

Обзорная статья / Review article
УДК 595.2; 574.3; 595.7; 632.75; 632.92
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-113-126

Севооборот как способ увеличения биоразнообразия в агроэкосистемах, регулирования численности вредных фитофагов

Марина В. Пушня, Ирина В. Балахнина, Оксана Ю. Кремнева,

Алёна Ю. Нестерова (Собина), Екатерина Г. Снесарева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

Контактное лицо

Ирина В. Балахнина, научный сотрудник, лаборатория фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; г. Краснодар, п/о 39, Россия 350039. Тел. +79181661807

Email balakhnina@yandex.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-2326-221X>

Формат цитирования

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, N 2. С. 113-126. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-113-126

Получена 10 октября 2022 г.

Прошла рецензирование 16 января 2023 г.

Принята 6 февраля 2023 г.

Резюме

Цель. Использование преимуществ севооборотов, их типов и влияния на динамику численности и вредоносности доминантных вредителей на различных сельскохозяйственных культурах, сохранение биоразнообразия, стабилизацию агроэкосистем. В данной работе рассматривается одна из важнейших проблем современного земледелия – сокращение химических обработок без потери качества и урожайности получаемой продукции благодаря одному из важнейших приёмов севообороту и некоторым агротехническим – совместным посевам разных сортов или культур, введение покровных и т.д.

Обсуждение. Нами проводился анализ севооборотов, их видов и влияния на динамику численности и вредоносности вредителей-доминантов различных сельскохозяйственных культур, сохранение биоразнообразия, стабилизацию агроэкосистем, что особенно важно для органического земледелия. Основанные на фактических данных методы манипулирования средой обитания могут значительно улучшить борьбу с вредителями. Подтверждено влияние севооборота на степень зараженности вредителями возделываемых культур и выявлен ряд малоизученных вопросов. Данная статья может представлять наибольший интерес для владельцев фермерских хозяйств, а также крупных товаропроизводителей.

Заключение. Анализ литературных данных показал, что научно обоснованный севооборот с включением посевов сортосмесей, краевых ловчих или медоносных культур, учитывающий общих вредителей для чередующихся предшественников и основных посевов, и направленных приёмов на улучшение здоровья почвы и растений, позволит стабилизировать экологическое состояние агроэкосистем, повысить безопасность окружающей природной среды и уровень рентабельности агропроизводства. Изучение влияния различных приёмов с повышением биоразнообразия в агроценозах имеет большой потенциал и перспективу для дальнейшего изучения.

Ключевые слова

Агроэкосистема, севооборот, покровные культуры, фитофаг, монокультура, предшественник.

Crop rotation as a way to increase the biodiversity of agroecosystems and regulate the number of phytophages

Marina V. Pushnyaya, Irina V. Balakhnina, Oksana Yu. Kremneva, Alena Yu. Nesterova (Sobina) and Ekaterina G. Snesareva

Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Irina V. Balakhnina, Researcher, Laboratory of Phytosanitary Monitoring of Agroecosystems, Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection; p/o 39 Krasnodar, Russia, 350039. Tel. +79181661807

Email balakhnina@yandex.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-2326-221X>

How to cite this article

Pushnyaya M.V., Balakhnina I.V., Kremneva O.Yu., Nesterova (Sobina) A.Yu., Snesareva E.G. Crop rotation as a way to increase the biodiversity of agroecosystems and regulate the number of phytophages. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 2, pp. 113-126. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-113-126

Received 10 October 2022

Revised 16 January 2023

Accepted 6 February 2023

Abstract

Aim. To use the advantages of crop rotation, its types and its impact on the dynamics of the number and harmfulness of dominant pests on various crops, the conservation of biodiversity and the stabilisation of agroecosystems. In this paper, one of the most important problems of modern agriculture is considered – the reduction of chemical treatments without loss of quality and yield of the products obtained due to one of the most important methods of crop rotation and certain agrotechnical methods, such as the joint sowing of different varieties or crops, making shelters, etc.

Discussion. Crop rotation, its types and influence on the dynamics of the number and harmfulness of the dominant pests of various crops, biodiversity conservation and stabilisation of agroecosystems, especially important for organic farming, are analyzed. Evidence-based habitat management practices can greatly improve pest management. The influence of crop rotation on the degree of pest infestation of cultivated crops has been confirmed and a number of little-studied issues have been identified. This article may be of the greatest interest to owners of farms, as well as large commodity producers.

Conclusion. An analysis of the literature data showed that a scientifically based crop rotation with the inclusion of crops of a variety of mixtures, regional trapping or honey crops, taking into account common pests for alternating predecessors and main crops, and aimed at improving the soil and plants, stabilises the ecological state of agroecosystems and improves the safety of the natural environment and the level of profitability of agricultural production. The study of the influence of various methods on increasing biodiversity in agroecosystems has great potential and prospects for further study.

