

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «АЛТАЙСКИЙ КРАЕВОЙ ДЕТСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»

Изменчивость морфологических признаков *Pyrghocoris apterus* разных популяций

Исполнитель: Яткунайте София

7 класс

Руководитель: Ашенбреннер Е.С.

педагог дополнительного образования

КГБУ ДО АКДЭЦ

Барнаул, 2020 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	5
1.1 Влияние пестицидов на окружающую среду и экосистемы.....	5
1.2 Изменчивость фенотипических признаков насекомых в экологическом мониторинге.....	6
2. Материал и методы исследований	10
3. Практическая часть.....	11
3.1 Результаты исследований.....	11
Выводы.....	16
Список литературы	16
Приложение	19

Введение

Антропогенная нагрузка на природную среду возрастает все больше и больше. Следовательно, методы оценки человеческого воздействия на природные экосистемы, способы выявления отклонений экологических факторов, должны иметь широкое применение, быть надежными и доступными.

Принцип биоиндикации заключается в выявлении ответной реакции живых организмов на внешнее воздействие. Биоиндикация экологических условий осуществляется посредством изучения изменений процессов жизнедеятельности организмов, их химического состава, морфологических признаков, распространения и видового разнообразия в той или иной местности. В числе наиболее доступных и информативных методов биоиндикации фенетический подход, сформированный на выявлении отдельных фенотипов в природных популяциях и определении качества среды по их соотношению, имеющему индикационное значение. Определение фенотипического разнообразия живых организмов является одним из современных биоиндикационных методов, позволяющих выявить неблагоприятную экологическую обстановку.

Цель работы – выявить изменчивость показателей индикационных морф переднеспинки клопа-солдатика разных популяций.

Задачи:

1. определить количество морф переднеспинки клопов изучаемых популяций в трех поколениях;
2. определить размер меланистического пятна переднеспинки клопов изучаемых популяций в трёх поколениях;
3. уточнить количество асимметричных морф переднеспинки изучаемых популяций клопа-солдатика в трёх поколениях.

Объект – популяции *Pyrrhocoris apterus*.

Предмет – изменчивость индикационных признаков клопа-солдатика.

Материал и методы. Исследования проведены в 2019-2020 гг. Материал – коллекция *Pyrrhocoris apterus*, 300 половозрелых особей в генеральной совокупности. Используются: методика изучения изменчивости меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия И. В. Батлущкой, 2003; метод морфометрических измерений площади изучаемого объекта.

Новизна. Показана изменчивость индикационных признаков клопа-солдатика, обитающего на территории детской образовательной организации г. Барнаула.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы для решения задач мониторинга загрязнения окружающей среды, определения факта и степени антропогенной нагрузки. Выявленные вариации меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика могут быть учтены при изучении изменчивости биондикаторных признаков насекомых.

1. Теоретическая часть

1.1 Влияние пестицидов на окружающую среду и экосистемы

Пестициды – это химические препараты, используемые для уничтожения сорняков, вредителей, различных грибков, эктопаразитов домашних животных, переносчиков опасных заболеваний человека и животных. Вредное воздействие пестицидов предполагает возникновение вследствие экспозиции негативных эффектов у нецелевых видов (видов, которые не являются мишенями в случае применения пестицидов). Более 98 % распыливаемых инсектицидов и 95 % гербицидов достигают мишеней, которые не являются целевыми, поскольку такая продукция распыляется или распространяется по всем сельскохозяйственным полям, участкам, территориям. Пестициды могут быть применены к водной среде и перенесены ветром в другие области, пастбища, населенные пункты и иные районы [14].

Со временем повторное применение повышает сопротивляемость вредителям, а его воздействие на другие виды может способствовать и возрождению популяции вредителей.

Каждый класс пестицидов имеет определенный набор экологических проблем. Такие нежелательные эффекты привели к тому, что многие пестициды были запрещены, касательно других же пестицидов разрабатываются правила, направленные на ограничение и / или уменьшение их использования. Со временем пестициды обычно становятся менее стойкими и более видоспецифическими, что снижает их экологический след.

