

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ СООБЩЕСТВА ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) В АГРОЦЕНОЗАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ¹

Максимович Кирилл Юрьевич

Аспирант, м.н.с., Новосибирский государственный
аграрный университет, г. Новосибирск
kiri-maksimovi@mail.ru

Федоров Дмитрий Сергеевич

Новосибирский государственный технический
университет, г. Новосибирск

POPULATION DYNAMICS ANALYSIS OF THE GROUND BEETLE COMMUNITY (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE AGRICULTURAL CROP AGROCENOSSES OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA²

**K. Maksimovich
D. Fedorov**

Summary. The article summarizes the results of a study to assess the influence of factors on the dynamic density of ground beetles (Carabidae, Coleoptera) in agrocenoses with low-intensity technology of crop cultivation and adjacent areas with natural vegetation. Materials on species composition and dynamic density of the beetle community on the area with spring wheat and corn crops in the forest-steppe zone of Western Siberia for 2019–2021 were used in this research. In order to solve the research tasks, the methods of data mining, such as nonparametric statistical methods and visualization methods, were applied. Methods of research were chosen due to the peculiarities of the structure and nature of the distribution of the initial data: nonconformity of the normal law distribution model; relatively small sample size; presence of both qualitative and quantitative factors; complex nonlinear correlations between the dynamic density of carabids, habitat conditions, and meteorological parameters. The analysis of community dynamics was carried out for 19 general and numerous species for all biotopes (mainly dominant and subdominant complex). In both crops agrocenoses the total dynamic density and number of species of the family Carabidae were found to increase from 2019 to 2021. On virgin areas with natural vegetation, the total dynamic density of beetles is at a lower level compared with agrocenoses. A meaningful correlation was discovered between parameters of dynamic density of ground beetles and distance from the fallow (1, 2, 3 years of the study). There was a statistically significant positive correlation between them (0.18 for the wheat crop and 0.19 for the corn crop). The Kruskal-Wallis test revealed statistically significant influence of the year of the study (crop position in the crop rotation and its distance from the fallow) and biotope (agrocenosis, virgin land) ($p < 0.05$) on the dynamic density of ground beetles. Under the

Аннотация. Представлены результаты исследования по оценке влияния факторов на динамическую плотность жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроценозов при малоинтенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур и прилегающих к ним участков с естественной растительностью. В работе использованы материалы по видовому составу и динамической плотности сообщества жуужелиц на участке с посевами яровой пшеницы и кукурузы в лесостепной зоне Западной Сибири за 2019–2021 гг. Для решения задач исследования применяли методы интеллектуального анализа данных, а именно — непараметрические статистические методы и методы визуализации. Выбор методов исследования обусловлен особенностями структуры и характера распределения исходных данных: несоответствие модели нормального закона распределения; сравнительно небольшой объем выборки; наличие как качественных, так и количественных факторов; сложные нелинейные корреляционные связи между динамической плотностью карабид, условиями обитания и метеорологическими параметрами. Анализ динамики сообщества проведен по 19 общим и многочисленным для всех биотопов видов (преимущественно доминантный и субдоминантный комплекс). Установлено, что в агроценозах обеих культур общая динамическая плотность и количество видов семейства Carabidae возрастает с 2019 по 2021 г. На целинных участках с естественной растительностью общая динамическая плотность жуужелиц находится на более низком уровне, по сравнению с агроценозами. Выявлена достоверная корреляция между показателями динамической плотности жуужелиц и отдалением от пара (1, 2, 3 годы исследования). Между ними выявлена статистически значимая положительная связь (0,18 для культуры пшеница и 0,19 для культуры кукуруза). В результате применения критерия Краскела-Уоллиса выявлено статистически значимое влияние года исследования (положение культуры в севообороте — ее отдаленность от пара) и биотопа (агроценоз, целина) ($p < 0,05$) на показатель динамической плотности жуужелиц. В условиях ведения севооборота сельскохозяйственных культур, увеличение динамической плотности жуужелиц может быть объяснено увеличением общей биомассы растительности на участке, в которой при отда-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–316–90035.

² The reported study was funded by RFBR in the framework of scientific project № 20–316–90035.

conditions of crop rotation, the increase in the dynamic density of ground beetles can be explained by the entrainment of the total biomass of vegetation on the area, in which at its distance from fallow (2–3 years), there is an increase in the weed component (mass growth of weeds) and insects (crop pests). All these factors favor the living conditions of ground beetles and influence their numbers in agrocenoses under low-intensive cultivation technology.

Keywords: Ground beetles, community dynamics, species diversity, population size, dynamic density, low-intensity cultivation technology.

Введение

Колебания численности популяций — одно из наиболее сложных явлений популяционной биологии, которое напрямую связано со сложностью описания объектов биологической природы и условиями неопределённости окружающей среды. Выявление и оценка факторов для понимания процессов динамики численности остается одной из основных проблем экологии [1,2]. Много внимания уделено влиянию климата на распространение насекомых [3]. Несмотря на это, почти отсутствуют материалы по влиянию абиотических и антропогенных факторов на динамику численности сообществ насекомых и других беспозвоночных [2]. Колебания численности беспозвоночных происходят везде, где условия агрометеорологического ресурса подвержены сезонной изменчивости. Влияние климатических факторов на беспозвоночных в подавляющем большинстве работ рассматривается на примере отдельных видов или групп [4,5]. Известно, что текущая численность популяций беспозвоночных определяется их численностью, количеством осадков и температурой в предыдущий сезон [4]. Необходимо заметить, что в большинстве своем эти исследования выполнены в экосистемах, не подверженных антропогенному воздействию. Для поиска закономерностей формирования агроэкосистем, а также оценки возможных рисков и угроз снижению биоразнообразия при возрастающем уровне антропогенного воздействия, часто осуществляется биологический мониторинг на основе численности и видового состава модельных групп беспозвоночных (например — жужелиц). Сообщество жужелиц в агроэкосистемах формируется в результате действия совокупности биотических, абиотических и антропогенных факторов [6–8]. В искусственно сформированных экологических условиях агроценозов, приспособленные виды жуков стали доминирующими по численности благодаря широкой экологической пластичности и приспособленности [9]. Под влиянием антропогенного воздействия у представителей почвенной мезофауны наблюдаются изменения численности,

