Рис. 2. Пестики цветков яблони: а – неповрежденные (контроль); б – после искусственного промораживания ($t = -3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; 4 часа). Примечание. Для наглядности тычинки в цветке удалены.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований выявлен сравнительный потенциал устойчивости изучаемых сортов и форм яблони к низким критическим температурам в середине зимовки. Выделены генотипы с обратимыми повреждениями древесины до 2-х баллов: сорта Свежесть, Скала, гибриды 27-96(2) и 10-16. Не отмечено повреждений у видовой формы Якутская 1. Поздневесенние заморозки в -3°C вызывают гибель от 47 до 92% цветов у изучаемых генотипов. При заморозке $-1,5^{\circ}\text{C}$ степень повреждения цветов варьировала от 33 до 62%. Наиболее устойчивыми к данному фактору являются сорт Мелба, гибрид 10-16 и видовой форма Якутская 1. Данные генотипы могут быть использованы в селекционном процессе в качестве источников зимостойкости.

1. Васильев, И.М. Зимостойкость растений / И.М. Васильев. – М.: Изд-во АН СССР, 1991. – 191 с.
2. Красова, Н.Г. Влияние низких температур на некоторые физиолого-биохимические показатели сортов яблони различной зимостойкости / Н.Г. Красова, А.М. Галашева, Л.В. Голышкина, Т.В. Янчук // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – № 2. – С. 65-69.
3. Леонченко, В.Г. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов: методич. рекомендации / В.Г. Леонченко, Р.П. Евсеева, Е.В. Жбанова, Т.А. Черенкова. – Мичуринск-наукоград, 2007. – 70 с.
4. Тюрина, М.М. Научные основы селекции на зимостойкость // Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур: Материалы совещ. – М., 1993. – С. 17-29.

Романкина М.Ю.

Использование жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как индикаторов экологической устойчивости антропогенно-трансформированных территорий

*ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет
(Россия, Мичуринск)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-20

idsp: ljjournal-11-2020-20

Аннотация

В работе рассматриваются виды жужелиц – индикаторы экологической устойчивости антропогенно-трансформированных территорий Тамбовской области. Анализ индикационного значения с использованием структурных параметров жужелиц показал, что для биомониторинга состояния агроценозов в условиях антропогенной нагрузки необходимы использование наиболее индикативных характеристик. На уровне карабидокомплексов к ним в первую очередь относятся видовое разнообразие, структура доминирования, численность, состав размерных групп.

Ключевые слова: жуки-жуелицы, структурные параметры, экологическая устойчивость, антропогенно-трансформируемая территория.

Abstract

The paper examines the types of ground beetles - indicators of the environmental sustainability of anthropogenically transformed territories of the Tambov region. An analysis of the indicative value using the structural parameters of ground beetles showed that for biomonitoring the state of agrocenoses under anthropogenic load, it is necessary to use the most indicative characteristics. At the level of carabid complexes, they primarily include species diversity, dominance structure, abundance, and composition of size groups.

Key words: ground beetles, structural parameters, ecological stability, anthropogenically transformable territory.

Для оценки состояния природных и антропогенных ландшафтов используют биологические методы индикации, которые тонко фиксируют изменения в экосистемах. Изучение индикационной роли жужелиц в яблоневых садах разного типа позволит использовать её как показатель устойчивости экосистемы садов [1-3].

Работы проведены в 1989, 1991 – 1993, 1996 – 2015 гг. на территории совхоза имени И.В. Мичурина и опытно-производственного хозяйства Всероссийского научно-исследовательского института садоводства (ОПХ ВНИИГ и СПР) имени И.В. Мичурина.

Для сбора материала по жужелицам применялись ловушки Барбера. Всего за годы исследования в модельных садах отработано 14150 ловушко-суток и собрано 7782 экземпляра имаго жужелиц [1].

В работе рассматривается проблема биоиндикации антропогенных нарушений экосистем в яблоневых садах. Для биоиндикации использовались наиболее индикативные характеристики, в качестве которых предлагается рассматривать: показатели видового разнообразия, структуру доминирования, численности, состав размерных групп. Несмотря на перспективность экологического биомониторинга с использованием структурных характеристик жужелиц на различном уровне и накопленный материал, это направление разработано еще недостаточно и на практике существующие методы биоиндикации на основе этой группы насекомых применяются крайне редко.

