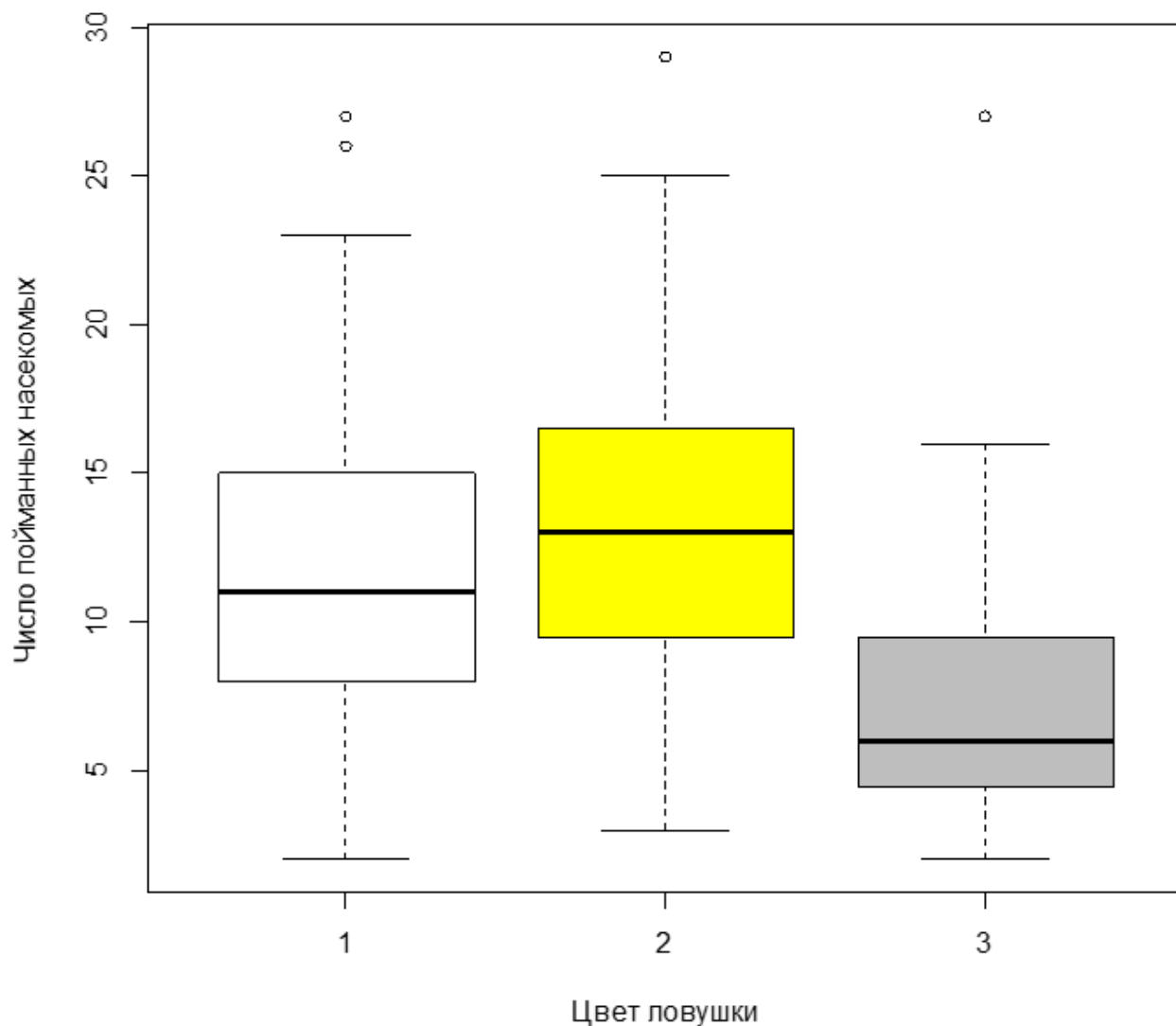


Рис. 15. Число членистоногих в белых (1), желтых (2) и прозрачных (3) ловушках во все дни. Темная черта в середине обозначает медиану, верхний и нижний края «ящика» — верхний и нижний квартили, а «усы» — минимум и максимум.

Для проверки предположений, сделанных на основе диаграмм размаха, мы выполнили непараметрические статистические тесты для связанных данных, применяя их к парам ловушек разного цвета, стоящих рядом.

Тесты для связанных данных показали наличие значимой разницы только между уловами в белых и прозрачных ловушках (тест Уилкоксона для связанных данных, $p = 3 \cdot 10^{-2}$). Значимая разница в уловах между остальными парами цветов ловушек (белые с желтыми, желтые с прозрачными) проведенными тестами не обнаружена. Сравнение уловов в белых и желтых ловушках не обнаружило значимых различий между ними (тест Уилкоксона для связанных данных, $p = 3,6 \cdot 10^{-1}$). Сравнение уловов в желтых и прозрачных ловушках хотя и показало существование различия между ними, однако не позволяет утверждать его наличие наверняка, так как вероятность ошибки при этом довольно высока (тест Уилкоксона для связанных данных, $p = 6,8 \cdot 10^{-2}$).

