

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 631.9:633:632.937.12:632.937.23

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-95-6-103-109

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ НА ПОПУЛЯЦИИ ОСНОВНЫХ ЭНТОМОФАГОВ (ОБЗОР)

И. В. Балахнина, научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

А. В. Пономарев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, ponomarev@fncbzh.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;

О. Ю. Кремнева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, kremenoks@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0982-6821;

А. Ю. Нестерова, научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, sobina.a.u.c@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9965-4842;

Д. О. Лептягин, младший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, techeas@mail.ru, ORCID ID: 0009-0005-0321-1537;

Е. Г. Снесарева, младший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, greas23@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4617-3604

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологической защиты растений»,
350000, Россия, Краснодарский кр., г. Краснодар, п/о 39; e-mail: info@fncbzh.ru

Проведен анализ литературных данных по оценке влияния севооборотов на защиту зерновых и других сельскохозяйственных культур от комплекса доминантных вредителей с применением элементов ландшафтного конструирования. Сохранение биоразнообразия и активизация природных энтомофагов с увеличением их эффективности способствует стабилизации агроэкосистем. Установлено положительное влияние на продолжительность жизни и численность естественных врагов фитофагов при использовании посевов нектароносов и других приемов, в результате которых возможно сокращение обработок с применением химических пестицидов вплоть до полной их отмены без потери урожайности и качества продукции. Выяснено значение севооборотов в целях создания убежища для природных энтомофагов. Правильное планирование севооборотов относится к методам манипулирования средой обитания и может существенно увеличить эффективность энтомофагов для борьбы с вредителями, что особенно важно для органического земледелия. Научно обоснованный севооборот с включением различных приемов (посевы сортосмесей, нектароносов, краевых ловчих культур и др.) способствует стабилизации экологического состояния агроэкосистем, повышает уровень рентабельности агропроизводства и безопасности природной среды. Данная статья может представлять наибольший интерес для владельцев фермерских хозяйств и крупных товаропроизводителей.

Ключевые слова: агроэкосистема, зерновые культуры, севооборот, энтомофаг, фитофаг, предшественник.

Для цитирования: Балахнина И. В., Пономарев А. В., Кремнева О. Ю., Нестерова А. Ю., Лептягин Д. О., Снесарева Е. Г. Влияние севооборотов на развитие энтомофагов (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 6. С. 103–109. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-95-6-103-109.



THE EFFECT OF CROP ROTATION ON POPULATIONS OF MAJOR ENTOMOPHAGES (REVIEW)

I. V. Balakhnina, researcher, laboratories phytosanitary monitoring of agroecosystems, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

A. V. Ponomarev, PhD, Senior researcher, laboratories phytosanitary monitoring of agroecosystems, ponomarev@fncbzh.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;

O. Yu. Kremneva, PhD, Senior researcher, Head laboratory of phytosanitary monitoring of agroecosystems, kremenoks@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0982-6821;

A. Yu. Nesterova, researcher, laboratories phytosanitary monitoring of agroecosystems, sobina.a.u.c@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9965-4842;

D. O. Leptyagin, junior researcher, laboratories phytosanitary monitoring of agroecosystems, techeas@mail.ru, ORCID ID: 0009-0005-0321-1537;

E. G. Snesareva, junior researcher, laboratories phytosanitary monitoring of agroecosystems, greas23@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4617-3604

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP),
350000, Krasnodar, p/of. 39; e-mail: info@fncbzh.ru

The analysis of the literature data on the assessment of the impact of crop rotations on the protection of cereals and other crops from a complex of dominant pests using elements of landscape design is carried out. The conservation of biodiversity and the activation of natural entomophages with an increase in their efficiency

contributes to the stabilization of agroecosystems. There has been established a positive effect on the life expectancy and number of natural enemies of phytophages when using nectar crops and other methods, which make it possible to reduce chemical pesticide treatments up to their complete abolition without loss of productivity and product quality. There has been clarified the importance of crop rotations in creating a refuge for natural entomophages. Proper planning of crop rotations refers to methods of manipulating the habitat and can significantly increase the efficiency of entomophages in pest control, which is especially important for organic farming. Scientifically substantiated crop rotation with the inclusion of various methods (sowing of variety mixtures, nectar-bearing crops, marginal trapping crops, etc.) contributes to the stabilization of the ecological state of agroecosystems, increases the level of profitability of agricultural production and safety of the natural environment. The current paper may be of greatest interest to farmers and large commodity producers.