Key Words

Agroecosystem, cover crops, variety mixture, phytophage, monoculture, predecessor.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное растениеводство во всём мире оказывает негативное влияние на биоразнообразие агроценозов из-за ограниченного количества выращиваемых сортов сельскохозяйственных культур и комплексного нарушения структуры почвы [1]. Огромные площади монокультур сельскохозяйственных растений способствуют распространению и увеличению вредности болезней и насекомых-вредителей. Многие исследования подчеркивают влияние биоразнообразия растений на патогены, динамику численности популяций насекомых и полезных организмов в сельскохозяйственных экосистемах [2–4]. Эксперименты доказывают эффективность таких методов манипулирования средой обитания, как приёмы совмещения культур, выращивания сидератов, севооборотов, которые могут значительно улучшить борьбу с болезнями и вредителями [5].

Именно поэтому возникла необходимость создания концепции о поступательном и устойчивом развитии мирового сельского хозяйства, что и было заявлено на Конференции ООН по окружающей среде в 1992 году, и она основывалась в первую очередь на биосферной парадигме природопользования, которая берет за основу сохранение экологических функций почв и ландшафтов, т.е. изменения моделей аграрного производства и направления перехода на экосистемный подход [6].

Единственным способом решения этого вопроса является формирование сбалансированных агроэкосистем через внедрение инновационных агротехнологий, основанных на экологических принципах. Признано, что выбор правильной стратегии контроля вредных организмов в агроценозе позволяет до 80% снизить потери урожая, а защиту растений рассматривают как определяющий фактор в реализации продуктивного потенциала культур. Современные агроэкосистемы нестабильны с низкой способностью противостоять вредному действию вредных организмов, и для них характерна высокая вероятность ухудшения фитосанитарного состояния. С позиции экологической безопасности агроэкосистем и качества агропродукции современные агротехнологии должны основываться на интегрированных методах защиты растений, в частности с учетом изменений климата. Сочетание научно обоснованных агромер, направленных на улучшение здоровья почвы и растений, в частности методов агроэкологического обращения с вредителями, позволит уменьшить негативное влияние на экологическое состояние агроэкосистем, повысить безопасность окружающей природной среды и уровень рентабельности агропроизводства благодаря более эффективному использованию материальных и природных ресурсов, обеспечить качество и безопасность агропродукции и т.д. Устойчивое производство продукции растениеводства требует целостного подхода и внедрения технологий и мероприятий интегрированной защиты растений, разработанных по экологическим принципам, которые направлены на рациональное использование природных ресурсов, улучшение состояния почвы, уменьшение использования химических веществ, увеличение биоразнообразия и природных сред обитания, уменьшение выбросов парниковых газов и т.д., что в комплексе обеспечивает здоровье растений и

почвы. Внедрение интегрированной защиты растений и минимизация использования синтетических пестицидов позволяет улучшить здоровье растений и почвы [7].

В аграрном производстве ряда стран, в том числе и в России, экологизацию определяют, как «органическое земледелие» (экологическое, биологическое и т.д.). В Российской Федерации под применение органик-технологии сертифицированы порядка 250 тыс. га, или 0,2% пашни. По темпам их расширения РФ занимает третье место в мире. При этом большая часть (около 70%) таких посевов в мире приходится на зерновые и зеленые корма [8]. Хотя по Российской Федерации официальных статистических данных пока нет, считают, что на зерновые приходится до 38% от общей площади под органик-культурами. Например, в Краснодарском крае их выращивают в двух хозяйствах [8].

Дальнейшее развитие современного сельского хозяйства возможно за счет технологической модернизации с помощью системы биологизации. Важнейшим фактором этого процесса является севооборот, определяющий разнообразие видов и сортов культурных растений (биоразнообразие). Подбор растений и их последовательное чередование являются важнейшими факторами для поступления азота и его использования, для плодородия почвы, для развития патогенов, вредителей и сорняков, для урожайности и качества получаемой продукции. Невозможно представить полноценно функционирующее сельскохозяйственное производство без правильно организованного севооборота. Биологическое разнообразие в агроэкосистемах определяется набором основных и промежуточных культур в севообороте. Севооборот позволяет построить систему защиты растений, непосредственно изменяя условия жизни вредных организмов и кормовую базу для них, и косвенно, создавая условия для развития энтомофагов. При большом разнообразии сельскохозяйственных культур увеличивается количество насекомоядных хищников, которые участвуют в регуляции численности вредителей, что в свою очередь ведёт к снижению болезней растений. Севооборот способствует борьбе с вредителями, прерывая жизненные циклы вредителей и/или лишая вредителей среды обитания, тем самым задерживая рост потенциальной популяции вредителей, а это приводит к снижению использования пестицидов [9].