Пестициды влияют на окружающую среду и экосистемы, приводя к сокращению биоразнообразия, особенно вследствие уничтожения сорняков и насекомых, которые являются важными элементами пищевой цепи. Кроме того, пестициды оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека, как в результате прямого действия, так и опосредованно вследствие

накопления остаточных количеств в сельскохозяйственных продуктах и питьевой воде [15].

Кроме целевого назначения, пестициды оказывают также негативное влияние на биосферу, масштаб которого сравнивают с глобальными экологическими факторами. Применение пестицидов может привести к таким негативным последствиям как уменьшение биологической продуктивности, нарушение функционирования грунтовых микробиоценозов, накопление остатков пестицидов и их производных в поверхностных водных источниках и грунтовых водах, препятствие восстановлению плодородия, уменьшение пищевой ценности сельскохозяйственной продукции и тому подобное. Пестициды оказывают значительное влияние на исчезновение видов, опыляющих растения, в том числе через механизм расстройств колонии пчёл: рабочие пчелы внезапно исчезают из улья. Применение пестицидов к культурам в период цветения может привести к гибели пчёл, опыляющих растения [16].

Дождевые черви переваривают органическое вещество и увеличивают содержание питательных веществ в верхнем слое почвы. Они служат биоиндикаторами активности почвы. Пестициды оказывают вредное воздействие на рост и размножение дождевых червей. Некоторые пестициды могут биоаккумулироваться или накапливаться до токсических уровней в организме видов, которые потребляют их, с течением времени [11].

1.2 Изменчивость фенотипических признаков насекомых в экологическом мониторинге

Насекомые – один из компонентов биогеоценозов. Исследования природных популяций насекомых могут показать зависимость их биологического состояния от качества окружающей среды. Это позволяет использовать данные о влиянии антропогенных факторов на изменчивость насекомых в экологическом мониторинге – биоиндикации.

В основе энтомологического мониторинга лежит четкое представление о роли тех или иных видов насекомых в определенных биогеоценозах. В особую группу контроля входят виды, которые наиболее чувствительно реагируют на антропогенные изменения (насекомые – вредители к этой группе не относятся). Используя виды – энтомобиоиндикаторы, их физиологические и морфологические индикационные признаки, можно обнаружить нарушения в экосистемах на очень ранних этапах. Эти изменения, как правило, представляют незначительные сдвиги, которые не регистрируются другими методами. Посредством энтомобиоиндикаторов можно суммировать все данные о состоянии окружающей среды и отображать динамику негативных влияний на нее. При их использовании отпадает необходимость применять трудоемкие и дорогие физические и химические методы для измерения биологических параметров экосистем. Насекомые быстро реагируют на кратковременные и одноразовые выбросы разнообразных токсических веществ в среду, способствуют обнаружению мест их скопления в экосистемах [10, 13].

Разные виды насекомых отличаются друг от друга степенью чувствительности к изменениям среды, имеют разную способность к биоаккумуляции тех или иных веществ. Для биоиндикации с помощью насекомых следует отбирать наиболее подходящие виды, тщательно изучать их морфологические, биохимические, генетические и популяционные параметры. Реакция насекомых на те или иные виды загрязнителей различна и зависит от вида насекомого, расстояния от источника и срока выброса. Важное условие успешного развития энтомологического мониторинга – обоснование критериев и разработка методов [9].

Тем не менее, многоплановая антропогенная нагрузка, существенно возросшая в последние десятилетия, оказывает значительное влияние на проявление фенотипической изменчивости насекомых, имеющей адаптивный характер. Частота проявлений фенотипической изменчивости насекомых

находится в прямой зависимости от интенсивности антропогенного воздействия на их местообитания.

Например, колорадский жук, как один из обитателей урбоэкосистем, обладает экологической пластичностью, природа которой обусловлена высокой степенью адаптационного полиморфизма на генетической основе с широкими пределами индивидуальных норм реакций особей каждого генотипа на условия среды. Следовательно, данный вид насекомых может использоваться для системной оценки состояния среды их обитания, т. е. является видом-биоиндикатором. Адаптационный полиморфизм колорадского жука связан с изменчивыми внешними признаками особей - элементами рисунка переднеспинки и надкрылий имаго [4].