лени от пара (на 2–3 годы), происходит увеличение сорного компонента (массовый рост сорняков) и насекомых (вредителей сельскохозяйственных культур). Все эти факторы способствуют формированию условий для жизни жужелиц и оказывают влияние на их численность в агроценозах при малоинтенсивной технологии возделывания.

Ключевые слова: жужелицы, динамика сообщества, видовое разнообразие, численность популяции, динамическая плотность, малоинтенсивная технология возделывания.

а определение и выделение ключевых факторов, сыгравших роль — формируется в конкретную научную задачу [9–12].

Многолетние исследования по оценке влияния факторов на динамическую плотность жужелиц освещаются в работах по влиянию метеоусловий и агротехнических приемов на популяцию Carabidae [13], рассмотрение влияния различных систем обработки почвы, внесения удобрений, органического земледелия [14–16], а также повышения интенсификации растениеводства [17–19]. На сегодняшний день отсутствуют репрезентативные количественные данные по сообществам жужелиц в агроценозах на территории Новосибирской области, которые были бы собраны в течение длительного периода в одном и том же месте. Именно сведения такого характера, полученные сопоставимыми методами, могут служить ключом к пониманию механизмов динамики численности сообществ. Становится актуальным накопление данных и проведение научных исследований по выявлению факторов, оказывающих влияние на динамическую плотность жужелиц в нарушенных хозяйственной деятельностью человека биотопах, ярким примером которых являются агроценозы. Изучение закономерностей формирования фаунистических комплексов агроценозов будет способствовать также выявлению условий, способствующих накоплению отдельных видов полезных насекомых и облегчит поиск путей увеличения их численности [20]. Таким образом, понимание закономерностей, лежащих в основе процессов изменения численности сообществ энтомофагов, позволит повысить эффективность применения биологических методов защиты растений, что является одним из ключевых вопросов, касающегося экологического управления агроэкосистемами.

Целью работы стало изучение динамики численности сообществ жужелиц в посевах яровой пшеницы, кукурузы при малоинтенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, а также смежных с ними участков с естественной растительностью.

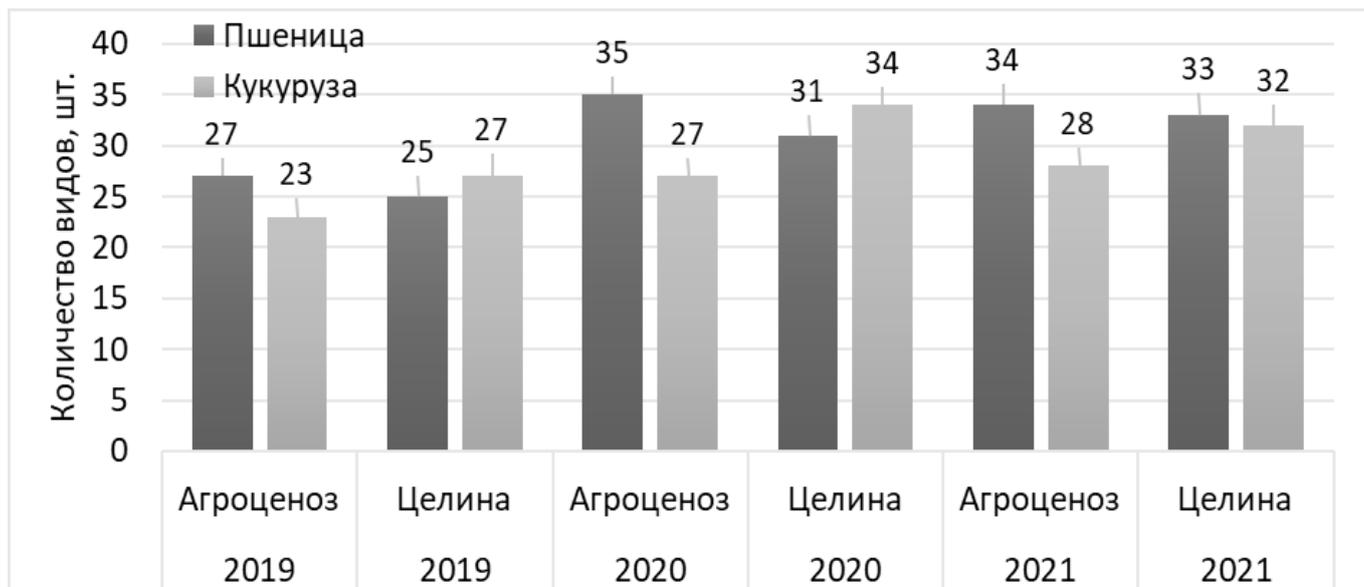


Рис. 1. Столбчатая диаграмма динамики количества видов семейства Carabidae, (в шт.)