С точки зрения экологической направленности полевой севооборот представляет модель стабилизации экосистемы степного ландшафта, включающего элементы земледелия. За последние два десятилетия появилось большое количество исследований, показывающих, что ряд приемов земледелия, такие как орошение, внесение удобрений, использование устойчивых культур, управление средой обитания, методы органического ведения сельского хозяйства и определенное чередование сельскохозяйственных культур оказывают заметное положительное воздействие и, таким образом, влияют на борьбу с вредителями [10].

Целью настоящего исследования являлось изучение и обобщение данных об использовании преимуществ севооборотов и их типов для ограничения численности доминантных вредителей на различных

сельскохозяйственных культурах как в Российской Федерации, так и в других странах.

ОБСУЖДЕНИЕ

В современном растениеводстве огромные площади заняты монокультурами, что является причиной быстрого размножения вредителей, т.к. каждое растение почти генетически идентично своим соседям, что позволяет фитофагам легко перемещаться и наносить экономический ущерб. Существуют гипотезы, что увеличение разнообразия растений на сельскохозяйственных полях снизит численность вредителей и сохранит качество и урожайность возделываемых культур. Обширные исследования подтвердили эти гипотезы, продемонстрировав, что увеличение разнообразия видов растений может улучшить борьбу с насекомыми-вредителями. Однако эти методы не получили широкого распространения из-за материально-технических и финансовых ограничений [11].

Фундаментальные и прикладные исследования все чаще демонстрируют ценность внутривидового генетического разнообразия для улучшения стабильности и функционирования экосистем. Один из наиболее простых способов – увеличение генотипического разнообразия растений путем посевов смесей сортов. Для этого используются привлекательные для вредителя культуры, на которых он собирается, нанося существенно меньший ущерб основным. Использование разнообразных смесей растений, адаптированных к конкретным предпочтениям используется и для регуляции численности почвенных фитофагов, что обеспечивает перспективную стратегию борьбы с подземными вредителями при сохранении урожайности [12].

Использование генотипического разнообразия для природных и сельскохозяйственных экосистем, показало его широкое преимущество, ведущее к улучшению приспособленности растений и увеличению их продуктивности. Поддержка потенциала внутривидовой изменчивости способствует улучшению регуляции численности насекомых-вредителей [13; 14].

Внутривидовое разнообразие может улучшить приспособленность растений за счет восходящего и нисходящего воздействия на популяции вредителей и разделения ниш. Необходимы дальнейшие исследования для уточнения методов внедрения и демонстрации ценности с точки зрения сокращения использования пестицидов и повышения урожайности. Производители могут использовать внутривидовое разнообразие культур с минимальными финансовыми вложениями или изменениями в методах производства. Поскольку преимущества биоразнообразия для стабильности урожая получают все большее признание, внутривидовое разнообразие может стать заметной и устойчивой тактикой управления популяциями вредных фитофагов [15].

Многочисленные исследования показывают, что упрощение ландшафта снижает численность и разнообразие естественных врагов в агроэкосистемах, но вопросы влияния на регуляцию численности вредителей естественными врагами плохо изучены. Кроме того, оценивается эффективность влияния на популяции фитофагов обычно для ограниченного числа таксонов и не учитывается взаимодействие между видами-хищниками [16]. Сохранение и восстановление

естественной среды обитания для энтомофагов в агроэкосистемах являются одной из важнейших задач. Одним из способов решения являются краевые посевы привлекающих растений или смешанные с основной культурой, которые способствуют регуляции численности насекомых-вредителей, что часто повышает устойчивость выращиваемой культуры к фитофагам, этого можно добиться с помощью стратегии «тяни-толкай» [17; 18].

Стратегии «тяни-толкай» включает управление поведением насекомых-вредителей и их естественных врагов посредством интеграции стимулов, которые делают культурные посевы непривлекательными или непригодными для вредителей (отталкивание), заманивая их к привлекательному источнику (притягивая), откуда вредители впоследствии удаляются. Толкающие и тянущие компоненты обычно нетоксичны. Поэтому стратегии обычно сочетаются с методами сокращения популяции, предпочтительно с биологическим контролем. Стратегия является полезным инструментом для комплексных программ борьбы с вредителями, сокращающих использование пестицидов [17]. Стратегия «тяни-толкай» основана на использовании различных веществ, выделяемых листьями, корнями растений-компаньонов привлекающих или отпугивающих насекомых-вредителей [19]. Таким образом, снижается ущерб от вредителей, а также повышается урожайность и качество почвы (например, с дополнительным преимуществом подавления прорастания конкурирующих сорняков) [20].

Однако не все вредители одинаково реагируют на большее видовое разнообразие растительности в агроэкосистемах. Многоядные вредители, такие как совка одноточечная (*Mythimna unipuncta* Haworth, 1809), совка ипсион (*Agrotis ipsilon* Hufnagel, 1766) и стеблевой мотылек обыкновенный (*Papaipema nebris* Guenée, 1852), на полях с использованием культуры ржи как сидератной, могут нанести вред основным зерновым посевам, особенно ржаным [21].