Статистическая оценка фенетической изменчивости рисунка переднеспинки колорадского жука как разновидности фенотипической изменчивости позволяет определить степень нарушенности условий обитания данного вида насекомых. Для характеристики популяций колорадского жука упоминается также такой признак, как характер окраски надкрылий, на основе которого можно сформулировать представление о норме [5].

Оценка стабильности развития организмов – биоиндикаторов, в том числе и колорадского жука, базируется на анализе флуктуирующей асимметрии, величина которой реагирует повышением на возрастание антропогенной нагрузки на организм в урбоэкосистемах. Фенетическая изменчивость и флуктуирующая асимметрия рисунка переднеспинки и надкрылий колорадского жука достаточно точно отражают степень антропогенного воздействия и могут быть использованы для биоиндикации [8, 12].

Изучение и анализ стабильности развития клопа-солдатика по уровню флуктуирующей асимметрии меланизированного рисунка покрова является перспективным в качестве показателя состояния окружающей среды в системе биомониторинга. Изменчивость элементов меланизированного

рисунок покрова клопа-солдатика представляет собой внешнее косвенное отражение стабильности процессов популяционного гомеостаза, что подтверждается аналогичными исследованиями, проведенными с колорадским жуком, горчичным и итальянским клопами, клопом-солдатиком и осой германской [7, 13].

Считается, что чем больше негативное воздействие, тем больше величина асимметрии, как в природных популяциях, так и в контролируемых лабораторных группах особей. Но есть данные, что эту закономерность не всегда удастся подтвердить, и поэтому остается под вопросом предпочтительность асимметрии над другими традиционными методами при мониторинге состояния природных популяций и среды.

Остается проблема изучения естественного проявления флуктуирующей асимметрии в природных условиях без воздействия человека и проведения дополнительных искусственных экспериментов [6].

2. Материал и методы исследований

Исследования проводились с 2019 по 2020 гг. Материалом послужил клоп-солдатик (*Pyrrhocoris apterus*), извлеченный из участков природной среды Алтайского краевого детского экологического центра с мая по июль в количестве 300 половозрелых особей.

Насекомые собирались с 2-х участков: участок №1 – сквер, участок №2 – отел ботаники. Сквер расположен у входа на территорию детского центра, прилегает непосредственно к проезжей части. Участок обрабатывался гербицидами для уничтожения ненужной растительности (сорных трав). Отдел ботаники расположен за учебным зданием, значительно удален от проезжей части. Участок никогда не обрабатывается гербицидами, прополка осуществляется вручную.

С каждого участка собирали 3 поколения клопов (условно обозначили F1, F2, F3) с интервалом 1,5 мес. Молодые, но уже половозрелые формы отличались меньшим размером, но сформировавшейся окраской надкрыльев и переднеспинки. Особей не делили по полу.

Клопов фиксировали в 70% спирте в течение 2 ч. Далее накалывали на иголку, высушивали на ПЭТ пластинках. Исследования проводились при помощи лупы (x15) и стереоскопического микроскопа MC-5-ZOOM LED оснащенного видеоокуляром Tour Cam 5,1 MP с программным обеспечением (морфометрическое измерение площади меланиновых пятен рисунка переднеспинки клопа-солдатика) [1-3]. Макрофотографии получены при помощи зеркальной камеры Sony Alpha ILCA-68K Kit, микрофотографии при помощи сканера Epson Perfection V600 Photo с высокой разрешающей способностью. Расчеты произведены при помощи ПК DEXP Atlas N166 Core в программе Microsoft Excel. Для анализа фотографического материала использован принтер HP Color Laser Jet Pro M452 dn.

3. Практическая часть

3.1 Результаты исследований

Считается, что из всех средств защиты растений гербициды оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду. Но даже малотоксичные гербициды обладают мутагенными и канцерогенными свойствами.

Изучая форму пятен переднеспинки клопов, собранных с участка № 1, обрабатываемого ранее гербицидом, выявили 27 разнообразных морф в первом поколении, 20 в F2 и 14 в F3, соответственно. Архитектоника рисунка переднеспинки клопов с участка № 2 не отличалось таким разнообразием: F1 – 20, F2 – 17 и F3 – 15 морф (диаграмма 1, 2).