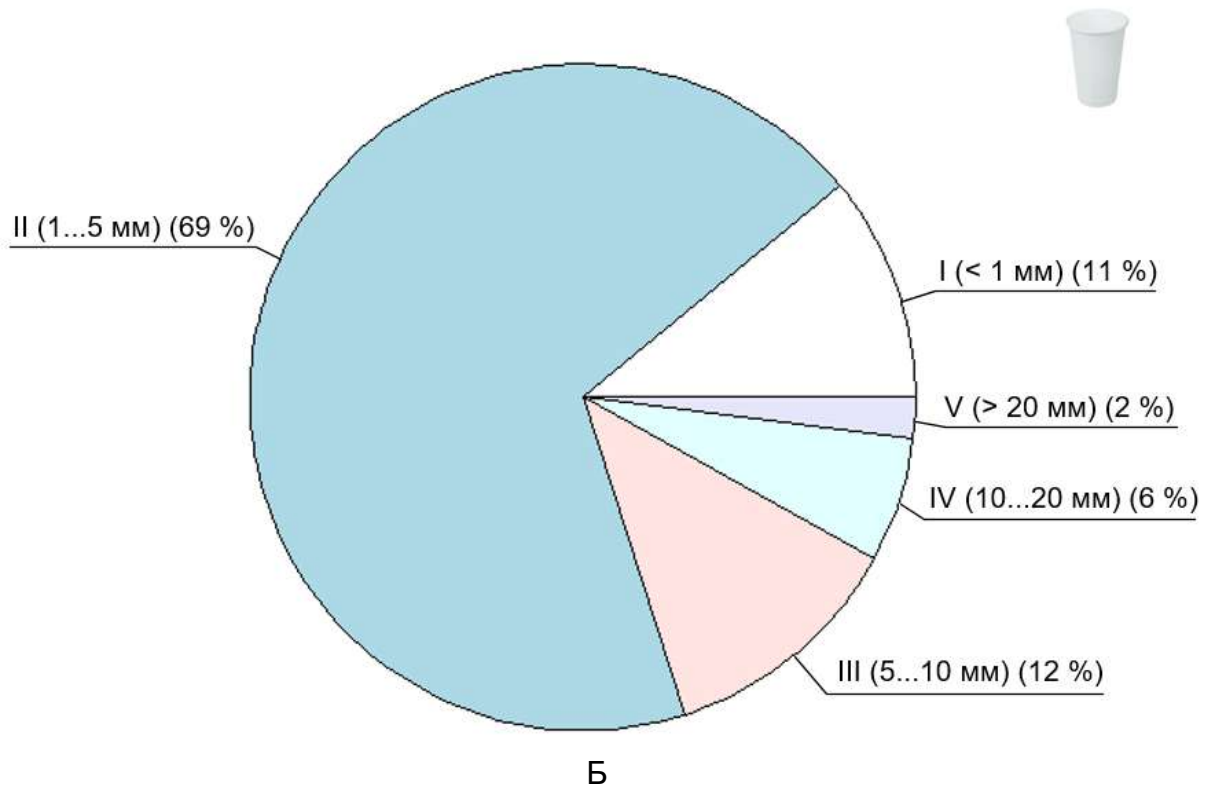
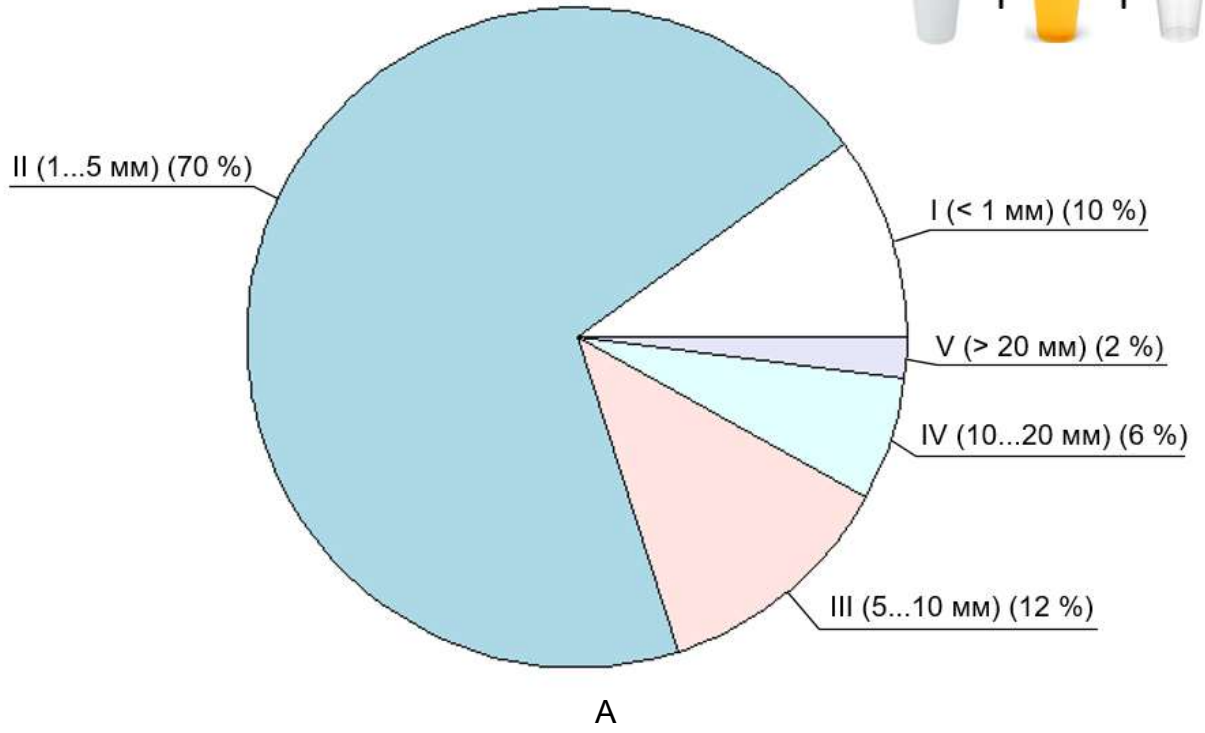
Субъективно оценить абсолютные величины характеристик выборок числа членистоногих в ловушках каждого цвета можно по таблице 4. Из таблицы следует, что минимумы и максимумы в ловушках каждого цвета примерно равны, медиана, среднее арифметическое и суммарное число членистоногих в желтых ловушках чуть больше, чем в белых и значительно (в 1,5 раза) больше, чем в прозрачных.

Табл. 4. Характеристики выборок числа членистоногих в белых, желтых и прозрачных ловушках во все дни.

Характеристика	Цвет ловушки		
	Желтый	Белый	Прозрачный
Минимум	3	2	2
Максимум	29	27	27
Медиана	13	11	6
Среднее арифметическое ± стандартное отклонение	13,78 ± 6,35	12,64 ± 6,32	7,64 ± 5,09
Суммарное число членистоногих	317	316	214

Мы построили диаграммы, которые отображают отношение попадания членистоногих разных размерных классов (рис. 16).

На этих диаграммах заметно, что в ловушки чаще больше всего попало членистоногих II размерного класса (64–79 %), членистоногих I и III размерных классов попадало примерно поровну (10–16 %), IV класс выражен слабее (4–8 %), а членистоногих V класса совсем мало (около 2 %).