Keywords: *agroecosystem, grain crops, crop rotation, entomophage, phytophage, forecrop.*

Введение. Основной проблемой мирового сельского хозяйства является ограниченное выращивание числа различных культур, комплексное нарушение структуры почвы и бесконтрольное использование пестицидов в системах растениеводства, что в конечном итоге негативно влияет на биоразнообразие и стабилизацию агроэкосистем в целом (Yang et al., 2022).

В Российской Федерации ведущей продовольственной культурой является пшеница, ежегодно возделываемая на значительных площадях – до 34 % пахотных земель. Качество зерна культуры и ее урожайность сильно зависят от деятельности вредных фитофагов. В регулировании численности вредителей на пшенице значительную роль играют их естественные враги, активизация и увеличение численности которых могут способствовать сокращению химических обработок вплоть до их отмены без потери качества урожая. При этом вопросы, связанные с изучением естественной биоценотической регуляции и воспроизводства полезных членистоногих, еще недостаточно изучены, особенно для органического земледелия, как в России, так и в других странах (Пушня и др., 2020).

Известно положительное влияние разнообразия растений на динамику популяций насекомых и полезных организмов. Методы конструирования среды обитания, такие как совмещение культур, посев нектароносов и другие приемы, могут значительно улучшить борьбу с вредителями, и наоборот, крупномасштабные монокультуры в сельском хозяйстве способствуют распространению и увеличению вредоносности насекомых-вредителей (He et al., 2019). Анализ литературных данных о влиянии различных факторов на численность и вредоносность фитофагов показал, что научно обоснованный севооборот с включением посевов сортосмесей, краевых ловчих или медоносных культур, а также правильное использование удобрений и направленных приемов на улучшение здоровья почвы и растений позволяют стабилизировать экологическое состояние агроэкосистем, повысить безопасность окружающей природной среды и уровень рентабельности агропроизводства (Пушня и др., 2023). Отмечается, что в монокультурных ландшафтах нет источников пищи и укрытий, необходимых для выживания естественных врагов, что сказывается на их эффективности и малочисленности. Наличие видового разнообразия

растений способствует активизации энтомофагов как естественного ресурса защиты растений, что позволяет уменьшать пестицидную нагрузку в агроценозе (Qian et al., 2021). Научно обоснованное конструирование среды обитания способствует привлечению и удержанию естественных врагов за счет увеличения плодovitости самок и срока жизни. Если использовать в агроценозах только расширение видов растительного сообщества, то может быть увеличена численность некоторых обычных видов природных врагов, однако видовое богатство и эффективность энтомофагов часто определяются составом ландшафта в целом. Промежуточный посев может создать благоприятный микроклимат для увеличения активности хищников и паразитоидов, препятствуя выживанию вредителей (Hussain et al, 2021).

Целью настоящего исследования являлся анализ литературных данных об использовании преимуществ севооборотов, их типов, конструирования агроландшафтов и других приемов для сохранения и активизации энтомофагов, регулирующих численность доминантных вредителей сельскохозяйственных культур, как в России, так и в других странах. Использование различных возможностей обогащения агроландшафтов позволяет сократить пестицидную нагрузку для защиты урожая от вредителей и получить качественную продукцию за счет биоценотического регулирования численности фитофагов.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время одной из важнейших хозяйственных, природоохранных и социальных проблем является использование природных резервов агроценозов для регулирования численности вредителей, что способствует уменьшению применения инсектицидов без потери урожая. Особенно это важно в условиях органического земледелия, где запрещается применение химических средств защиты растений. Для повышения эффективности природных энтомофагов необходимо учитывать много факторов, оказывающих влияние на изменение состава и структуры энтомокомплексов. Одними из важнейших являются состав культур, степень антропогенного воздействия на агроценозы. Наличие в севообороте зерновых культур многолетних трав приводит к формированию полидоминантного энтомокомплекса, оптимизации соотношения численности фито- и энтомофагов за счет активных миграций. При выращивании зерновых культур с че-