Материалы и методы

В работе проанализированы материалы по видовому составу и динамической плотности сообщества жужелиц (Coleoptera, Carabidae) на посевах яровой пшеницы и кукурузы при умеренном уровне применения средств химизации (малоинтенсивная технология возделывания) в лесостепной зоне Западной Сибири за 2019–2021 гг. Рассмотрены 2 группы участков, находящихся в непосредственной близости друг с другом и имеющих ландшафтное сходство. Малоинтенсивная технология возделывания яровой пшеницы включала в себя применение стартовых доз удобрений и минимальное количество средств защиты растений (фунгициды, гербициды). Кукуруза возделывалась без применения средств защиты растений, с разовым внесением удобрений в 2018 г. (за год до наших исследований) на все участки, занятые под севооборот. Условия агрометеорологического ресурса вегетационных периодов 2019–2021 гг. различались по количеству осадков (82% в 2019 г., 106% в 2020 г., и 81% в 2021 г., % от нормы), тепла (сумма активных выше 5 °C температур воздуха составила 1997,55 °C в 2019 году, в 2020 г.— 2169,15 °C и 2021 г.— 2127,5°C) и характеру их распределения в течение сезона. Отлов имаго жужелиц в агроценозах проводили при помощи почвенных ловушек. Камеральная обработка собранного материала осуществлена в ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» и Института систематики и экологии животных СО РАН. Среднесезонную динамическую плотность имаго жужелиц рассчитывали, как количество экземпляров на 100 ловушко-суток (далее экз./100 л.с.). Для выявления доминантных видов (при оценке численного обилия фауны) в посевах яровой пшеницы и кукурузы

за разные годы, использовали общеевропейскую шкалу обилия Ренконена [21], видоизмененную под нашу выборку: более 5% — доминанты, 2–5% — субдоминанты и менее 2% — редкие и единичные виды [21]. Также в исследовании использовали агрометеорологические показатели, полученные АМС «Огурцово», в пригороде г. Новосибирска: сумму активных температур воздуха (CAT, $t > 5$ °C) с мая по сентябрь и сумму осадков (в мм) за этот же период. Выбор методов анализа данных выполнен с учетом характера распределения исходных данных, разнотипности исследуемых факторов и признаков, особенностей структуры взаимосвязей в исходных данных [22–24]. Для исследования структуры данных и обоснованного выбора методов исследования был проведен анализ характера распределения показателя динамической плотности сообщества жужелиц по всей выборке и по подвыборкам, сформированным при конкретном значении качественного фактора (тип растительности: пшеница, кукуруза, целинные участки с естественной растительностью), культура после пара (год соответствует отдалению по пшенице), CAT($t > 5$ °C), сумма осадков в мм и значения индекса вегетации NDVI). Для оценки влияния качественных факторов на динамическую плотность жужелиц использовали критерий Краскела-Уоллиса. Выбор критерия обусловлен характером распределения данных (принята гипотеза об отсутствии нормального распределения) и сравнительно небольшим объемом исходных данных. Для оценки связи между динамической плотностью и количественными показателями использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена [22]. Расчеты выполнялись средствами языка R в среде статистического анализа данных R-Studio [26].

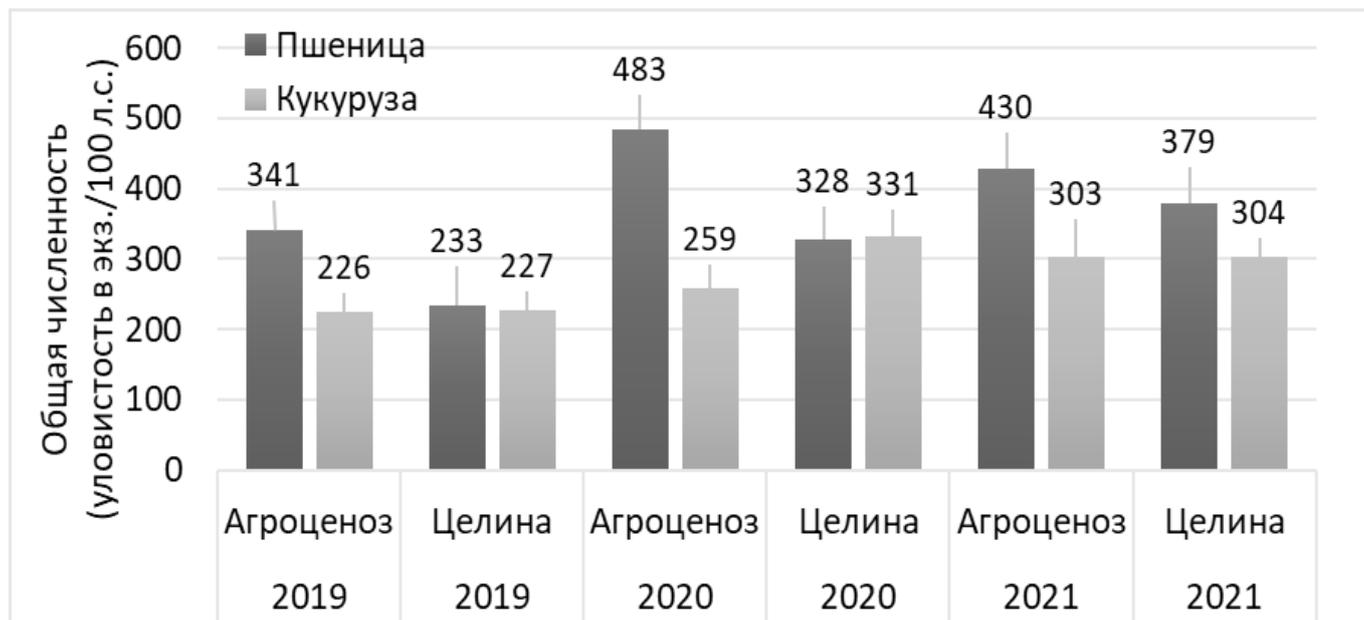


Рис. 2. Столбчатая диаграмма уловистости видов семейства Carabidae, (в экз./100 л.с.)