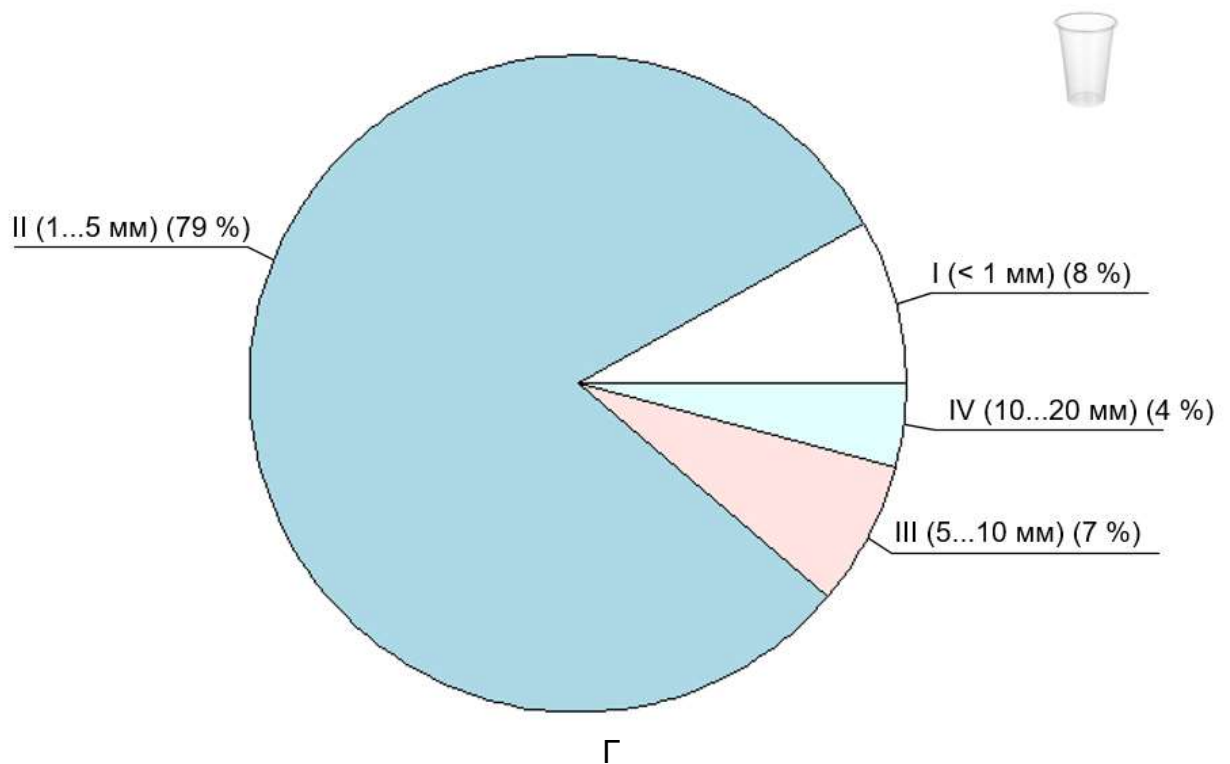
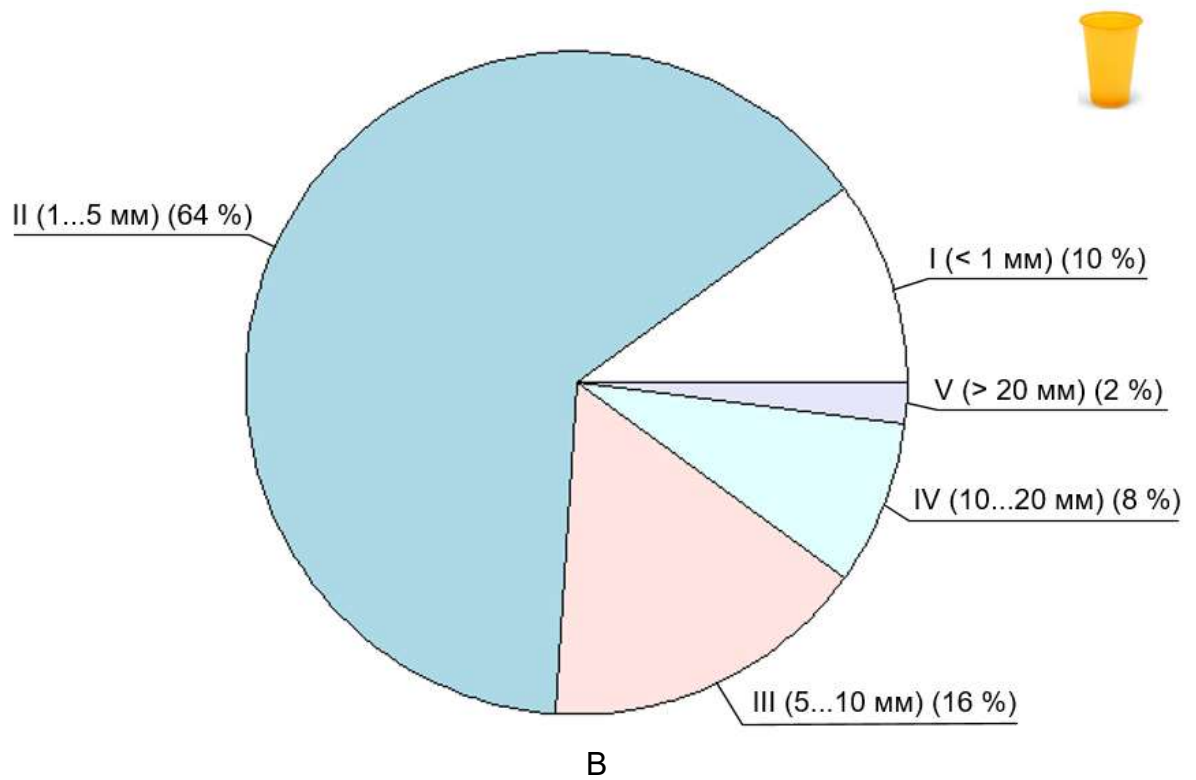


Рис. 16. Соотношение размеров пойманных членистоногих в ловушках разных цветов. А – во всех ловушках, Б – в белых ловушках, В – в желтых ловушках, Г – в прозрачных ловушках.