Принципы устойчивого сельского хозяйства заключаются в разработке сельскохозяйственного ландшафта путем создания и поддержания разнообразия всех природных ресурсов совместимым образом. Совмещение культур – это практика одновременного выращивания двух или более культур на определенном поле. Многие исследования подчеркивают влияние совмещения культур и его вклад в стратегии борьбы с насекомыми, основанные на динамике популяций видов насекомых. Пространственное сочетание смешанного и рядного посевов, севооборотов оказывают существенное влияние на сокращение популяции насекомых-вредителей, увеличение численности полезных насекомых и подавление сорняков. Кроме того, некультурные растения, такие как сорняки, покровные культуры и насаждения среды обитания, можно комбинировать в пространстве и времени, чтобы влиять на численность вредителей и полезных членистоногих на основной культуре. Однако совмещение культур имеет некоторые недостатки, такие как выбор соответствующих видов культур и соответствующей плотности посева, включая дополнительную работу по подготовке и посадке смеси семян, во время методов управления культурами, включая сбор урожая, которые могут косвенно

изменить принципы стратегии борьбы с вредителями [22].

Неоднородность конфигурации сельскохозяйственных культур – меньше по площади поля с большей опушкой – способствуют сохранению биоразнообразия сельскохозяйственных угодий. Включение структурно разнообразных культур в монокультурные азиатские агроэкосистемы может уменьшить неблагоприятное воздействие этих интенсивных систем на полезных насекомых и увеличить важнейшие экосистемные услуги [23].

Получены данные, по нескольким системам земледелия в Европе и Северной Америке, по уровню и пространственной стабильности естественных приёмов борьбы с вредителями в полях, связанных с упрощением окружающего ландшафта. В этих исследованиях в качестве модельного вида использовалась тля и учитывалась её динамика численности по вариантам. Упрощение ландшафта измерялось долей обрабатываемой земли в пределах радиуса в 1 км вокруг каждого участка. Было обнаружено постоянное негативное влияние упрощения ландшафта на уровень естественной борьбы с вредителями, несмотря на влияние энтомофагов. Средний уровень регуляции численности вредителей был на 46% ниже в однородных ландшафтах с преобладанием возделываемых земель по сравнению с более сложными ландшафтами. Упрощение ландшафта не повлияло на количество положительных или отрицательных взаимодействий между наземными и растительными хищниками или на стабильность борьбы с вредителями в пределах поля. Данный анализ подтвердил, что интенсификация сельского хозяйства за счет упрощения ландшафта оказывает негативное влияние на уровень естественной борьбы с вредителями, что имеет важные последствия для управления, поддержания и улучшения экосистем в сельскохозяйственных ландшафтах [16].

Использование совмещения культур, усложнение ландшафта агроэкосистемы вызывают нарушение способности фитофагов найти подходящее растение-хозяин, используя визуальные или химические стимулы [24]. Например, изучение обонятельной реакции крылатой персиковой тли (*Myzus persicae* Sulzer, 1776), используя живые растения и синтетические смеси, имитирующие подвергающийся и не подвергающийся воздействию вредителей картофель. Измененный профиль летучих веществ картофеля отпугивал тлю в лабораторных экспериментах. Затем выращивание картофеля вместе с луком в поле показало снижение численности крылатой тли, ищущей растение-хозяина. Летучие вещества несут не только информацию о том, подвергаются ли атаке соседние растения, но и информацию о самих растениях-эмитентах. Физиологические изменения в реагирующих растениях оказывают значительное воздействие на окружающую среду, так как они влияют на поведение тлей [25].

Пшеница является основной культурой, которая страдает от огромных потерь урожая, вызванных злаковой тлей. Обилие злаковых тлей и вред, наносимый ими растениям, могут определять многие факторы: среди них генетический фон растения, а также условия окружающей среды, такие как пространственное положение на участке, состав и расстояние от соседней растительности. Хотя воздействие этих

факторов изучается в течение многих лет, комбинированное влияние факторов на популяции тли до конца не изучено [26].

В лабораторных условиях проводилась оценка совместного посева пшеницы и бобовых на поведение большой злаковой тли (*Sitobion avenae* Fabricius, 1775), с точки зрения растения-хозяина и роста популяции. Сравнивались две системы роста культур – мягкая озимая пшеница, совместно с озимым горохом, или с белым клевером – и чистая культура мягкой озимой пшеницы. Тле требовалось больше времени, чтобы найти пшеницу, а затем она раньше уходила с пшеницы, в посевах с клевером. Наиболее оптимальным вариантом оказалось совмещение пшеницы с клевером, которое значительно снижало плотность тли на пшенице, т.к. мешало передвижению *S. avenae* и росту популяции. Способность бескрылых злаковых тлей *S. avenae* находить и колонизировать растения-хозяева пшеницы была снижена в промежуточных посевах пшеницы и клевера, но не в промежуточных посевах пшеницы и гороха [27].