редованием посевов многолетних трав также повышается относительная численность и активизация хищников, обитающих в напочвенном ярусе агроценозов, среди которых доминируют представители семейства жужелиц (Carabidae). Кроме многолетних трав, в результате проведенных исследований выявлен ряд растений, способных поддерживать высокую численность хищников и паразитоидов и которые рекомендуется высевать для повышения эффективности защиты растений вместе с возделываемыми культурами. К таким культурам относятся гречиха, рапс, люцерна, эспарцет, клевер и др.; в полезащитных лесах желательны высаживать медоносные многолетние растения (черемуху, липу, клен, рябину, боярышник и др.); оставлять полосы при скашивании многолетних трав; использовать пищевые аттрактанты для привлечения энтомофагов; проводить селективную пестицидную обработку с учетом соотношения численности фитофагов и энтомофагов. В лесостепной зоне Поволжья наиболее перспективны севообороты с многолетними травами, позволяющие получить кормовые ресурсы и обеспечивающие восстановление плодородия почвы. В структуре посевных площадей хозяйств Поволжья рекомендуется увеличить долю паров и паровых земель с сидеральными удобрениями (не менее 60 % посевных площадей с озимыми зерновыми культурами), увеличить площади многолетних бобовых трав и зернобобовых смесей до 25 % пашни, а также смешанных и промежуточных культур (Toigildin et al., 2020).

В последнее время в агроландшафтах широко изучалось косвенное влияние полустественных местообитаний на подавление вредителей, однако роль разнообразия сельскохозяйственных культур в подавлении вредителей хищниками в литературе встречается редко, особенно с использованием молекулярного анализа содержимого кишечника (MGCA). Кроме того, мало внимания уделялось различиям между влиянием сложности ландшафта на регулирование численности вредителей в начале и конце вегетативного сезона. В течение 2014 и 2015 годов исследовалось влияние сложности сельскохозяйственного ландшафта и разнообразия сельскохозяйственных культур на хищников злакового листоеда (пьявица, *Oulema melanopus*) в начале сезона с использованием контрольных карт яиц и в конце сезона путем оценки хищничества личинок с использованием MGCA. Поедание яиц пьявицы в начале сезона и численность *Nabis americanoferus* в конце сезона, и кокцинеллиды на пшеничных полях положительно коррелировали с количеством лесных местообитаний в этих ландшафтах. Анализ полученных данных показал, что разнообразие культур отрицательно ассоциировалось с частотой хищничества личинок в конце сезона и обилием *N. americanoferus*. Разнообразие хищников и обилие личинок божьих коровок имели отрицательную связь с численностью пьявицы, что подчеркивает

значительный вклад некоторых универсальных хищников в подавление этого фитофага. Результаты показали, что доля лесополос и нескольких основных сельскохозяйственных культур (например, рапса и незерновых культур), а не разнообразие сельскохозяйственных культур, связаны с более высоким уровнем хищничества в различных временных масштабах. В целом полученные данные показали, что стратегия управления средой обитания может быть реализована для корректировки севооборота при добавлении в ландшафт определенных видов разнообразных культур, обеспечивающих поддержку естественного контроля над пьявицей (Kheirodin et al., 2022).