В таблице 5 сведены данные уловов в ловушках каждого цвета, дифференцированные по размерным классам, за весь период эксперимента. Из этих данных видно, что наиболее часто попадающим в ловушки был II размерный класс, при этом наибольшее число членистоногих этого размера попало в белые ловушки. Затем по частоте попаданий в ловушки следует III размерный класс, однако членистоногих этого размера больше всего попало в желтые ловушки. Немного уступают III классу I и IV классы, а членистоногих V размерного класса попало меньше всего.

Табл. 5. Среднее число членистоногих каждого размерного класса в ловушках каждого цвета.

Цвет ловушки	Среднее число членистоногих по размерным классам				
	I	II	III	IV	V
Белый	1,13	8,28	1,59	0,85	0,21
Желтый	0,97	8,00	1,64	0,89	0,17
Прозрачный	1,02	7,00	0,98	0,55	0,13

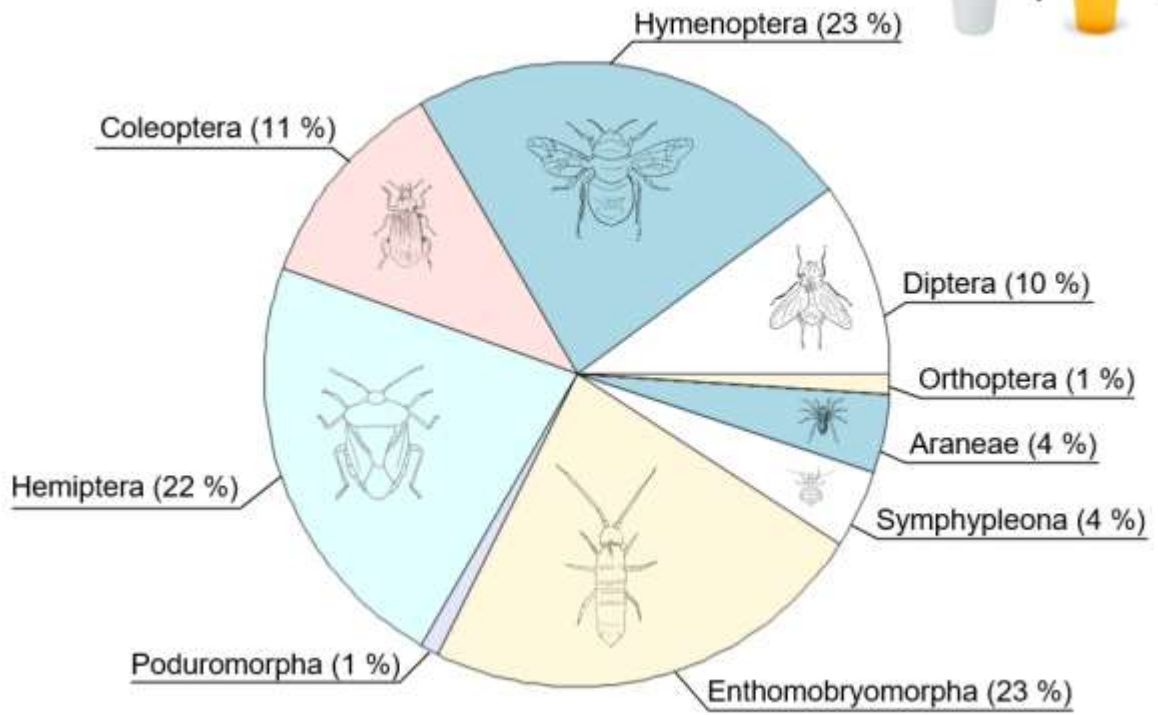
Для выявления зависимости размерного состава уловов от цвета ловушек мы использовали статистический тест хи-квадрат. При сравнении уловов в белых ловушках с уловами в желтых мы выявили сопряженность размеров членистоногих с цветом (тест хи-квадрат, $p = 0,027$), а при сравнении уловов в желтых и белых с уловами в прозрачных такой сопряженности выявить не удалось (тест хи-квадрат, $p = 0,06$ и $0,62$ соответственно).

Мы проанализировали соотношение отрядов во всех ловушках, а также в ловушках каждого цвета по отдельности (рис. 17). За все время эксперимента в ловушки больше всего попало членистоногих из отряда Hymenoptera (23 %), Entomobryomorpha (23 %) и Hemiptera (22 %). Также немало представителей отрядов Coleoptera (11 %) и Diptera (10 %).

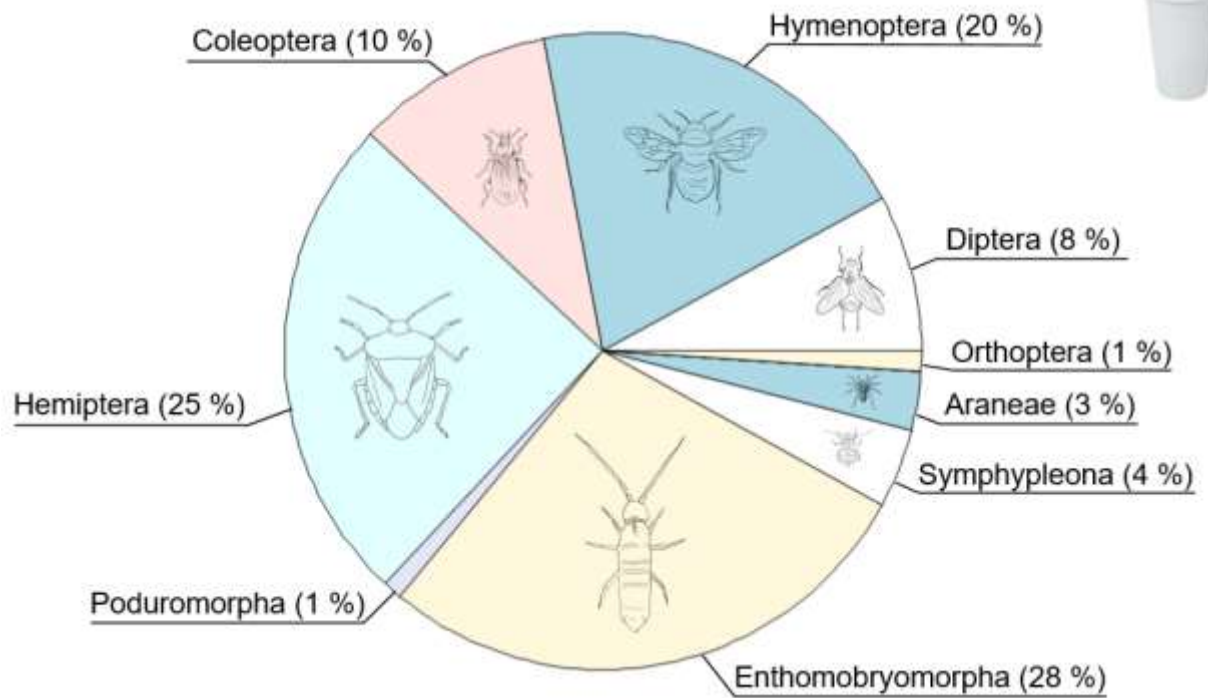
В белых ловушках преобладают представители отрядов Entomobryomorpha (28 %), Hemiptera (25 %) и Hymenoptera (20 %). Чуть меньше представителей отрядов Coleoptera (10 %) и Diptera (8 %).