Испытывались различные схемы совместных посевов пшеницы и гороха в сравнении с монокультурой пшеницы на подавлении злаковых тлей. Совместное выращивание пшеницы и гороха в 8–2-рядной схеме пшеницы и гороха, соответственно, сохраняло и увеличивало количество естественных врагов больше, чем монокультура пшеницы. Наибольшая плотность тлей была на полях монокультуры пшеницы. Исследование показало, что совместное выращивание пшеницы и гороха может эффективно контролировать английскую зерновую тлю за счет увеличения численности естественных врагов, особенно при 8–2-рядной схеме посевов пшеницы и гороха соответственно [28].

В полевых экспериментах изучалось влияние на численность тлей и урожайность пшеницы в совместных посевах пшеницы и клевера белого. Результаты показали, что сочетание внутри- и межвидового разнообразия достоверно не отличалось в каждом варианте в сокращении популяций тлей. Взятые отдельно, промежуточные культуры, как правило, имели более низкую зараженность тлей, в то время как в смесях сортов она была средней. Климатические факторы существенно влияли на развитие пшеницы и клевера, а также на появление пиков численности тли. Урожайность пшеницы и содержание азота в зерне снижались при промежуточном посеве на 10% и 7% соответственно, но не в смеси сортов [29].

Растения способны защищаться от нападения фитофагов, включая в ответ на связанные со стрессом летучие органические соединения (ЛОС), выделяемые соседними растениями. Было показано, что летучие органические соединения, выделяемые Мелинис мелкоцветковым (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), отпугивают пятнистого мотылька (*Chilo partellus* C. Swinhoe, 1885) от кукурузы и усиливают паразитизм (*Cotesia sesamiae* Cameron, 1906) [30].

В совместном посеве моркови и чеснока отмечено, что значительно уменьшилось заселение моркови морковной мухой (*Chamaepsila rosae* Fabricius, 1794) и табачного трипса (*Thrips tabaci* Lindeman, 1889) на чесноке по сравнению с монокультурными посевами. Увеличение густоты растений в смешанном посеве также снизило численность тли (*Cavariella*

aegopodii Scopoli, 1763). Эфирные вещества чеснока мешали обнаружению растения-хозяина [31].

В Китае так же изучалось влияние эфирных веществ чеснока на численность большой злаковой тли (*Sitobion avenae* Fabricius, 1775), опыты проводились совмещением культур с чесноком, как растением, выделяющим репелленты, так и обработками смесью чесночного масла и диаллилдисульфидом. Анализ полученных данных показал, что *S. avenae* при обработке смесью чесночного масла, обработке диаллилдисульфидом и смешанным посевом пшеницы и чеснока по сравнению с контрольными участками для двух сортов заселялись тлями меньше, чем устойчивый к ним сорт (Zhengzhou 831) в контроле [32].

В полевом исследовании изучали динамику численности популяции тлей на чистых насаждениях пшеницы и гороха и в опыте двух совместных посевов пшеницы и гороха (смешанное и полосное выращивание). Горох был более восприимчив к фитофагам, чем пшеница. Плотность поселений тли в чистых посевах в основные периоды распространения была значительно выше, чем в смешанных. Исследование показало, что увеличение разнообразия растений в сельскохозяйственных культурах за счет объединения культивируемых видов может уменьшить заражение тлей, т.к. поиск растения-хозяина становится затруднённым [33].

На пшенице также проводились эксперименты с совместными посевами других культур, для изучения их потенциала в биологической регуляции численности фитофагов. Результаты анализа полученных данных показали, что в большинстве вариантов численность вредителей была значительно снижена в системах смешанных культур по сравнению с чистыми насаждениями. Но численность естественных врагов, и уровень хищничества и паразитизма существенно не увеличились. Значительное влияние на результаты оказывали климатические условия, в которых проводились исследования, тип совмещения культур и сорта [34].

Сравнивалась численность тлей на пшенице после посевов по чёрному пару, ячменю и пшенице. По наблюдениям Лахидова А.И., на посевах озимой пшеницы по пшенице увеличивается численность злаковых тлей по сравнению с посевом пшеницы по пару на 33%, по ячменю – на 10% [35].

Путём мониторинга численности злаковых тлей изучались совокупное влияние генотипа и окружающей среды на фенологию пшеницы (этапы развития), химическое разнообразие (метаболиты) и восприимчивость к насекомым. Результаты показали, что дикая полба была наиболее устойчива к тле, а мягкая пшеница Rotem была наиболее восприимчива к тле. Тля была более многочисленна на растениях, которые рано созревали. Анализ пространственного положения показал, что тлей было больше на фокальных растениях, расположенных ближе к краевым ресурсам монокультурной пшеницы, а не к природным ресурсам, что предполагает эффект концентрации ресурсов. Анализ метаболического разнообразия показал, что уровни трех специализированных метаболитов из класса флавоноидов различались между генотипами пшеницы, а также были показаны некоторые незначительные изменения в центральных метаболитах. В целом эти результаты демонстрируют комбинированное влияние генетического фона и простран-

ственного положения на фенологию пшеницы и численность тли на растениях. Это раскрывает потенциальную роль маргинальной растительности в формировании популяции насекомых желаемых культур [26].