В комплексе жужелиц модельных яблоневых садов Тамбовской области выявлено 52 вида из 26 родов. В обследованных нами яблоневых садах северной лесостепи зарегистрировано от 13 до 27 видов жужелиц. Население жужелиц в садах разного возраста и с различной степенью залужения различается по числу видов и численности (в единицах уловистости на 10 л-с). Наибольшее число видов жужелиц (по 27) зарегистрировано в двух молодых садах с несомкнутыми кронами, но с различным состоянием почвенного покрова (черный пар или залужение в рядах). Наименьшее число видов (15) наблюдалось в средневозрастном саду. Промежуточное положение по числу видов занимают старые сады. В трех старых садах с разной степенью залужения почвы (через междурядное залужение, залуженный в рядах и полностью залуженный) выявлено примерно одинаковое видовое разнообразие – 18, 20 и 19 соответственно. Наибольшая динамическая плотность жужелиц отмечена в молодых садах под черным паром на карликовых подвоях (22,0 экз. на 10 л.-с.) и залуженном в рядах (7,8 экз. на 10 л.-с.). Наименьшая зарегистрирована в средневозрастном саду – 2,2 экз. на 10 л.-с. В старых садах через междурядное залужение, залуженный в рядах и полностью залуженный динамическая плотность составила 7,4; 3,8; 5,9 экз. на 10 л.-с. соответственно.

Одним из наиболее распространенных способов оценки состояния окружающей среды, включающий показатель видового богатства (число видов), различные индексы видового разнообразия и модели распределения видового обилия [4-6]. В качестве

основных характеристик видового разнообразия жуужелиц для биоиндикации антропогенных нарушений ценозов в результате агротехнических мероприятий и химического воздействия на сады предлагается использовать видовое богатство (число видов) и индексы разнообразия Шеннона (H') и Менхиника (Dmn).

$$Dmn = S/N, \text{ где}$$

S – число выявленных видов в биотопе, N – общее число особей всех S видов.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i, \text{ где } p_i \text{ – доля особей } i \text{ вида.}$$

По степени антропогенного воздействия от старого яблоневого сада (25 лет) к средневозрастному (15 лет) видовое разнообразие жуужелиц снижается от 20 до 5, соответственно. Индекс Шеннона (H') – от 1,5 до 1,4, индекс Менхиника (Dmn) – от 0,79 до 0,41. Снижение видового разнообразия в средневозрастном саду по сравнению со старым садом связано с сильным антропогенным воздействием на сад.

В отличие от старого и средневозрастного садов с увеличением антропогенной нагрузки видовое разнообразие жуужелиц может возрастать в молодом саду (8 лет) за счет проникновения в яблоневый сад видов открытых пространств. Число видов в молодом саду – 27, индекс Шеннона (H') – 2,73, индекс Менхиника (Dmn) – 0,86.

Сравнение влияния антропогенного воздействия на уровень видового разнообразия (число видов) показывает, что в старом и средневозрастном садах показатель видового разнообразия и индекс Менхиника имеет более индикативное значение.

В качестве наиболее индикативных мер доминирования в яблоневых садах предлагается использовать показатель общего доминирования, число доминантов, индекс Бергера-Паркера (d).

$$d = N_{\max}/N, \text{ где}$$

$N_{\max}$ – число особей самого обильного вида в биотопе,

N – общее число особей всех видов в биотопе.

В степени антропогенного воздействия от старого сада к молодому в районе исследований показатель (сумма) общего доминирования снижается от 93,6% до 83,1%. В средневозрастном саду этот показатель составляет 96,0%.

Значение индекса доминирования Бергера-Паркера (d) снижается от старого и средневозрастного садов ($d=0,5$) к молодому саду ($d=0,4$). Число субдоминантных видов по степени антропогенного воздействия возрастает от 1 в средневозрастном саду до 3 в молодом саду. В старом саду субдоминанты отсутствуют.

Таким образом, сумма общего доминирования снижается по степени антропогенного воздействия от старого сада к молодому. Значение индекса Бергера-Паркера снижается от старого и средневозрастного сада к молодому. Число доминантных видов возрастает по степени антропогенного воздействия от старого сада к молодому. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в целом для биоиндикации степени антропогенного воздействия наибольшее значение имеют сумма общего доминирования и значение индекса Бергера-Паркера.