В желтых ловушках преобладают представители отрядов Hymenoptera (29 %), Entomobryomorpha (17 %), Diptera и Coleoptera (по 15 %), а также Hemiptera (13 %).

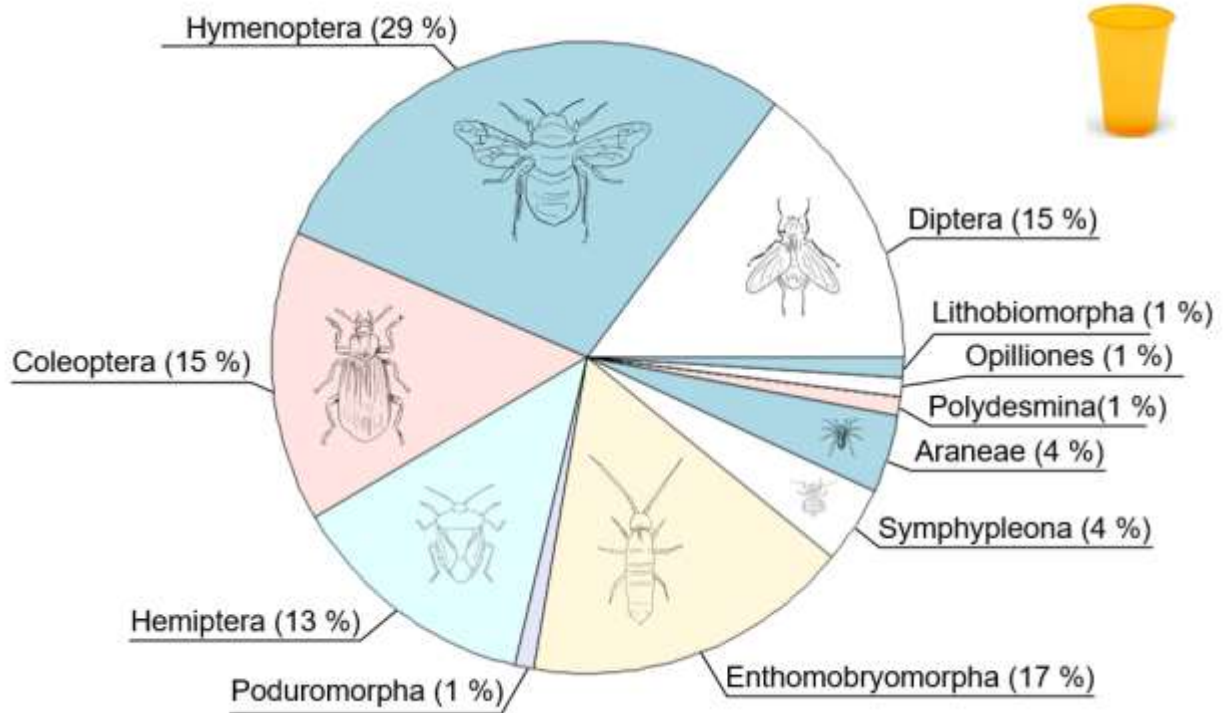
В прозрачных ловушках преобладают представители отрядов Hemiptera (30 %), Entomobryomorpha (25 %) и Hymenoptera (19 %). Как и в других цветах ловушек, здесь немало представителей Coleoptera (9 %) и Diptera (6 %).