Meromyza americana Fitch, 1856 является фитофагом практически не причиняющего значительного ущерба культурам пшеницы, ржи и другим злаковым растениям. В 2017 году производители в Небраске сообщили о мертвых мутовках и чрезмерном кущении на кукурузных полях в начале сезона, на посевах кукурузы, выращенной после покровных культур пшеницы или ржи. Было проведено исследование для оценки факторов риска для этого насекомого в системах перехода покровных культур на кукурузу. Поврежденные растения были обнаружены только там, где присутствовала покровная культура. Полученные данные, свидетельствуют о том, что перепашка покровной культуры после посадки кукурузы позволило личинкам *M. americana* перейти от покровной культуры к кукурузе, чтобы завершить свое развитие. Кукурузные поля, зараженные *M. americana*, имели частоту повреждения растений кукурузы от 0 до 60% с потерями урожая, оцениваемыми в 30 бушелей/акр [36].

Капустная тля *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) также в качестве модельного вида использовалась для определения эффективности смешанных посевов в Калифорнии на рапсе в смеси с конскими бобами, горохом, чесноком или пшеницей. Учёты велись по динамике численности капустной тли, энтомофагов и урожайности рапса в 2018 и 2019 годах. В оба года самая низкая популяция тли была зафиксирована в смеси рапса с горохом и именно в этом варианте оказалось значительное увеличение разнообразия хищников и паразитов. Потеря массы сухих семян была выше в монокультуре рапса и посевах с пшеницей, чем в других вариантах смешанных посевов. Таким образом, с помощью смешанных посевов рапса с конскими бобами, полевым горохом или чесноком возможно уменьшить численность капустной тли и повысить урожайность рапса [37].

Проводилось исследование, как предшественники кукурузы влияют на устойчивость к кукурузной лиственной совке (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)). Сравнивались прожорливость и поведение её личинок на кукурузе, выращенной после четырех предшественников: бобовая микоризная культура – горох, небобовая микоризная культура – тритикале, небобовая немикоризная культура – редька и отсутствие покровных культур (пар). Колонизация *S. frugiperda* кукурузы была наибольшей при выращивании после микоризных культур по сравнению с немикоризными или без покровных культур.

Предшественники повлияли на выделение летучих веществ кукурузы и личинок совки, ориентированных на запахи, испускаемые кукурузой, выращенной после редьки, чаще, чем тритикале, в анализах ольфактометра. Кроме того, личинки ели лучше и потребляли больше листовой ткани при питании кукурузой, выращенной после редьки, и меньше всего – растениями, выращенными после тритикале. При повреждении кукурузной лиственной совкой кукуруза, выращенная после тритикале, экспрессировала более высокие уровни липоксигеназы-3 (lox3), в то время как растения, выращенные после

редьки, повышали экспрессию гена ингибитора протеиназы кукурузы (*mpi*) [38].

Оценивалась совместная встречаемость кукурузной лиственной совки (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797) в Кении (инвазивный вид с 2016 г.) с местными стеблевыми мотыльками, относительная зараженность и ущерб в трех агроэкологических зонах, а также влияние различных агрономических методов на их заражение и ущерб в системах возделывания кукурузы. Всего было обследовано 180 ферм по выращиванию кукурузы в трех различных агроэкологических зонах. Заражение и ущерб, наносимый вредителями, были самыми высокими в низинах по сравнению со среднегорными и высокогорными землями. Популяция *S. frugiperda* (яйца и личинки) преобладала над популяцией местных стеблевых мотыльков на кукурузных полях. Кукуруза, выращенная в смешанных системах земледелия, с богатым земледелием и прополкой, часто имела низкий уровень заражения и повреждения по сравнению с кукурузой, выращиваемой в монокультуре, с орошением и без прополки, соответственно. Молодые вегетативные растения кукурузы были более заражены и повреждены по сравнению со взрослыми растениями. Было обнаружено, что разные сорта кукурузы имеют разные уровни заражения и повреждения, при этом Pioneer показал наибольшую устойчивость [39].

Влияние совмещения вигны с кукурузой на популяции клопов вредителей стручков фасоли: *Clavigralla tomentosicollis* (Stål, 1855), *Riptortus dentipes* (Fabricius, 1787), *Anoplocnemis curvipes* (Fabricius, 1781), *Mirperus jaculus* (Thunberg, 1783), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) – исследовали путем различного времени посева вигны/кукурузы в системах совмещения культур. В опыте были варианты: одновременный посев кукурузы и вигны (0) и последующее чередование посева вигны через 2, 4, 6 и 8 недель после посева кукурузы. Соотношение вигны и кукурузы также варьировало. Численность клопов была значительно меньше на вигне в вариантах 4 и 6, но урожайность в этих вариантах также снижалась по сравнению со всеми другими вариантами [40].