Показатель численности (уловистости) доминантных видов жуужелиц может использоваться энтомологами для оценки степени нарушенности экосистем. Этот параметр для некоторых видов жуужелиц в условиях антропогенного воздействия характеризуется более низкими показателями по сравнению с менее нарушенными системами.

По степени антропогенного воздействия от старого сада к молодому показатели уловистости доминантных видов *Pterostichus melanarius* (от 4,2% экз. на 10 л-с. до 1,5 экз. на 10 л-с) и *Poecilus versicolor* в средневозрастном саду (от 1,8% экз. на 10 л-с. до 0,1 экз. на 10 л-с) снижаются. Показатели уловистости *Poecilus versicolor* (от 0,1 в

старом саду до 4,2 экз. на 10 л-с в молодом) и *Clivina fossor* (от 0,03 экз. на 10 л-с до 0,6 экз. на 10 л-с) повышаются.

Общие показатели уловистости жужелиц по степени антропогенного воздействия возрастают от старого сада (3,8 экз. на 10 л-с.) к молодому (7,8 экз. на 10 л-с.). В средневозрастном саду он составил 4,2 экз. на 10 л-с. В целом уловистость доминантных видов жужелиц и общий показатель уловистости имеет индикативное значение. Использование параметра общей уловистости для оценки состояния ценозов определяется реакцией отдельных видов на различные формы антропогенного воздействия.

Для характеристики состава размерных групп населения жужелиц использовали классификацию [4] согласно которой выделено 4 размерных группы имаго. Эти группы экологически тесно связаны со структурой почвенно-растительного покрова.

К основным изменениям состава размерных групп карабидокомплексов по степени антропогенной нагрузки на ценозы относятся: снижение видового обилия видов крупного размера (18 – 34 мм) к старому саду и повышения обилия видов мелкого размера (5-9 мм) к молодому саду. В садах с менее развитой кроной деревьев сокращается обилие жужелиц крупного размера. Видовое обилие снижается от 25,0% до 7,4%. Численное обилие крупных жужелиц в садах существенно не изменяется.

По степени антропогенного воздействия от старого сада к молодому повышается видовое (от 35,0% до 51,8%) и численное (от 1,4% до 13,8%) обилие жужелиц мелких и очень мелких (2-5 мм) групп. Обилие жужелиц среднего размера (9 -18 мм) в яблоневых садах примерно (в старом: видовое – 40,0%, численное – 97,5%; средневозрастном: 80,0% и 99,3%; молодом: 40,7% и 85,7%).

Использование размерного критерия для биоиндикации степени антропогенного воздействия яблоневых садов требует более детальных исследований и осложняется разнокачественностью реакций отдельных видов жужелиц на антропогенный фактор. В целом виды крупного размера имеют наибольшее индикационное значение, что подтверждают исследования других авторов [1-3].

Таким образом, показатели видового разнообразия имеют индикационное значение и могут быть использованы в биомониторинге состояния разновозрастных яблоневых садов.

1. Шарова И.Х. Население жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в яблоневых садах и прилегающих агроландшафтах северной лесостепи России / И.Х. Шарова, М.Ю. Романкина // Монография. 2001. – 162 с.
2. Околелов А.Ю. Этапы антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов северной и типичной подзон лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины (на примере территории Тамбовской области) / А.Ю. Околелов, М.Ю. Романкина, Е.А. Сухарев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 6-2. С. 3208-3211.
3. Романкина М.Ю. Использование результатов экспериментальной работы по исследованию жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) при изучении экологических вопросов / М.Ю. Романкина // Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0. Материалы Международной научной школы, организованной при финансовой поддержке Администрации Тамбовской области. Под общей редакцией Е.С. Симбирских. 2017. С. 110-116.
4. Романкина М.Ю. Структура населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроценозов в центре европейской части России (на примере Тамбовской области) / М.Ю. Романкина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. Т. 15. № 5. С. 1563-1569.
5. Romankina, M.Y. Ecological and faunistic structure of ground beetle population (Coleoptera, carabidae) of forest belts in the tambov region (Russia) / Romankina, M.Y., Fedulova, Y.A. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019,9(1), с. 3848-3851
6. Щугорева М.С. Биоиндикация как один из методов контроля за качеством атмосферного воздуха / М.С. Щугорева, М.Ю. Романкина // Наука и Образование. 2020. Т.3. № 2. С. 295.