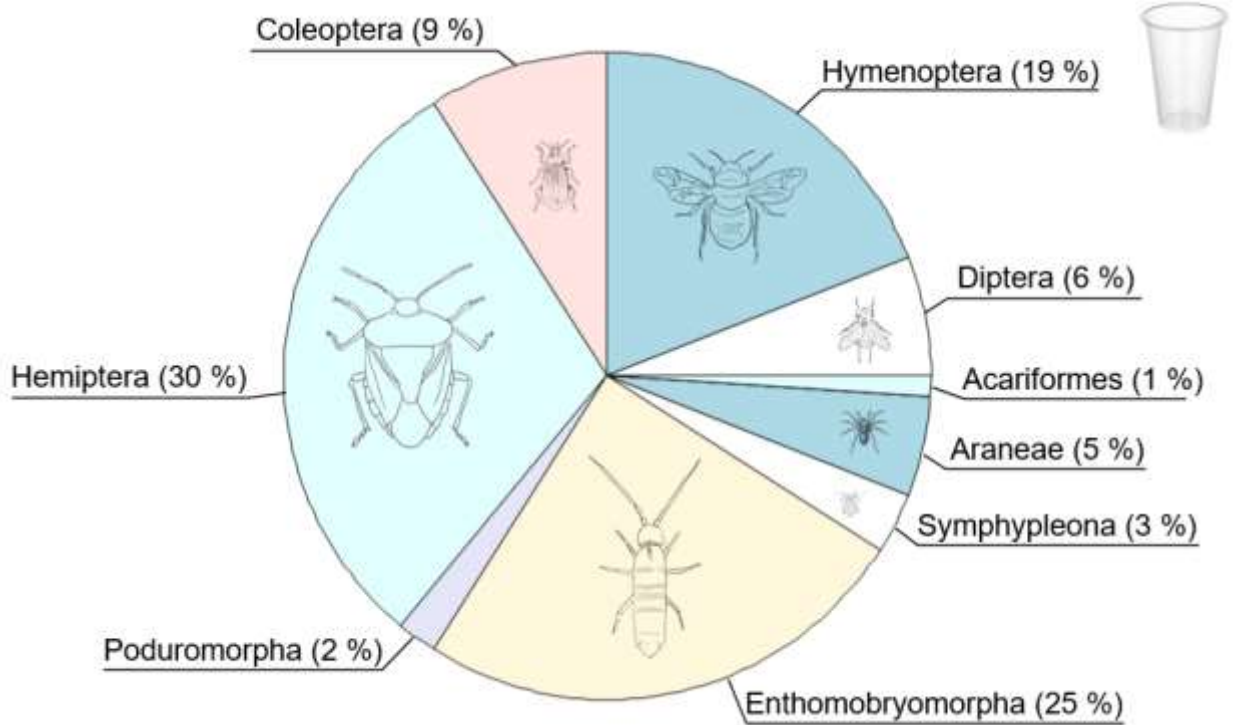
A



B



Б



В

Рис. 17. Соотношение таксонов пойманных членистоногих в ловушках разных цветов. А – во всех ловушках, Б – в белых ловушках, В – в желтых ловушках, Г – в прозрачных ловушках.

В ловушки попались различные таксоны членистоногих, наличие или отсутствие, а также и число которых представлено в таблицах (табл. 6, 7).

Табл. 6. Наличие различных таксонов в трех цветах ловушек за все время эксперимента.

Ранг	Таксон	Желтые	Белые	Прозрачные
Подтип	Hexapoda	+	+	+
Класс	Insecta	+	+	+
Отряд	Diptera	+	+	+
Отряд	Hymenoptera	+	+	+
Отряд	Coleoptera	+	+	+
Отряд	Hemiptera	+	+	+
Отряд	Mecoptera	–	+	–
Отряд	Orthoptera	+	+	+
Отряд	Thysanoptera	–	–	+
Класс	Collembola	+	+	+
Отряд	Poduromorpha	+	+	+
Отряд	Entomobryomorpha	+	+	+
Отряд	Symphyleona	+	+	+
Подтип	Myriapoda	+	–	–
Класс	Diplopoda	+	–	–
Отряд	Polydesmida	+	–	–
Класс	Chilopoda	+	–	–
Отряд	Lithobiomorpha	+	–	–
Подтип	Chelicerata	+	+	+
Класс	Arachnida	+	+	+
Отряд	Araneae	+	+	+
Отряд	Opiliones	+	–	–
Надотряд	Acariformes	+	+	+

Табл. 7. Число членистоногих разных таксонов в трех цветах ловушек за все время эксперимента.

Таксон	Цвет ловушек		
	Желтый	Белый	Прозрачный
Diptera	49	24	12
Hymenoptera	92	64	41
Coleoptera	47	31	19
Hemiptera	41	78	64
Mecoptera	0	1	0
Orthoptera	1	4	0
Thysanoptera	0	0	1
Poduromorpha	2	2	5
Entomobryomorpha	53	89	54
Symphyleona	12	12	6
Polydesmida	3	0	0
Lithobiomorpha	2	0	0
Araneae	12	10	10
Opiliones	2	0	0
Acariformes	1	1	2

Рассматривая совокупности данных таблицы 7, относящихся к ловушкам разных цветов, попарно, мы оценили их сходство по таксономическому составу. Для этого использовали коэффициенты Сёренсена (Мэгарран, 1992), в качестве видов брали отряды и надотряды пойманных членистоногих (табл. 8).

Табл. 8. Значение коэффициентов Сёренсена для данных ловушек разных цветов.

Цвет ловушек	Количественный коэффициент Сёренсена	Качественный коэффициент Сёренсена
Желтые и белые	0,76	0,83
Желтые и прозрачные	0,70	0,78
Белые и прозрачные	0,79	0,86

Из того, что во всех случаях коэффициенты не меньше 0,70, можно сделать вывод, что таксономическое и количественное сходство между уловами ловушек разных цветов довольно высоки.

Обсуждение

В нашей работе мы сравнивали уловистость ловушек в зависимости от их цвета. За все время проведения эксперимента в желтые ловушки было поймано 317 членистоногих, в белые ловушки – 316, а в прозрачные – 214. Минимумы и максимумы в ловушках каждого цвета примерно равны, медиана, среднее арифметическое и суммарное число членистоногих в желтых ловушках чуть больше, чем в белых и значительно больше, чем в прозрачных. Из этого можно сделать вывод, что эффективность желтых ловушек в целом превышает эффективность прозрачных и белых. Статистические тесты Уилкоксона как для связанных, так и для несвязанных данных подтвердили наличие значимых различий между уловами в желтых и прозрачных, белых и прозрачных ловушках и отсутствие значимых различий между уловами в белых и желтых ловушках. Однако сравнение уловов в белых и желтых ловушках с помощью теста Уилкоксона для связанных данных показало существование различия между ними. Мы предполагаем, что в желтые ловушки более эффективны, чем белые. Наш эксперимент стоит повторить с большей выборкой и проверить данное предположение.