Результаты и обсуждение

Опираясь на литературные источники, вид сельскохозяйственной культуры и технология ее возделывания, объясняет особенности формирования условий для комплекса жуужелиц (видовой состав, динамическая плотность) и их распределение [2,10,16]. В проведенных исследованиях, оценка влияния фактора сельскохозяйственной культуры в пространственном распределении карабид, изучалась в посевах яровой пшеницы и кукурузы, где они возделывались при умеренном использовании средств химизации и сравнивались с сообществами жуужелиц на целинных участках, с естественной растительностью, вблизи посевных площадей.

Общее количество видов жуужелиц, отловленных в агроценозах яровой пшеницы, составило — 27 в 2019 г., 35 в 2020 г. и 34 в 2021 г. В посевах кукурузы, соответственно — 23, 27 и 28 (рис. 1). Число видов изменялось в зависимости от биотопа и года исследования.

Динамическая плотность видов сообществ менялась в зависимости от года наблюдений и достигала максимальных значений в посевах пшеницы в 2021 и 2022 годы (рис. 2). Самым малочисленным был 2019 год, где наблюдалась минимальная уловистость жуужелиц в посевах кукурузы — 226 экз./100 л.с. Во все года численность жуужелиц на посевах пшеницы была выше, чем на посевах кукурузы и целине.

В первый год исследования наибольшее число (22) общих видов жуужелиц было в агроценозах яровой пше-

ницы и целине (табл. 1). Стоит отметить повышение общих видов в следующих годах, достигая максимального значения — 30 общих видов в 2021 г. Численность общих видов выше между целинными участками и посевами пшеницы во все года.

Анализируя данные по видовому составу и численности сообществ жуужелиц, формирующихся под влиянием посевов сельскохозяйственных культур (микроклимат посевов, биомасса), были выделены общие, наиболее массовые виды (табл. 2), которые использованы как модельные при проведении статистического анализа данных.

Наиболее часто встречаемыми видами с высокой динамической плотностью для двух культур и целины оказались: *Harpalus rufipes*, *Dolichus halensis*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus fortipes*, *Harpalus calceatus* (табл. 2). В доминантный комплекс карабид агроценозов пропашных культур (посевы кукурузы) входили в разные годы так же — *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus niger*. Однако доля участия доминантов в сообществе жуужелиц изменялась в зависимости от года исследования и произрастающей культуры. Доминирование жуужелиц рода *Harpalus* и *Dolichus* в районе исследований типично для карабидофауны агроландшафтов лесостепной зоны [26,27]. В условиях лесостепной зоны на исследуемых участках наблюдался типичный для агроландшафтов этой зоны состав населения карабидофауны [27,28].

В таблице 3 представлены результаты расчёта основных статистических характеристик (минимальное, мак-

Таблица 1. Количество общих видов в посевах сельскохозяйственных культур

Биотоп	Год исследования	Яровая пшеница	Кукуруза	Целина пшеницы	Целина кукурузы
Яровая пшеница	2019	-	19	22	21
	2020	-	27	27	29
	2021	-	25	30	29
Кукуруза	2019	19	-	16	19
	2020	27	-	21	23
	2021	25	-	26	24
Целина пшеницы	2019	22	16	-	20
	2020	27	21	-	28
	2021	30	26	-	29
Целина кукурузы	2019	21	19	20	-
	2020	29	23	28	-
	2021	29	24	29	-

Таблица 2. Видовой состав жужелиц (общие, массовые виды), обитающих в посевах сельскохозяйственных культур (2019–2021 гг.)

Вид	Пшеница			Кукуруза		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
<i>Agonum gracilipes</i> (Duftschmid, 1812)	++	+++	++	++	+	++
<i>Amara apricaria</i> (Paykull, 1790)	++	++	++	+	+	++
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal, 1810)	++	++	+++	+++	+++	+++
<i>Amara eurynota</i> (Panzer, 1796)	+	+	++	+	++	++
<i>Bembidion properans</i> (Steph, 1828)	++	++	++	-	-	-
<i>Carabus regalis</i> (Fischer von Waldheim, 1820)	+	+	+	+	-	+
<i>Curtonotus aulicus</i> (Forsythe, 2000)	+	++	++	+	+	++
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller, 1783)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Harpalus calceatus</i> (Duftschmid, 1812)	+++	+++	++	++	++	++
<i>Harpalus griseus</i> (Panzer, 1797)	++	++	++	++	++	+
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Poecilus fortipes</i> (Chaudoir, 1850)	++	++	++	++	++	++
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1758)	-	++	+	+	-	++
<i>Poecilus punctulatus</i> (Schaller, 1783)	++	+	+	+	++	++
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	++	++	++	++	++	++
<i>Pterostichus magus</i> (Mannerheim, 1825)	++	+	+	++	++	++
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	-	+	+	++	++	+++
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	++	++	++	++	+++	++

- — отсутствует, + — редкий вид, ++ — субдоминантный, +++ — доминантный

Таблица 3. Основные статистические характеристики данных динамической плотности Carabidae, экз./100 л.с.