Использование посева озимой ржи, в качестве покровной культуры при выращивании сои может привести к снижению численности фитофагов в органической системе производства сои с её посевом в культуру ржи осеннего посева (т.е. соевых бобов, посеянных весной в покровную культуру ржи, посеянную предыдущей осенью). Эксперименты на небольших делянках были проведены в двух местах на юго-западе Миннесоты, чтобы сравнить популяции насекомых на сое, посеянной под паром, и на сое, посеянной после ржи, которая была обработана путем скашивания с использованием трех различных методов. Плотность картофельной цикадки (*Empoasca fabae* Harris, 1841) была значительно ниже на сое во всех вариантах посева с рожью по сравнению с соей без ржи в обоих местах. Плотность соевой тли (*Aphis glycines* Matsumura, 1917), была значительно ниже при всех обработках, включающих рожь, чем при посеве только сои на одном участке, но подавляющий эффект ржи зависел от специфики посадки ржи на другом участке. Плотность бобового листоеда (*Cerotoma trifurcata* Forster, 1771) была значительно ниже на участках с рожью, чем на участках с соей на одном из двух участков [41].

Исследования по изучению биологических особенностей и характера вредоносности картофельной минирующей моли (*Phthorimaea operculella* Zell.) в центральной зоне Краснодарского края проводились с 2009 по 2017 г. в посевах картофеля общей площадью более 30 га. Наибольший вред (до 80% поражения клубней) *Ph. operculella* Zell. в хранилищах, тогда как в полевых условиях повреждения растений не превышали 10%. Правильный севооборот, ранний сбор урожая (до начала лета вредителя третьего поколения при низкой зараженности урожая), а также профилактическая обработка клубней биопрепаратами (лепидоцид, СК; битоксибациллин, СП) перед хранением обеспечили сохранность 91% клубней [42].

Сравнивались поля с предшественником рожью и без нее в товарных хозяйствах. Ежедневно отбирали образцы с полей для количественной оценки взрослых и личинок вредителей и повреждений растений кукурузы от питания с середины апреля до тех пор, пока кукуруза не достигла стадии V8 в 2014 и 2015 годах. Измерения на полях проводились вдоль трансект, которые простирались перпендикулярно от краев поля внутрь кукурузных полей. Взрослые особи совки одноточечной (*Mythimna unipuncta* Haworth, 1809) и взрослые особи совки ипсион (*Agrotis ipsilon* Hufnagel, 1766) были отловлены на всех кукурузных полях, но большинство личинок чешуекрылых, отловленных на кукурузных полях, были *M. unipuncta* и обыкновенным стеблевым мотыльком (*Papaipema nebris* Guenée, 1852). На полях с ржаной покровной культурой достоверно выше обилие совки одноточечной и выше доля поврежденной кукурузы. Как численность совки, так и повреждения при кормлении были значительно выше на кукурузных полях с рожью. Численность стеблевого мотылька не отличалась между кукурузными полями с ржаным покровом и без него. Фермеры, сажающие кукурузу после покровной культуры ржи, должны знать о возможности увеличения численности и вредоносности *M. unipuncta* [21].

Влияние растительного разнообразия на численность картофельной цикадки (*Empoasca fabae* Harris, 1841) изучали в четырех агроэкосистемах. Одной из четырех систем возделывания была монокультура сои; остальные три представляли собой промежуточные системы совмещения культур, которые различались по количеству пшеницы (растение, не являющееся хозяином), посаженных между рядами сои. В каждом из них использовалась одинаковая плотность посадки. Системы земледелия сформировали градиент растительного разнообразия по плотности растений-хозяев и растений-нехозяев. В начале сезона на экспериментальных участках одновременно присутствовали соя и пшеница; после сбора урожая пшеницы все четыре системы земледелия представляли собой монокультуры сои. Перед уборкой пшеницы картофельные цикадки были существенно и значительно более многочисленны в монокультуре, чем в любой из систем совмещения культур. Плотность цикад была чрезвычайно низкой во всех системах совмещения культур. После сбора урожая пшеницы различия между системами монокультуры и совмещения культур постепенно уменьшались, и при меньшем количестве дат сбора наблюдались значительные различия. Самки и самцы имели схожую популяционную динамику и различия между систе-

мами земледелия. Существенных различий в численности между системами совмещения культур обнаружено не было [43].

Одним из наиболее успешных методов ограничения популяции зеленого овощного клопа *Nezara viridula* (L., 1758) в Российской Федерации является классический биометод, включающий подходы к созданию условий для поддержания численности и естественного размножения аборигенных энтомофагов, путем подсева различных нектароносных растений и энтомофильных культур совместно с применением биопрепаратов на основе энтомопатогенных грибов, актиномицетов и нематод. Эти приёмы сдерживают развитие вредителя на хозяйственно неощутимом уровне, снижая его популяцию в среднем на 80,0–85,5% [44].