К выводу о влиянии цвета на уловистость ловушек пришли и другие исследователи. Главное отличие этих исследований от нашего заключается в том, что эксперимент проводился в нескольких сообществах. По результатам эксперимента Бугхольца и соавт. (Buchholz et al., 2010) в белые и желтые ловушки, по сравнению с зелеными и коричневыми, было поймано наибольшее количество особей *Apidae*, *Araneae*, *Carabidae*, *Diptera* и *Formicidae*, что сходно с результатом нашего эксперимента. *Isopoda* же были наиболее многочисленны в уловах зеленых и коричневых ловушек, однако в нашем эксперименте эта группа членистоногих не попадалась в ловушки. В исследовании Банашака и соавт. (Banaszak et al., 1994) было выявлено, что белые ловушки Мёрике, по сравнению с желтыми и голубыми, наиболее эффективны для поимки насекомых отряда *Hymenoptera*, надсемейства *Apoidea*, что также близко к результатам нашей работы, хотя и отличается от них, так как у нас желтые ловушки предположительно наиболее эффективны. Учениками нашей школы № 1543 Соколовым и Пановой было выявлено, что на территории Московской области Дмитровского и Одинцовского районов, в деревне Карцево (около 20 км к северо-востоку от г. Дмитрова) и деревне Волково (в 10 км от г. Звенигорода) в ловушки желтого цвета было поймано больше экземпляров всех отрядов (1340), чем в белые (837) (Соколов, Панова, 2016). В этом исследовании разница между числом пойманных членистоногих в желтых и белых ловушках различается примерно в 1,5 раза, в то время как в нашей работе мы лишь предполагаем о существовании некой разницы между уловами в ловушках этих цветов. При сравнении результатов в исследовании Заренковой и Климановой (Заренкова, Климанова, 2018), проведенном в Ленинградской области, по количеству пойманных как

представителей разных отрядов и разных размерных классов, так и просто только разных отрядов, между белыми и желтыми ловушками в одном биотопе и в один день достоверных различий не выявлено. Похожий результат мы видим и в нашей работе, так как нам также необходимы дополнительные данные для сравнения эффективности белых и желтых ловушек.

Представителей отряда Hymenoptera заметно больше в желтых ловушках (29 %), чем в белых (20 %) или прозрачных (19 %). Возможно, это объясняется тем, что большинство представителей этого отряда – нектарофаги (Длусский, 1984), а значит, их привлекают ярко окрашенные цветки, за которые они могли принимать желтые ловушки. Скорее всего, по этой же причине представители отряда Diptera (Мамаев, 1984) занимают большую долю в желтых ловушках (15 %), нежели в белых (8 %) или прозрачных (6 %).

Большое число представителей Entomobryomorpha в уловах (17–28 %), возможно, связано с тем, что эти ногохвостки обитают на поверхности почвы и, как следствие, часто попадают в ловушки. Ногохвостки не являются нектарофагами, они питаются водорослями, грибами и лишайниками (Гиляров, 1984), поэтому, поэтому малое количество Entomobryomorpha в желтых ловушках (17 %), по сравнению с другими цветами, связать с типом питания невозможно.

Из представителей отряда Hemiptera в наших пробах в основном попадали в ловушки имаго и личинки представителей подотряда Auchenorrhyncha. Жизненный цикл этих насекомых построен так, что личинки зачастую ведут подземный образ жизни, падая с растений, в которые самки закладывают яйца. Также возможен вариант обитания личинок на надземных частях растений. Имаго же обитают на надземных частях растений, питаясь их соком (Гиляров, 1984). Мы предполагаем, что насекомые этого отряда попадали в наши ловушки, просто падая с растений вниз.

Довольно высокую долю в уловах ловушек представителей отряда Coleoptera (9–15 %) можно объяснить тем, что как имаго, так и личинки пойманных нами насекомых активно передвигаются по поверхности почвы (Крыжановский, Мамаев, 1984) и из-за этого часто проваливаются в ловушки. Самыми массовыми семействами среди Coleoptera были семейства Carabidae, Staphylinidae и Curculionidae. Представители Carabidae и Staphylinidae являются наземными хищниками, поэтому часто проваливаются в ловушки, а представители Curculionidae питаются растительными тканями, вероятно, они попадают в ловушки, падая с растений вниз (Крыжановский, Мамаев, 1984)

На рисунке 11, отображающем число членистоногих в прозрачных ловушках суммарно за оба дня применения прозрачных ловушек (30.06.2024 и 01.07.2024), присутствует выброс, связанный с особенно большим числом представителей отряда Hymenoptera в прозрачной ловушке седьмой пары во

второй день. Возможно, через эту ловушку в тот день проходила цепочка муравьев (семейство Formicidae), что резко повысило число представителей этого отряда.

В нашем эксперименте наиболее часто попадался в ловушки II размерный класс, при этом наибольшее число членистоногих этого размера попало в белые ловушки. Затем по частоте попаданий в ловушки следует III размерный класс, членистоногих этого размера больше всего попало в желтые ловушки. Немного уступают III размерному классу I (больше всего в белых ловушках) и IV (больше всего в желтых ловушках) классы, а членистоногих V размерного класса (больше всего в белых ловушках) попало меньше всего. Такие же результаты получили и Ушакова с соавт. (Ушакова и др., 2023), которые выявили, что самым часто попадающимся в ловушки Мёрике и Барбера был II размерный класс, немного уступают ему I и III размерные классы, а IV и V попадались очень редко, а в ловушки Барбера членистоногих II класса попало заметно больше, чем III и I. При сравнении уловов в белых ловушках с уловами в желтых с помощью теста хи-квадрат выявлена сопряженность размеров членистоногих с цветом ловушек, а при сравнении уловов в желтых и белых с уловами в прозрачных такой сопряженности выявить не удалось.

Наши эксперименты проводились на равнине, на заросшем лугу. Древесный ярус на выбранном нами участке не был выражен, а кустарниковый был представлен единственным видом *Salix fragilis*, занимающим 1 % площадки. Основную площадь площадки занимал травяно-кустарничковый ярус. Из него мы определили такие семейства, как Fabaceae, Poaceae, Cyperaceae, Campanulaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Primulaceae, Dipsacaceae, Rubiaceae, Equisetaceae, Juncaceae, Umbelliferae, Astraceae и Plantaginaceae. Больше всего изучаемой территории покрывали растения видов *Prunella vulgaris* (Lamiaceae) – 30 % покрытия, *Agrostis gigantea* (Poaceae) и *Alchemilla vulgaris* (Rosaceae) – 20 %, *Carex hirta* (Cyperaceae) — 15 %, *Lysimachia nummularia* – 10 %, *Calamagrostis epigeios* (Poaceae) и *Plantago major* (Plantaginaceae) – 5 %, *Taraxacum officinale* (Astraceae), *Artemisia vulgaris* (Astraceae), *Potentilla anserina* (Rosaceae), *Anthoxanthum odoratum* (Poaceae) и *Poa pratensis* (Poaceae) – 1 %. Все остальные виды и моховый ярус занимают менее 1 % площадки.