Вопросы управления средой обитания как альтернативы снижению использования пестицидов в сельскохозяйственных экосистемах для регуляции численности вредных фитофагов в настоящее время являются актуальными. Зарубежными учеными проведен обзор литературы по нескольким исследовательским работам, связанным с этой темой, который показал, что эти методы дали более положительные результаты для популяций естественных врагов, чем для подавления вредителей. Успех управления средой обитания с целью снижения численности вредителей зависит главным образом от выбора некультурных видов растений в масштабе посевного поля, сложности ландшафта и целевых видов естественных врагов. Но среди этих факторов наиболее важным аспектом является сложность ландшафта окружающей полустественной среды обитания, поскольку она может определять обилие естественных врагов в полевых условиях. Принятие мер по управлению средой обитания не получило широкого одобрения среди фермеров, и необходимы дополнительные исследования, чтобы показать им преимущества этих методов (Gómez-Cabezas et al., 2022).

Для оценки влияния разнообразия сельскохозяйственных культур на стабильность агроэкосистем были собраны результаты анализа 95 литературных источников, объединяющих 5156 экспериментов, проведенных за 84 экспериментальных года и представляющих более 54500 парных наблюдений с 120 видами сельскохозяйственных культур в 85 странах. Это позволило сделать вывод, что расширение видов растений в агроэкосистемах увеличивает не только производство сельскохозяйственных культур (средний эффект +14 %), но и связанное с этим биоразнообразие (+24 %, то есть биоразнообразие некультивируемых растений и животных), а также несколько процентов других экосистемных услуг, включая качество воды (+51 %), борьбу с вредителями и болезнями (+63 %) и плодородие почвы (+11 %). Однако наблюдались существенные различия в результатах для каждой отдельной экосистемной услуги между различными стратегиями, такими как агролесоводство, совмещение культур, покровные культуры, севооборот или смешение сортов. Увеличение разнообра-

зия видов или сортов возделываемых культур в агроэкосистемах представляет собой очень многообещающую стратегию более устойчивого управления земельными ресурсами, способствуя повышению урожайности, расширению биоразнообразия и экосистемных услуг, хотя эффективность их может быть различной (Beillouin et al., 2021). Например, использование аборигенных нектароносов, посеянных полосами на полях, может привлекать и поддерживать энтомофагов для биологической борьбы с насекомыми-вредителями в агроэкосистемах.

Существует множество способов составления цветочных смесей для привлечения и поддержания эффективности естественных врагов, посещающих цветы. Было проведено множество экспериментов в различных условиях с цветущими растениями, чтобы выбрать наиболее привлекательные из них. Использование цветущих смесей позволяло увеличить численность некоторых естественных врагов, например, журчалок (Diptera: Syrphidae), при этом не удавалось одновременно увеличить разнообразие хищников и паразитоидов. Лучшее понимание взаимодействия нектароноса и энтомофага стало возможным благодаря изучению влияния функциональных признаков цветка на поведение насекомых. Анализ показал, что разнообразие смесей нектароносов привлекает различные виды естественных врагов и также поддерживает их большую численность (Hatt et al., 2020).

Нектар может увеличивать продолжительность жизни и плодовитость многих видов имаго паразитоидов (природных врагов вредных фитофагов, регулирующих их численность и вредоносность), а, следовательно, повысить их эффективность, что важно для биологического контроля. Он может стать кормовой базой во время нахождения энтомофагов на участке с защищаемой культурой. Кроме обычного нектара, получаемого из цветов, существует более доступный для насекомых экстрафлоральный – выделяющийся из нектарных желез, находящихся за пределами цветка – на цветоножках, прилистниках, стеблях, листьях. Проводилось исследование, в котором паразиты тлей *Diaeretiella rapae* были выпущены на исследуемые участки с капустой (*Brassica napus* L.). Варианты опыта были заселены тлями *Brevicoryne brassicae* L. и *Vicia faba* L. и отличались посадками растений с экстрафлоральным нектаром (ЭФН) или без него. На участках с ЭФН наблюдалось больше паразитоидов, чем на участках без него. Эта численность может быть связана с более высокой привлекательностью комбинации двух стимулов: хозяина и пищи. Изучение численности меченых паразитоидов, повторно выпущенных для исследования, показало более высокое их удержание на участках, обеспечивающих ЭФН и хозяев, являясь доказательством, что пища, расположенная рядом с участком, заселенным хозяином, влияет на время пребывания

энтомофагов на нем. И привлекательность, и удержание их на участках могут быть связаны с большим количеством паразитоидов, добывающих пищу на участках, окруженных нектаром, и с более высоким процентом заражения вредителей. Предоставление нектара как дополнительного корма на исследуемых вариантах также повлияло на распределение самок внутри участков (Jamont et al., 2014).