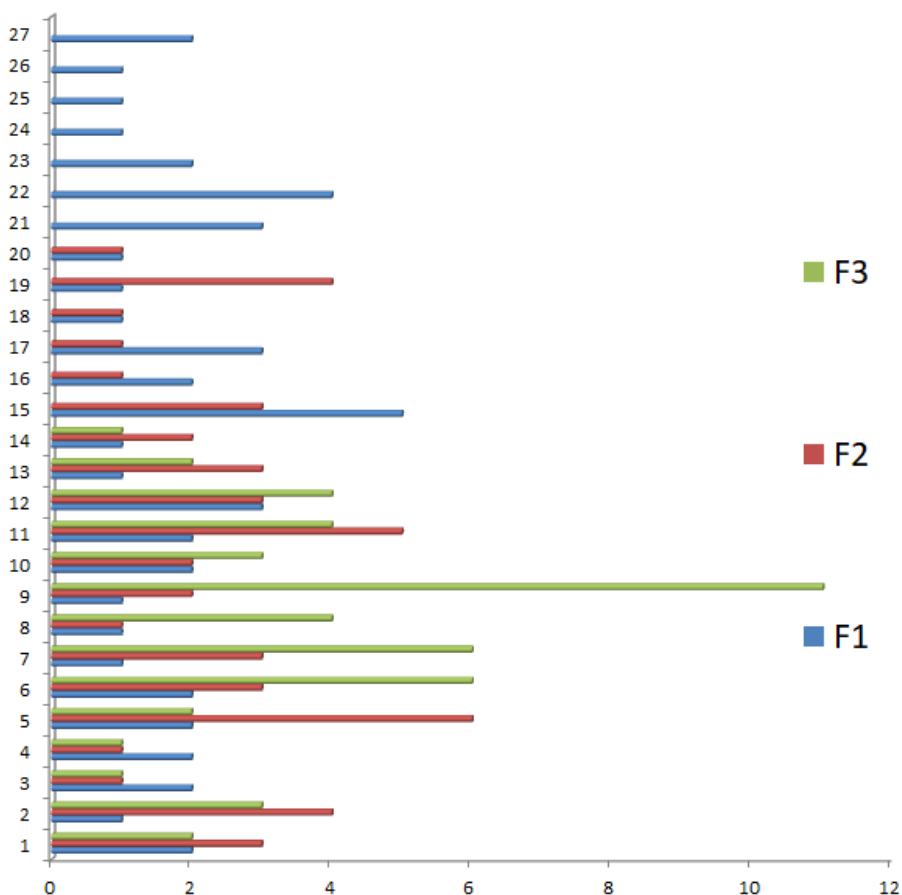


Диаграмма 1. Морфологические изменения рисунка переднеспинки клопов сквера

Данные результатов исследования участка № 1 показали динамику сокращения количества изучаемых морф в отношении разнообразия от первого к третьему поколению. Тогда как в F1 на одну морфу приходилось преимущественно 1 или 2 особи и лишь в единичных случаях встретились 4 и 5 клопов с визуально одинаковым рисунком. То к F3 наблюдалось объединение клопов с одинаковым рисунком переднеспинки в малые группы, по 4, 6 и даже 11 особей (приложение 1, рис. 1).

Следует отметить, что разнообразие морф рисунка с каждым поколением клопов, обитающих в сквере экологического центра, сокращалось практически на 1/3, на 26 % и 30 % соответственно.