Весь период эксперимента стояла солнечная погода, за исключением небольшого дождя в первую ночь. Температура в течение всего периода колебалась от +17 °C до +31 °C (от +17 °C до +22 °C в 23:00 и от +26 °C до +31 °C в 12:40).

В будущих исследованиях было бы целесообразно увеличить количество ловушек в день и количество дней, в которые эти ловушки ставились для большей репрезентативности выборок. Также было бы интересно изучить разницу качественного и количественного состава членистоногих в разных сообществах, как делали многие исследователи до

нас (Avinent et al., 1991; Banaszak et al., 1994; Buchholz et al., 2010; Панова, Соколов, 2016; Заренкова, Климанова, 2018; Ерохина и др., 2020).

Выводы

1. В белые, желтые и прозрачные ловушки Барбера в окрестностях поселка Борок Ярославской области летом 2024 г. ловились членистоногие отрядов Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Mecoptera, Orthoptera, Thysanoptera, Symphypleona, Poduromorpha, Entomobryomorpha, Polydesmida, Lithobiomorpha, Araneae, Opiliones и надотряда Acariformes.
2. Уловистость цветных (белых и желтых) ловушек Барбера в проведенном эксперименте была приблизительно в 1,7 раза выше, чем прозрачных.
3. Наиболее часто попадающимися в ловушки Барбера были членистоногие размером 1–5 мм. В белые ловушки больше, чем в желтые, попадают членистоногие размером менее 1 мм, 1–5 мм и более 20 мм, а в желтые – размером 5–20 мм. Выявлена сопряженность размеров членистоногих с цветом для белых и желтых ловушек.
4. Таксономическое и количественное сходство между уловами ловушек разных цветов довольно высоки (качественный и количественный коэффициенты Сёренсена не меньше 0,70).

Благодарности

Мы благодарим руководство Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН и стационара «Сунога», в особенности директора института Александра Витальевича Крылова за возможность проводить эксперименты на территории стационара. Мы также благодарим Сергея Менделевича Глаголева, Екатерину Викторовну Елисееву, Петра Николаевича Петрова, Полину Андреевну Волкову и Людмилу Андреевну Абрамову за организацию практики, Петра Николаевича Петрова за научное руководство и помощь в постановке экспериментов, Сергея Николаевича Лысенкова за составление рецензии и Рустема Фаридовича Валиуллина за помощь в обработке данных в программной среде R.

Литература

1. Гиляров М. С. 1984. Класс Скрыточелюстные насекомые (Insecta-Entognatha). В кн.: В. Е. Соколов (гл. ред.). Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение. 122–125.

2. Гиляров М. С. 1984. Отряд Равнокрылые хоботные (Hemiptera). В кн.: В. Е. Соколов (гл. ред.). Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение. 215–228.
3. Длусский Г. М. 1984. Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera). В кн.: В. Е. Соколов (гл. ред.). Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение. 339–387.
4. Ерохина А., Малышева М. [Интернет-документ] 2020. Эффективность ловушек Мёрике в зависимости от отдушки детергента [URL: <https://bioclass.ru/wpcontent/uploads/2022/02/Plates2020.pdf>]
5. Измоденова М., Коновалова А., Останкова Я., Снежко Г. [Интернет-документ] 2019. Эффективность ловушек Мёрике в Нижне-Свирском заповеднике в зависимости от наличия отдушки детергента [URL: <https://bioclass.ru/wpcontent/uploads/2022/01/plates-1.pdf>]
6. Климанова Н., Заренкова А. [Интернет-документ] 2018. Сравнение эффективности жёлтых и белых пластиковых тарелок как ловушек для насекомых [URL: https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/plates_1.pdf]
7. Крыжановский О. Л., Мамаев Б. М. 1984. Отряд Жесткокрылые, или Жуки (Coleoptera). В кн.: В. Е. Соколов (гл. ред.). Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение. 248–301.
8. Мамаев Б. М. 1984. Отряд Двукрылые, или Мухи и комары (Diptera). В кн.: В. Е. Соколов (гл. ред.). Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение. 388–419.
9. Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 173 с.
10. Панова Т., Соколов М. [Интернет-документ] 2016. Сравнение эффективности желтых и белых пластиковых тарелок как ловушек для насекомых [URL: <https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/sokolov-1.pdf>]
11. Ушакова У., Стрижкова А., Гасанова Ф. [Интернет-документ] 2023. Сравнение эффективности ловушек Мёрике и Барбера [URL: https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2024/09/Traps_2023.pdf]
12. Фадеева А., Котельникова А., Воскобойник Д. [Интернет-документ] 2018. Эффективность ловушек Мёрике в Нижне-Свирском заповеднике в зависимости от отдушки детергента [URL: <https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/plates.pdf>]
13. Avinent L., Hermoso de Mendosa A., Llacer G., 1991. Comparison of traps for capture of alate aphids (Homoptera, Aphidinea) in apricot tree orchards *Agronomie, EDP Sciences*. 11 (7): 613–618.
14. Banaszak J., Cierzniak T., Szymański R., 1994. Influence of colour of Moericke traps on numbers and diversity of collected bees (Apoidea, Hymenoptera). *Acta Universitatis Lodziensis Folia Zoologica*. 2: 29–35.

15. Barber H. S., 1931. Traps for cave — inhabiting insects. *Journal of the Mitchell Society*. 46: 259–267.
16. Buchholz S., Jess A.-M., Hertenstein F., Schirmel J., 2010. Effect of the colour of pitfall traps on their capture efficiency of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae), spiders (Araneae) and other arthropods. *European Journal of Entomology*. 107: 277–280
17. Moericke V. 1951. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsich blattlaus, *Myzodes persicae* (Sulz). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 3 (2): 23–24.
18. R Core Team [Интернет документ] 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing [URL: <https://www.R-project.org/>]
19. Zhang Z.-Q. 2013. Phylum Arthropoda. *Zootaxa*. 3703 (1): 17–26.