И. Г. Бокина изучала взаимодействие тлей и их афидофагов в агроценозах зерновых культур в лесостепи Западной Сибири. Наиболее массовыми видами тлей являлись черемухово-злаковая (*Rhopalosiphum padi*) и большая злаковая (*Sitobion avenae*) тли. На плотность их популяций в травостое зерновых и на черемухе влияли кокциinelлиды, сирфиды, клопы набида и ориусы, имаго и личинки златоглазок. В течение вегетации в агроценозе озимой ржи златоглазки составляли от 1 до 30 % суммарной численности хищных энтомофагов, в агроценозе яровой пшеницы – от 9 до 44 %, овса – от 3 до 67 %. Из 12 видов златоглазок, встречавшихся в агроценозах зерновых культур, доминирующими выявлены *Chrysopa carnea* и *Ch. phyllochroma*. Установлено, что уровень химизации (при условии рационального использования инсектицидов), системы основной обработки почвы и предшественники не оказывали влияния на обилие имаго и личинок златоглазок в агроценозе яровой пшеницы. Не было обнаружено разницы в численности энтомофагов в годы невысокой плотности популяций златоглазок на пшенице по пару, на озимой ржи, овсе, викоовсе, рапсе, ячмене и ячмене с донником. В годы относительно обилия златоглазок достоверно больше их встречалось на посевах пшеницы после пара и посевах овса, отличающихся наибольшей заселенностью растений тлями. Численность златоглазок на люцерне во все годы исследований была в 2,0–2,8 раза выше, чем на пшенице после пара (Bokina, 2010).

Одним из особо опасных вредителей озимой пшеницы является клоп вредная черепашка *Eurygaster integriceps*, численность которой может успешно сдерживаться в полевых условиях за счет высокой эффективности яйцевых паразитоидов сем. Scelionidae, уничтожающих первые кладки клопа. Эта группа энтомофагов обитает не только на пшенице, но и на пропашных культурах. Одно из важнейших условий развития теленомин (Telenominae) – присутствие яиц их дополнительных хозяев в других стадиях или разработанных кайромонно-подкормочных кормушках. Самые привлекательные культуры для дополнительных хозяев – подсолнечник и соя в период их бутонизации, посеvy укропа и в меньшей степени медоносные зонтичные растения. Выживанию теленомин способствуют и нектароносные растения, обеспечивающие питанием имаго яйцеедов, а также места зимовки – краевые зоны лесополос с травянистой растительностью. Воспроизводство энтомофагов осуществляет

ся за счет поддержания в структуре севооборота 37–40 % пропашных, нектароносных и энтомофильных культур. Заражение яиц вредной черепашки в экспериментальном севообороте ФГБНУ ФНЦБЗР составляло от 53 до 88 % яиц. Число личинок клопа, отродившихся из незараженных яиц, не превышало в среднем 2,1 экз./м², что позволило полностью отказаться от химических обработок против этого вредителя (Shirinyan et al., 2018).

В 2014–2019 гг. в Центральной и Предгорной зонах Краснодарского края проводили исследования с целью изучения регулирующей роли энтомофагов вредителей озимой пшеницы и определения их как природного ресурса для ее защиты от вредных членистоногих. Благодаря наличию в изучаемых агроэкосистемах нектароносов и пропашных культур были созданы условия для активизации и воспроизводства яйцеедов теленомусов – естественных врагов клопа вредной черепашки. В органическом земледелии при выращивании озимой пшеницы основную роль в регуляции численности экономически важных вредителей играют природные популяции естественных врагов (Пушня и др., 2020).