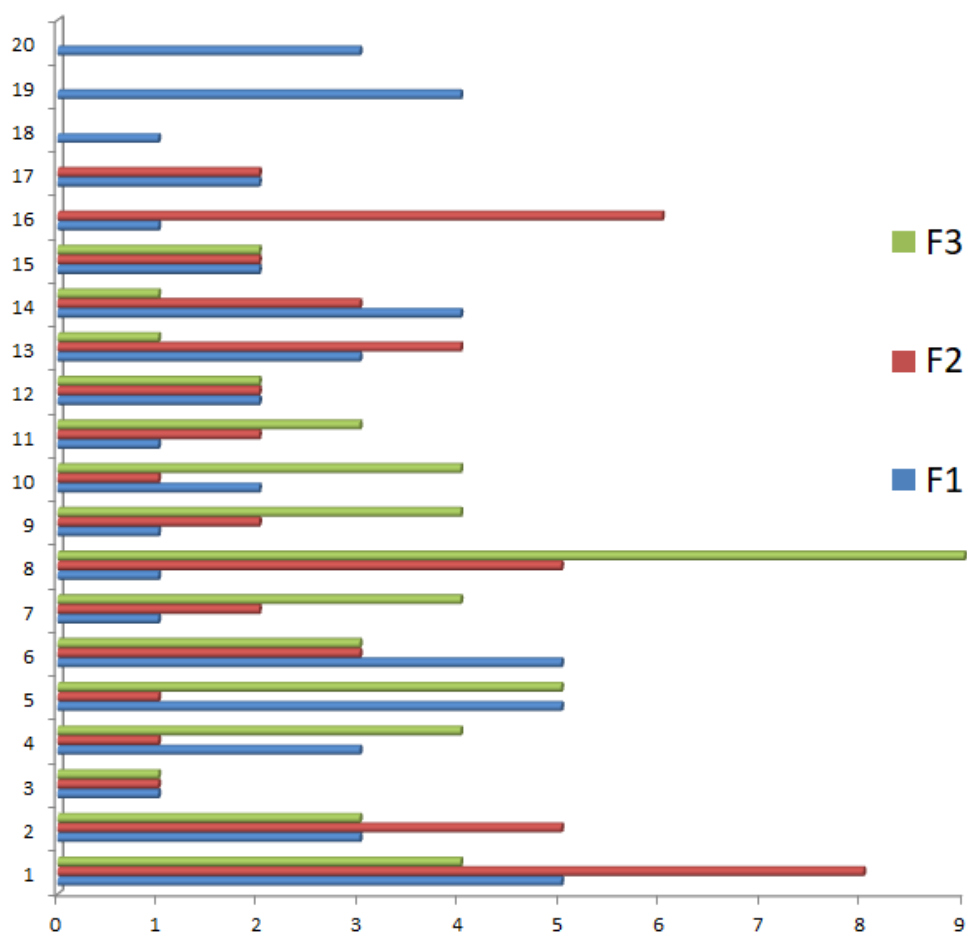


Диаграмма 2. Морфологические изменения рисунка переднеспинки клопов отдела ботаники

Разнообразие морф переднеспинки клопов с отдела ботаники, не обрабатываемого химическими веществами, так же сокращалось в ряду

поколений, но менее выражено, на 15 % и 12 % соответственно. Во всех выборках присутствовали малые группы клопов с визуально одинаковыми морфами. Так, в F1 на одну морфу приходилось от 2-3 или 5 клопов, в F3 группы включали по 3-4, 5 и 9 особей (приложение 1, рис. 1).

Морфометрическое изучение размера рисунка переднеспинки клопа-солдатика помогло выявить различие по данному признаку между популяциями (табл. 1).

Таблица 1 – Морфометрические размеры переднеспинки клопа-солдатика

Площадь меланистического пятна, мм ²	Участок № 1			Участок № 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Наименьшая	30127	19592	21478	3335	3980	20597
Наибольшая	54310	46678	49346	73022	48948	48143
Средняя	38371	32197	32796	40338	35235	33567

Не смотря на то, что у клопов-солдатиков отдела ботаники присутствовали особи с очень маленькими меланистическими пятнами переднеспинки, меланизм в среднем в популяциях выражен в одинаковой степени. Участок № 1 является преимущественно затененным, так как на нем произрастает кустарниковая и древесная растительность. А участок № 2 – открытый, солнечный, с травянистой растительностью и, как следствие, меланизм в окраске должен быть выражен меньше. Вероятно, насекомые выбирали наиболее солнечные территориальные точки для жизни и размножения.

Во всех популяциях нами выявлена динамика уменьшения площади меланистического пятна в последующих поколениях, что предположительно, может быть связано с возрастающей солнечной активностью в летний период.

Подсчет количества асимметричных форм рисунка переднеспинки в ряду поколений показал разнообразие асимметрии и нестабильность показателя у популяций (диаграмма 3, приложение 2).