Фактор	Значение фактора	Статистические характеристики				
		Число наблюдений	Средне-квадратическое отклонение	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
Культура	Пшеница	114	15,42	0	16	71
	Кукуруза	114	11,21	0	12	50
Год	2019	76	12,97	0	12	58
	2020	76	14,67	0	15	71
	2021	76	12,89	0	15	60
Биотоп	Агроценозы	114	15,31	0	15	71
	Целина	114	11,49	0	13	50

Таблица 4. Результаты тестов Шапиро-Уилка и Лиллиефорса

Тест	Культура	Значение критерия	p-значение
Шапиро-Уилк	Пшеница	0,80074	3,955e-11
	Кукуруза	0,812	9,312e-11
Лиллиефорс	Пшеница	0,22117	4,984e-15
	Кукуруза	0,21299	7,016e-14

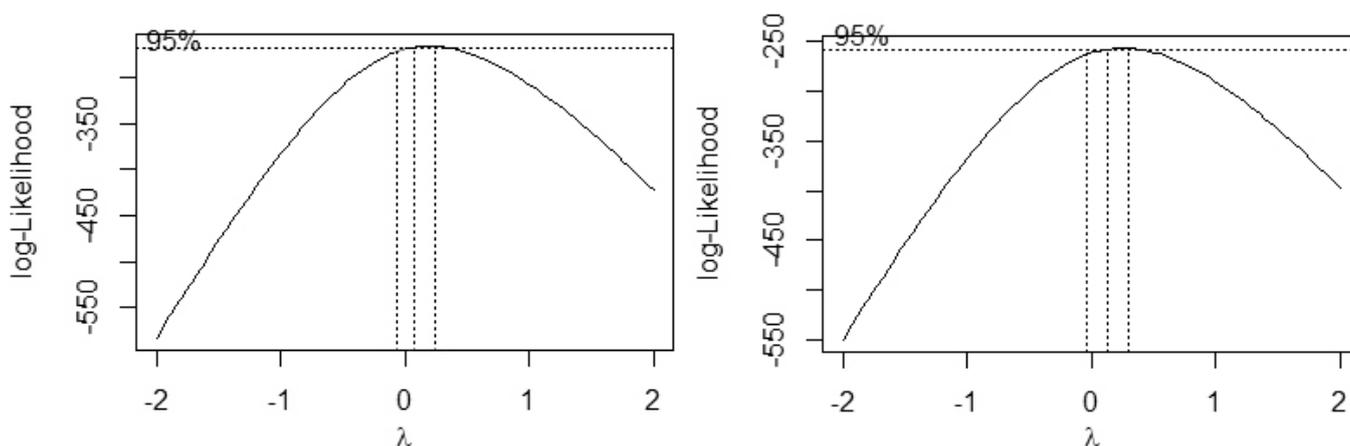


Рис. 3. Графики функции правдоподобия Бокса-Кокса

симальное, среднее значения, стандартное отклонение) данных динамической плотности Carabidae, экз./100 л.с. в зависимости от значений качественных факторов.

Для оценки нормальности распределения применяли тесты Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Принималась нулевая гипотеза о том, что анализируемая выборка

по уловистости происходит из генеральной совокупности, имеющей нормальное распределение. Результаты проведённых тестов представлены в таблице 4.

Гипотеза нормального закона распределения отвергается, так как для обеих выборок полученные значения $p < 0,05$.

Таблица 5. Результаты тестов Шапиро-Уилка и Лиллиефорса после преобразования

Тест	Культура	Значение критерия	p-значение
Шапиро-Уилк	Пшеница	0,96787	0,07645
	Кукуруза	0,96079	0,00505
Лиллиефорс	Пшеница	0,08746	0,03194
	Кукуруза	0,11586	0,07061