Хорошо известно, что увеличение разнообразия растений в агроэкосистемах усиливает естественное подавление вредителей, однако надежное предсказание того, какие методы управления несельскохозяйственными культурами лучше всего поддерживают естественных врагов, остается проблемой. В то же время численность среди хищников и эффективность биоконтроля могут быть поставлены под угрозу из-за доминирующих членистоногих адвентивных видов, которые получают дополнительную выгоду от разнообразия, не связанного с сельскохозяйственными культурами. Исследование влияния биоразнообразия на эффективность и численность естественных врагов проводили на посевах кабачков на 37 органических фермах. Ни богатство растений-медоносов, ни разнообразие сорняков не повлияли на численность аборигенных насекомых-хищников. Вместо этого численность инвазивного хищника, красного огненного муравья (*Solenopsis invicta* Buren), увеличивалась с увеличением разнообразия цветочных ресурсов, что отри-

цательно влияло на численность и эффективность неинвазивных природных хищников. Эти результаты показывают, что разнообразие флоры может быть менее надежным показателем увеличения разнообразия естественных врагов, когда вмешиваются инвазивные хищники. Рекомендации по управлению средой обитания для улучшения служб биоконтроля должны учитывать и потенциально смягчать непредвиденные последствия предоставления цветочных ресурсов на фермах, где доминируют инвазивные хищники (Sparer et al., 2023).

Выводы. Анализ литературных данных показал, что научно обоснованный севооборот позволяет стабилизировать экологическое состояние агроэкосистем, повысить безопасность окружающей природной среды, но вместе с чередованием культур необходимы различные методы для изменения агроландшафта и биоразнообразия необходимых для накопления и активизации природных энтомофагов. Несмотря на имеющиеся положительные результаты по данному направлению, многие вопросы остаются малоизученными. Например, в некоторых случаях эффективность от тех или иных приемов была довольно низкой, что требует пристального внимания и проведения дальнейших экспериментов. Проведенные исследования подтверждают возможность долговременной биоценотической регуляции численности опасных вредителей зерновых и других полевых культур. Увеличение видового разнообразия растений, и особенно посевы нектароносов, способствует увеличению и активизации природных энтомофагов, что позволяет сокращать применение химических средств защиты растений вплоть до полной их отмены.

Финансирование. Исследование выполнено в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научно-исследовательской работы по теме FGRN-2023-0005 при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня Межрегионального научно-образовательного центра Юга России Волгоградской области, Краснодарского края и Ростовской области в рамках мероприятия № 2.1.9.

Библиографический список

1. Пушня М. В., Балахнина И. В., Кремнева О. Ю., Нестерова (Собина) А. Ю., Снесарева Е. Г. Севооборот как способ увеличения биоразнообразия в агроэкосистемах, регулирования численности вредных фитофагов // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2. С. 113–126. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-113-126
2. Пушня М. В., Родионова Е. Ю., Снесарева Е. Г., Исмаилов В. Я. Регулирующая роль энтомофагов доминантных вредителей озимой пшеницы в системах органического земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2020. Vol. 34, № 7, Р. 49–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10708
3. Beillouin D., Malézieux E., Ben-Ari T., Seufert V., Makowski D. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services // Global Change Biology. 2021. Vol. 27, № 19. P. 4697–4710. DOI: 10.1101/2020.09.30.320309
4. Bokina, I. G. Golden-eyed flies (Chrysopidae, Neuroptera) in grain agrocenoses of the forest-steppe of Western Siberia // Entomological Review. 2010. Vol. 90, P. 689–697.
5. Hatt S., Francis F., Xu Q., Wang S., Osawa N. Perennial Flowering Strips for Conservation Biological Control of Insect Pests: From Picking and Mixing Flowers to Tailored Functional Diversity // Part of the Progress in Biological Control book series. 2020. Vol. 20, P. 57–71. DOI: 10.1007 / 978-3-030-44838-7_4