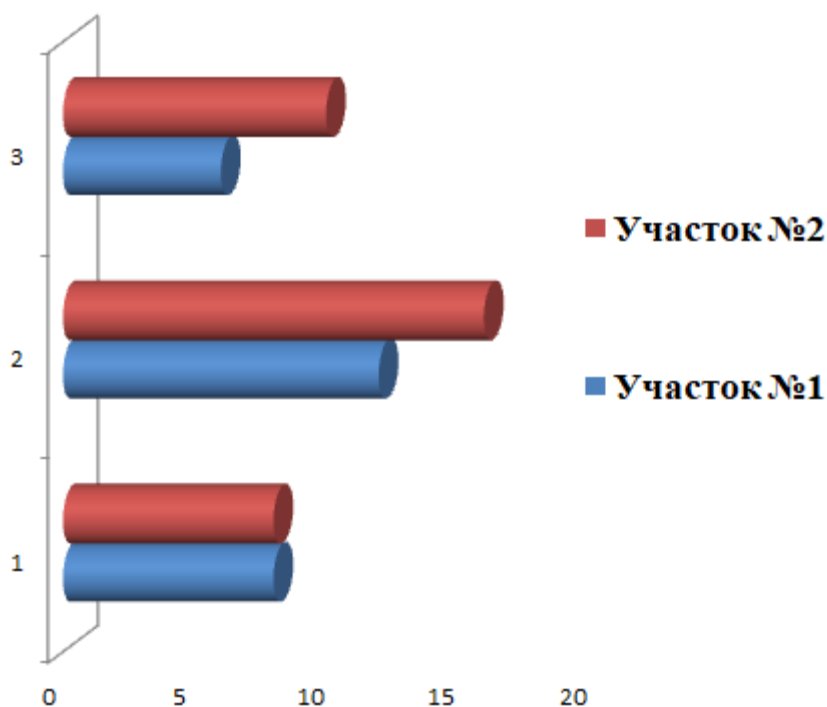


Диаграмма 3. Количественное изменение асимметричных форм рисунка переднеспинки клопа-солдатика

В ходе исследований выявлено, что динамика изменений количества асимметричных морф в популяциях клопов имела общую тенденцию. Так, весенние генерации клопов в 2-х популяциях имели по 16 % асимметричных морф рисунка переднеспинки от общей выборки. Во втором поколении количество асимметричных морф одновременно увеличилось до 24 % и 32 %, соответственно. В третьем поколении наблюдалось понижение количества указанных морф.

Суммарное количество асимметричных морф рисунка переднеспинки оказалось больше у клопов с участка № 2, который не обрабатывался химическими веществами. Вероятно, разнообразие асимметричного рисунка явилось следствием внезапно возникшего антропогенного воздействия.

Таким образом, предполагаем, что изменчивость морфологических признаков покровов клопа-солдатика имеет определенную динамику:

- большее разнообразие морф в первой весенней генерации и снижение показателя в последующих поколениях;
- больший размер меланистического пятна у весенней генерации и уменьшение меланизма в последующих поколениях;
- минимальное количество асимметричных морф в весенней генерации и варьирование показателя в последующих поколениях.

Различия между показателями изучаемых популяций связываем с антропогенным воздействием. Преобладание в совокупности асимметричных морф в популяции клопов отдела ботаники объясняем, как реакцию на возникшее хозяйственное воздействие, так как настоящему времени накоплено большее количество данных, внушительно доказывающих чувствительность значения флуктуирующей асимметрии к разным по происхождению антропогенным влияниям.

Выводы

1. В популяциях клопа-солдатика максимальное количество морф переднеспинки выделено в первом поколении. В динамике количество морф в популяциях постепенно снижалось с каждым поколением. Наибольшим разнообразием морф отличалась популяция обработанного участка.
2. У клопов с чистого участка во всех поколениях встречались особи с едва заметным рисунком, при этом меланизм в среднем в популяциях выражен в одинаковой степени. Для всех популяций характерна динамика уменьшения площади меланистического пятна в ряду поколений.
3. Одинаковое количество асимметричных морф переднеспинки клопов изучаемых популяций, присутствующее у первого поколения, у потомков распределялось неравномерно. В совокупности в популяции клопов с чистого участка больше асимметричных морф по сравнению с обработанной территорией.