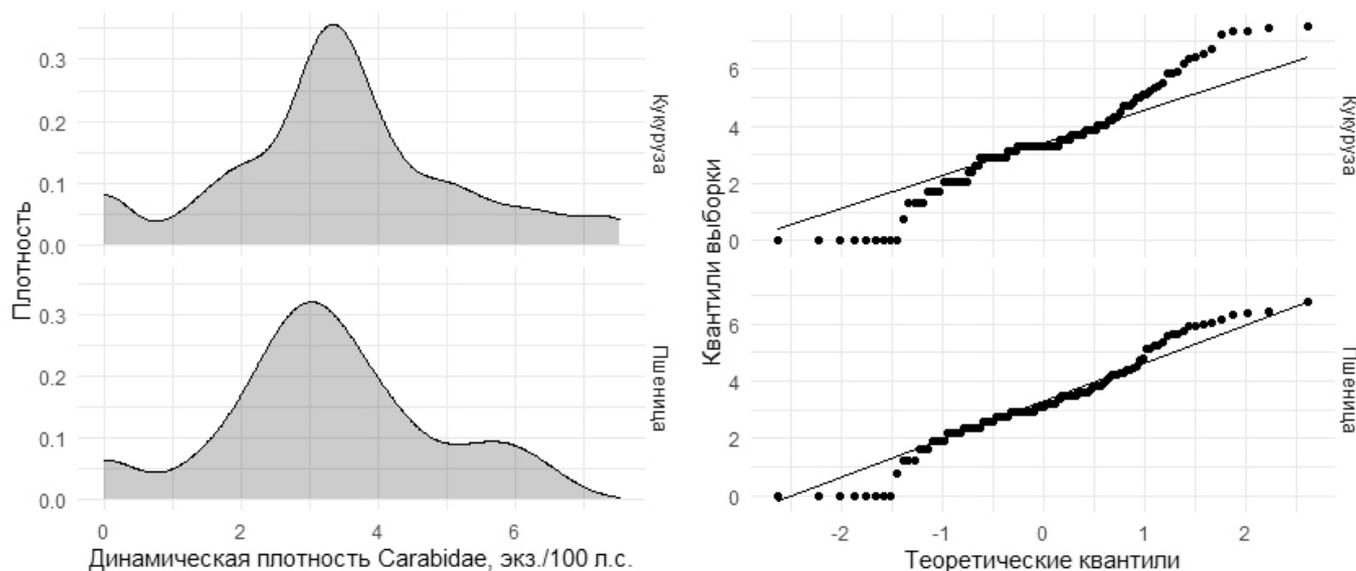


Рис. 4. Графики плотности распределения и квантилей после преобразования

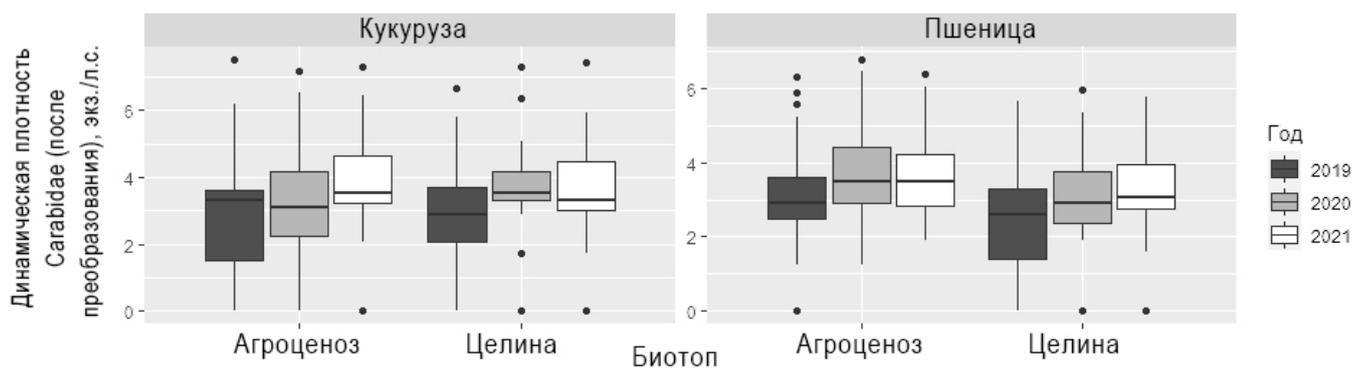


Рис. 5. Диаграмма размахов данных по динамической плотности Carabidae после преобразования

Над набором данных выполнено преобразование Бокса-Кокса, чтобы сделать его более однородным. Центральная пунктирная вертикальная линия (рис. 3) представляет собой оценочный параметр $\lambda=0,18$ для выборки по пшенице и $\lambda=0,26$ для выборки по кукурузе.

Поскольку оценочный параметр находится внутри доверительного интервала оптимального λ и близок

к 0, лучшим вариантом было применение логарифмического преобразования данных. Так как в наборе данных присутствовали нулевые значения, то применяли преобразование вида $\log(x+1)$.

После проведения преобразования, выполнили проверку исследуемых выборок по культурам на нормальность распределения (рисунок 4, таблица 5).

Таблица 6. Значения коэффициентов корреляции Спирмена

Фактор	Пшеница		Кукуруза	
	ρ	p-значение	ρ	p-значение
Год (отдаление)	0.18	0.05	0.19	0.04
NDVI	-0.02	0.87	0.15	0.12
CAT ($t > 5^\circ\text{C}$)	0.14	0.13	0.12	0.20
Сумма осадков, мм	-0.04	0.66	-0.07	0.46

Таблица 7. Значения критерия Краскела-Уоллиса

Фактор	Культура пшеница		Культура кукуруза	
	H	p-значение	H	p-значение
Год	4,25	0,0509	4,21	0,1218
Биотоп	3,10	0,5335	0,39	0,0098