6. He H., Liu L., Munir S., Bashir N., Wang Y., Yang J., Li C. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, P. 1945–1952. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62689-4
7. Hussain T., Kumawat P. K., Hussain R., Reena A. Habitat Manipulation – A Tool to Manage Insect Pests // *Indian Journal of Entomology*, 2021. Vol. 84, № 3. P. 737–742. DOI: 10.55446/IJE.2021.95
8. Jamont M., Dubois-Pot C., Jaloux B. Nectar provisioning close to host patches increases parasitoid re-cruitment, retention and host parasitism. // *Basic and Applied Ecology*, 2014. Vol. 15, P. 151–160. DOI: 10.1016/j.baae.2014.01.001
9. Gómez-Cabezas M., Romero M.-J., Prado J. Key general aspects to be considered in habitat management: a review // *International Journal of Agriculture and Environmental Research*. 2022. Vol. 8. P. 723–737. DOI: 10.51193/IJAER.2022.8602
10. Kheirodin A., Cárcamo H., Sharanowski B., Costamagna A. Crop diversity increases predator abundance but not predation on cereal leaf beetles in agricultural landscapes. // *Journal of Pest Science*. 2022. Vol. 95, P. 1091–1110. DOI: 10.1007/s10340-021-01454-4
11. Shirinyan Zh., Pushnya M., Rodionova O., Snesareva E., Ismailov V. Restoration of biocenotic regulation in grain crops using natural production of natural entomophages // *Agricultural Biology*. 2018. Vol. 53, № 5. P. 1070–1079. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.5.1070rus
12. Sparer A., Madden M., Blubaugh C. Flower diversity on organic farms increases invasive ants rather than non-invasive natural enemies // *Agricultural and Forest Entomology*. 2023. Vol. 26, P. 159–170. DOI: 10.1111/afe.12603
13. Toigildin A., Morozov V., Podsevalov M., Ayupov D., Toigildina I., Mustafina R. Factors of biologization of farming in the forest-steppe zone of Volga region / Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 432017 Ulyanovsk, Russia BIO Web Conf. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” 2020. Vol. 17, P. 1–7. DOI: 10.1051/bioconf/20201700173
14. Qian P., Bai Y., Zhou W., Yu H., Zhu Z., Wang, G., Quais M.K., Li F., Chen Y., Tan Y., Shi X., Wang X., Zhong X., Zhu Z.-R. Diversified bund vegetation coupled with flowering plants enhances predator population and early-season pest control // *Environmental entomology*. 2021. Vol. 50, № 4. P. 842–851. DOI: 10.1093/ee/nvab027
15. Yang R., Qi Y., Yang L., Chen T., Zhang J., Song Z., Ge B. Rotation regimes lead to significant differences in soil macrofaunal biodiversity and trophic structure with the changed soil properties in a rice-based double cropping system // *Geoderma*. 2022. Vol. 405, Article number: 115424. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115424