Список литературы

1. Батлуцкая, И. В. Изменчивость меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия: Монография / И. В. Батлуцкая. – Белгород, 2003а. – 168 с.
2. Батлуцкая, И. В. Изменчивость элементов меланизированного рисунка покровов клопа-солдатика в оценке антропогенного воздействия / И. В. Батлуцкая // Известия Самарского научного центра РАН. – 2003б. – Т. 5, № 2. – С. 350–354.
3. Батлуцкая, И. В. Практикум по общей, физиологической и экологической генетике / И. В. Батлуцкая, Е. Н. Хорольская, В. А. Глотов. – Белгород: БелГУ, 2009. – 144 с.

4. Вилкова, Н. А. Изменчивость и адаптация насекомых-фитофагов в агробиоценозах в связи с иммуногенетическими свойствами растений / Н. А. Вилкова, Р. С. Фасулати // Труды Русского энтомологического общества. – СПб, 2001. – Т. 72. – С. 107-128.
5. Зелеев, Р. М. Оценка полиморфизма рисунка переднеспинки и надкрылий колорадского жука, *Leptinotarsa decemlineata*, в окрестностях Казани / Р. М. Зелеев // Зоол. журн., 2002. – Т. 81. – № 3. С. 316-322.
6. Зорина, А. А. Нормальная изменчивость флуктуирующей асимметрии животных и растений : автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / Зорина Анастасия Александровна; [Место защиты: Ин-т экологии Волжского бассейна Рос. акад. наук]. - Тольятти, 2009. - 19 с.
7. Ковалева, М. И. Экологическая генетика : учебно-методическое пособие / сост. М. И. Ковалева ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2015. – 52 с.
8. Короткова, А. А. Системные механизмы адаптации энтомокомплекса в урбанистических условиях. Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. д. биол. н. / А. А. Короткова. - Тула, 2004. - 39 с.
9. Леонтьев, В. В. Структурные изменения в популяциях бронзовки рябой (*Oxythyrea funesta* (Poda.)) в окрестностях крупного промышленного центра : диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / В. В. Леонтьев. – Казань, 2003. – 143 с.
10. Нефедьев, П. С. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика / П. С. Нефедьев, А. В. Зубченко // ActaBiologicaSibirica. – 2016. - № 2 (2). – С. 25-45.
11. Рогозин, М. Ю. Экологические последствия применения пестицидов в сельском хозяйстве / М. Ю. Рогозин, Е. А. Бекетова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 39-43. – URL: <https://moluch.ru/archive/211/51593/> (дата обращения: 16.08.2020).

- 12.Холодова, Ю. Г. Системные принципы оценки фенотипической изменчивости насекомых : автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 05.13.01 / Холодова Юлия Геннадиевна; [Место защиты: Тул. гос. ун-т]. - Тула, 2009. - 20 с.
- 13.Хорольская, Е. Н. Экологический анализ флуктуирующей асимметрии в изменчивости элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) в различных экосистемах: На примере Белгородской области: автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / Е. Н. Хорольская. – Саратов. гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов, 2006. – 22 с.
- 14.Damalas, C. A., Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators / C. A. Damalas, I. G. Eleftherohorinos // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2011, № 8 (12). – P.1402-1419. – [Electronic resource]. Access Mode: <http://www.mdpi.com/1660-4601/8/5/1402>.
- 15.Effects of Herbicides and Pesticides on Aquatic Life // Dr. Darrin Lew «Plant Adaptation». – 19 May 2018. – [Electronic resource]. Access Mode: <https://www.drdarrinlew.us/plant-adaptation/effects-of-herbicides-and-pesticides-on-aquatic-life.html>.
- 16.What Happens to Pesticides Released in the Environment? // National Pesticide Information Center – September 2017. – [Electronic resource]. Access Mode: <http://npic.orst.edu/envir/efate.html>.



Рисунок 1. Морфа П9. Сквер. F3



Рисунок 2. Морфа П8. Ботаника. F3

Асимметричные морфы переднеспинки клопа-солдатика