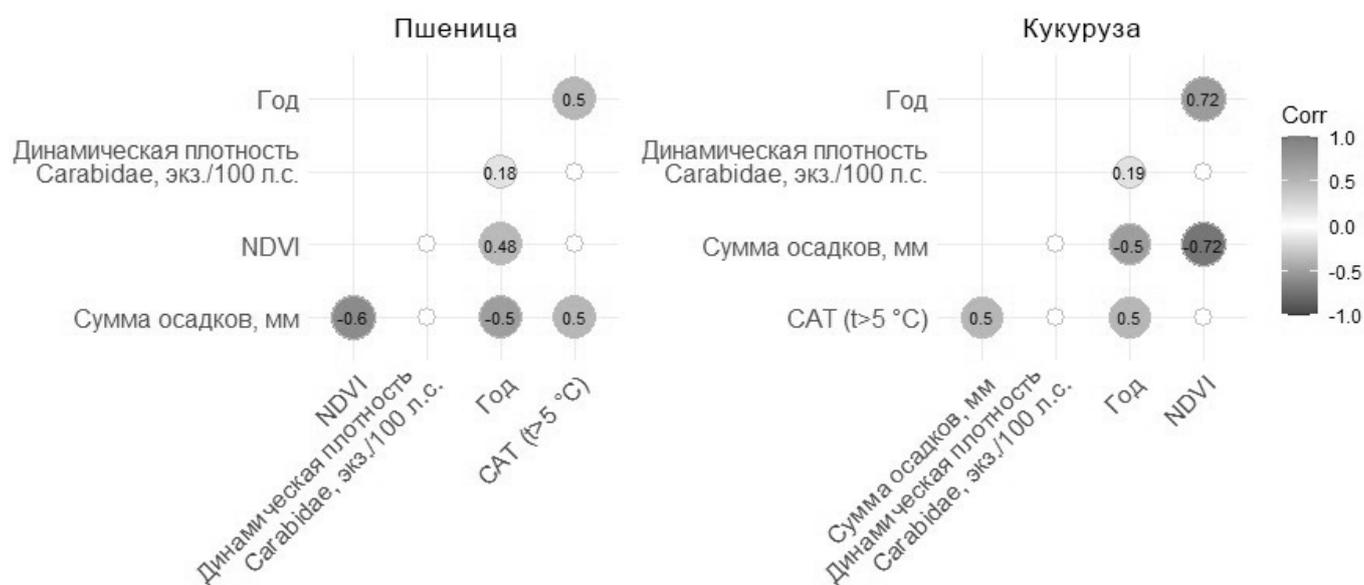


Рис. 6. Коррелограммы оценки влияния факторов на показатели динамической плотности видов Carabidae

Как заметно из графиков и полученных значений по результатам тестов, проведя преобразование вида $\log(x+1)$, удалось приблизить распределение исследуемых данных к нормальному.

В связи с преобразованием распределения значений, размах значений и количество выбросов сократились, что заметно по диаграмме размахов (рис. 5).

Для исследования связи между показателями динамической плотности видов Carabidae и метеорологическими показателями (CAT ($t > 5^\circ\text{C}$), сумма осадков, мм), а также с индексом вегетации (биомассы) и отдалением от пара (2019, 2020 и 2021 гг.), использовали ранговый коэффициент

корреляции Спирмена, который не требует выполнения условия нормального распределения исходных данных и может быть использован в данном исследовании для получения корректных выводов о наличии и силе связи между исследуемыми количественными показателями. В таблице 6 приведены результаты расчета коэффициента корреляции Спирмена и оценка его статистической значимости для двух подвыборок данных.

Анализ результатов расчета коэффициента корреляции Спирмена (табл. 6) и коррелограмм (рис. 6) позволяет сделать вывод о наличии слабой корреляционной связи между показателями динамической плотности жужелиц (экз./100 л.с.) и отдалением от пара (1, 2, 3 года

исследования). Между ними выявлена статистически значимая положительная связь (0,18 для культуры пшеница и 0,19 для культуры кукуруза). Для оценки вклада качественных факторов в показатели динамической плотности Carabidae был использован критерий Краскела-Уоллиса.

В результате применения критерия Краскела-Уоллиса (табл. 7) выявлено влияние (статистически значимое на уровне 0,05) года исследования (положения культуры в севооборот — отдаленность от пара) на показатель динамической плотности жужелиц в пшенице, а также характера биотопа (агроценоз, целина) на показатель динамической плотности жужелиц в кукурузе. Статистически значимая связь между динамической плотностью и характером биотопа (посевы кукурузы), подтверждают предположение о том, что вид сельскохозяйственной культуры и технология ее возделывания (система обработки почвы и средства химизации) обуславливают особенности формирования комплекса жужелиц (видовой состав, динамическая плотность) и их распределение в пространстве [6,9,10].

Полученные результаты могут также свидетельствовать как об отсутствии сильно выраженных корреляций между остальными, исследуемыми факторами (NDVI, CAT ($t > 5$ °C), сумма осадков, мм), так и о более сложном нелинейном характере их связи.

Заключение

Наши данные показывают, что видовое богатство и численность жужелиц в посевах обеих культур воз-