References

1. Pushnya M. V., Balakhnina I. V., Kremneva O. Yu., Nesterova (Sobina) A. Yu., Snesareva E. G. Sevooborot kak sposob uvelicheniya bioraznoobraziya v agroekosistemakh, regulirovaniya chislennosti vrednykh fitofagov [Crop rotation as a way to improve biodiversity in agroecosystems, regulate the number of harmful phytophages] // *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 2023. T. 18, № 2. S. 113–126. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-113-126
2. Pushnya M. V., Rodionova E. Yu., Snesareva E. G., Ismailov V. Ya. Reguliruyushchaya rol' entomofagov dominantnykh vreditel'ei ozimoi pshenitsy v sistemakh organicheskogo zemledeliya [Regulatory role of entomophages of dominant pests of winter wheat in organic farming systems] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. Vol. 34, № 7. P. 49–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10708
3. Beillouin D., Malézieux E., Ben-Ari T., Seufert V., Makowski D. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services // *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27, № 19. P. 4697–4710. DOI: 10.1111/2020.09.30.320309
4. Bokina, I. G. Golden-eyed flies (Chrysopidae, Neuroptera) in grain agrocenoses of the forest-steppe of Western Siberia // *Entomological Review*. 2010. Vol. 90, P. 689–697.
5. Hatt S., Francis F., Xu Q., Wang S., Osawa N. Perennial Flowering Strips for Conservation Biological Control of Insect Pests: From Picking and Mixing Flowers to Tailored Functional Diversity // *Part of the Progress in Biological Control book series*. 2020. Vol. 20, P. 57–71. DOI: 10.1007/978-3-030-44838-7_4
6. He H., Liu L., Munir S., Bashir N., Wang Y., Yang J., Li C. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, P. 1945–1952. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62689-4
7. Hussain T., Kumawat P. K., Hussain R., Reena A. Habitat Manipulation - A Tool to Manage Insect Pests // *Indian Journal of Entomology*, 2021. Vol. 84, № 3. P. 737–742. DOI: 10.55446/IJE.2021.95
8. Jamont M., Dubois-Pot C., Jaloux B. Nectar provisioning close to host patches increases parasitoid re-cruitment, retention and host parasitism. // *Basic and Applied Ecology*, 2014. Vol. 15, P. 151–160. DOI: 10.1016/j.baae.2014.01.001
9. Gómez-Cabezas M., Romero M.-J., Prado J. Key general aspects to be considered in habitat management: a review // *International Journal of Agriculture and Environmental Research*. 2022. Vol. 8, P. 723–737. DOI: 10.51193/IJAER.2022.8602
10. Kheirodin A., Cárcamo H., Sharanowski B., Costamagna A. Crop diversity increases predator abundance but not predation on cereal leaf beetles in agricultural landscapes. // *Journal of Pest Science*. 2022. Vol. 95, P. 1091–1110. DOI: 10.1007/s10340-021-01454-4
11. Shirinyan Zh., Pushnya M., Rodionova O., Snesareva E., Ismailov V. Restoration of biocenotic regulation in grain crops using natural production of natural entomophages // *Agricultural Biology*. 2018. Vol. 53, № 5. P. 1070–1079. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.5.1070rus

12. Sparer A., Madden M., Blubaugh C. Flower diversity on organic farms increases invasive ants rather than non-invasive natural enemies // *Agricultural and Forest Entomology*. 2023. Vol. 26, P. 159–170. DOI: 10.1111/afe.12603
13. Toigildin A., Morozov V., Podsevalov M., Ayupov D., Toigildina I., Mustafina R. Factors of biologization of farming in the forest-steppe zone of Volga region / Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 432017 Ulyanovsk, Russia BIO Web Conf. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" 2020. Vol. 17, P. 1–7. DOI: 10.1051/bioconf/20201700173
14. Qian P., Bai Y., Zhou W., Yu H., Zhu Z., Wang, G., Quais M.K., Li F., Chen Y., Tan Y., Shi X., Wang X., Zhong X., Zhu Z.-R. Diversified bund vegetation coupled with flowering plants enhances predator population and early-season pest control // *Environmental entomology*. 2021. Vol. 50, № 4. P. 842–851. DOI: 10.1093/ee/nvab027
15. Yang R., Qi Y., Yang L., Chen T., Zhang J., Song Z., Ge B. Rotation regimes lead to significant differences in soil macrofaunal biodiversity and trophic structure with the changed soil properties in a rice-based double cropping system // *Geoderma*. 2022. Vol. 405, Article number: 115424. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115424

Поступила: 14.08.24; доработана после рецензирования: 09.09.24; принята к публикации: 09.09.24.

Критерии авторства. Авторы подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кремнева О. Ю. – концептуализация исследования, редактирование рукописи; Балахнина И. В. – подготовка рукописи; Пономарев А. В. – анализ данных и их интерпретация; Нестерова А. Ю. – сбор данных; Лептягин Д. О. – сбор данных; Снесарева Е. Г. – сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.