растает с 2019 по 2021 г. На целинных участках с естественной растительностью общая динамическая плотность жужелиц находится на более низком уровне, чем в агроценозах. Выявлена слабая корреляционная связь между показателями динамической плотности жужелиц (экз./100 л.с.) и отдалением от пара (1, 2, 3 года исследования). Между ними выявлена статистически значимая положительная связь (0,18 для культуры пшеница и 0,19 для культуры кукуруза) при уровне значимости 0,05. В результате применения критерия Краскела-Уоллиса выявлено влияние (статистически значимое на уровне 0,05) года исследования (положения культуры в севооборот 1, 2, 3 — отдаление пара) на изменение динамической плотности жужелиц в пшенице, а также характера биотопа (агроценоз, целина) на показатель динамической плотности жужелиц в кукурузе. В условиях ведения севооборота сельскохозяйственных культур, это может быть объяснено увлечением общей биомассы растительности, в которой при отдалении от пара (на 2–3 годы), происходит увеличение сорного компонента (массовый рост сорняков) и численности насекомых — фитофагов (в том числе вредителей сельскохозяйственных культур). Поля с посевами пшеницы в севообороте являются бессменными, что может усиливать эффект накопления сорняков и вредителей на 3 год. Учитывая сменяемость полей с посевами кукурузы, но включенных в единый севооборот, в них происходят те же самые процессы. Необходимо так же отметить особенность технологии возделывания кукурузы — многократная культивация верхнего слоя почвы. Все эти факторы способствуют формированию условий для жизни жужелиц и оказывают влияние на их численность в агроценозах при малоинтенсивной технологии возделывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 2. М.: Мир. 477 с. — 1989.
2. Фролов А.Н. Динамика численности и прогноз массовых размножений вредных насекомых: исторический экскурс и пути развития. Аналитический обзор // Вестник защиты растений. — 2017. — № 4 (94). — С. 5–21.
3. Ясюкевич В.В., Давидович Е.А. Влияние наблюдаемого и ожидаемого изменения климата на распространение насекомых // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. — 2010. — Т. 23. — С. 315–332.
4. Богачева И.А. Исследование влияния различных факторов на динамику численности растительноядных насекомых Субарктики // Регуляция численности и плотности популяций животных Субарктики. — 1986. — С. 10–25.
5. Timms B.V. Influence of climatic gradients on metacommunities of aquatic invertebrates on granite outcrops in southern Western Australia // Journal of the Royal Society of Western Australia. — 2012. — Т. 95. — С. 125.
6. Бутовский Р.О. Распределение жизненных форм имаго жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в придорожных агроценозах // Экология. — 1991. — № 4. — С. 28–34.
7. Григорьева Т.Г. Возникновение процессов саморегуляции в агробиоценозе при длительной монокультуре // Энтомологическое обозрение. — 1970. — Т. XLIX, вып. 1. — С. 10–22.
8. Григорьева Т.Г., Жаворонкова Т.Н. Роль антропогенных и природных факторов в формировании трофической структуры пшеничного агробиоценоза // Энтомологическое обозрение. — 1973. — Т. LII, вып. 3. — С. 489–507.
9. Душенков В.М. Сезонная динамика активности жужелиц в агроценозах // Фауна и экология беспозвоночных животных. М., 1984. С. 69–76. Гусева О.Г., Коваль А.Г. Особенности комплексов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах Ленинградской области с различными почвенными условиями // Вестник защиты растений. — 2008. — № 4. — С. 3–11.

10. Сумароков А.М. Видовой состав и трофическая структура фауны жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) агробиоценозов Степи Украины //Известия Харьковского энтомологического общества. — 2003. — № . 11, Вып. 1–2. — С. 188–193–188–193.
11. Хомицкий Е.Е. Динамика комплекса хищных жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах Краснодарского края //Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2017. — С. 398–399.
12. Будянский А.В., Кругликов М.Г., Цибулин В.Г. Численное исследование сосуществования популяций в одной экологической нише //Advanced Engineering Research. — 2014. — Т. 14. — № . 2 (77). — С. 28–35.
13. Каплин В.Г. Влияние метеословий и агротехнических приемов на динамику численности имаго жуужелицы *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera, Carabidae) в посевах яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2017. — № . 2. — С. 18–24.
14. Воронин А.Н., Фролова А.С. Влияние различных систем обработки и удобрений на численность макрофауны почвы //Ресурсосберегающие технологии в земледелии. — 2019. — С. 24–27.
15. Хомицкий Е.Е., Замотайлов А.С., Белый А.И. Опосредованное влияние органических удобрений на привлечение жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в условиях предгорной зоны Краснодарского края //Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2016. — С. 246–247.
16. Бабенко А.С. и др. Закономерности распределения хищных жесткокрылых энтомофагов (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) в экотонах полевых агроценозов. — 2005.
17. Власенко Н.Г., Иванов Е.А. Жуужелицы-индикаторы уровней применения средств химизации в посевах озимой ржи и яровой пшеницы //Агро XXI. — 2007. — № . 1–3. — С. 16–17.
18. Critchley B.R. Field investigations on the effects of an organophosphorus pesticide, thionazin, on predacious Carabidae (Coleoptera) //Bulletin of Entomological Research. — 1972. — Т. 62. — № . 2. — С. 327–342.
19. Труфанов А.М. Динамика изменения численности педобионтов при агротехническом воздействии различной интенсивности //Известия Горского государственного аграрного университета. — 2019. — Т. 56. — № . 2. — С. 54–61.
20. Лынов А.В. Пути повышения численности неспециализированных энтомофагов в агробиоценозах / А.В. Лынов // Вестник защиты растений С. Пб. — Пушкин. — 2007. — 3. — С. 73.
21. Renkonen O. Dis Carabiden — und straphiliniden — Bestande eines Seeufers in S-W Finnland // Ann. Entomol. Fenn. 1944. Bd. 9. № 10.S. 23–31.
22. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 287 с. 3
23. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор) //Теоретическая и прикладная экология. — 2019. — № . 1. — С. 5–11.
24. Kruskal W.H., Wallis W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. // Journal of the American Statistical Association. — 1952. —V. 47. — № 260. — P. 583–621.
25. Team R.C.R: A language and environment for statistical computing. — 2013.
26. Шарова И.Х., Душенков В.М. Зональные закономерности смены жизненных форм жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах //Экология жизненных форм почвенных и наземных членистоногих. — 1986. — С. 32–38.
27. Любечанский И.И. Население жуков-жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) типичных биотопов южной лесостепи Западной Сибири //Евразийский энтомологический журнал. — 2009. — Т. 8. — № . 3. — С. 315–318.
28. Дудко Р.Ю., Любечанский И.И. 2002. Фауна и зоогеографическая характеристика жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) Новосибирской области // Евразийский энтомологический журнал. Т. 1. No.1. С. 30–45.

© Максимович Кирилл Юрьевич (kiri-maksimovi@mail.ru), Федоров Дмитрий Сергеевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»