Проводились исследования по использованию скороспелых сортов при разработке биологических методов защиты сои от чешуекрылых вредителей. Наиболее опасными из около 20 видов по степени повреждения являются *Etiella zinkinella* Tr. и *Helicoverpa armigera* Hb. Показано, что удаленность посевов не менее 500 м от основной резервации вредителей – малины и использование скороспелых сортов обеспечивали минимальные потери в урожае фасоли (не более 0,9–1,9%) [45].

Ресурсосберегающее земледелие было представлено производителям как устойчивый способ повысить продуктивность почвы и смягчить последствия ожидаемых колебаний как климата, так и цен на топливо и удобрения. Исследования в основном сосредоточены на преимуществах покровных культур для качества почвы без учета краткосрочных затрат на внедрение для производителей, сравнивающих их текущие производственные системы с системами сохранения, которые они могут принять. Чтобы восполнить этот пробел в знаниях, свойства почвы, урожайность товарных культур и годовые производственные затраты были оценены в трехлетнем исследовании кукурузы и сои, в ходе которого сравнивалась система предшественников с традиционной системой производства в Миссисипи с 2016 по 2018 год. Традиционная система включала частые обработки почвы и борьбу с озимыми сорняками остаточным почвенным гербицидом (рыхление + оголение). Пять разных уровней систем предшественников, включая систему с нулевой обработкой и посевом покровных культур (нулевая обработка + покровные культуры). Экономические выгоды от замены дорогих традиционных приёмов нулевой обработки и посева покровных культур были намного больше, чем скромные улучшения свойств почвы традиционными методами, наблюдаемые в период с 2016 по 2018 год. Несмотря на то, что урожайность была разной, стоимость производства товарных культур в системе предшественников (нулевая обработка + покровные культуры) была на 43% меньше, чем стоимость традиционной системы (29,67 долл.), подчеркивая краткосрочный экономический стимул для производителей к переходу на щадящее земледелие. Эти результаты показывают, что ресурсосберегающее сельское хозяйство может снизить общие производственные затраты, одновременно снизив риск ускоренной эрозии почвы во время ожидаемых экстремальных погодных явлений, связанных с изменением климата, что может сделать как сельскохозяйственные

операции, так и агроэкосистемы более устойчивыми [46].

В связи со скрытым образом жизни почвенных вредителей регуляция численности их затруднена, особенно в органическом земледелии и с экологической защитой, при этом они наносят значительный экономический ущерб сельскому хозяйству. Как показали исследования, при выращивании кукурузы высевая в междурядья пшеницу, либо смесь из шести растений (травы, бобовые и разнотравье) для защиты от проволочника *Agriotes* – в чистых посевах кукурузы личинки регистрировались в течение всего сезона. Подсевы пшеницы сильно привлекали вредителей в августе, когда культура была наиболее уязвима, тогда как в сентябре, незадолго до уборки, этот эффект проявлялся только в растительной смеси. По сравнению с чистыми посевами кукурузы повреждение растений проволочниками было снижено на 38% и на 55% при совместном посеве с пшеницей и растительной смесью, что повысило урожайность на 30% и 38% соответственно [12].

Покровные культуры с высокой биомассой обеспечивают стабилизацию экосистем. Как смеси, так и разнообразные севообороты могут улучшить положительное воздействие покровных культур. Несмотря на популярность многовидовых смесей покровных культур, опубликовано мало данных об их влиянии на последующую урожайность, особенно при чередовании нескольких культур. Изучалось влияние осеннего посева покровных культур – как смесей, так и их составных монокультур – на последующую урожайность в системе органического земледелия на культурах кукуруза – соя – озимая пшеница в центральной Пенсильвании. Все многовидовые смеси давали высокую биомассу, и ни одна из них не повлияла на урожайность кукурузы по сравнению с паром. Результаты показали, что как многовидовые покровные культуры, так и разнообразные севообороты могут увеличить возможности получения преимуществ покровных культур с высокой биомассой, таких как борьба с эрозией, подавление сорняков, удержание азота и накопление углерода в почве, без ущерба для урожая [47].

В качестве биозащитного приема для борьбы с одним из основных вредителей пшеницы в России: в Краснодарском крае – злаковым листоедом – изучено и рекомендовано использование таких ловчих культур, как яровая пшеница и яровой ячмень, на которых концентрируется вредитель, без заселения озимой пшеницы [48].

В нескольких исследованиях сообщается об отрицательном или нейтральном влиянии смесей покровных культур на урожайность основной. Многовидовые смеси не повлияли на урожайность кукурузы, сои или пшеницы [40; 49–52].

Как показали проведенные многолетние исследования, на численность и развитие фитофагов влияют и различные системы удобрений в посевах озимой пшеницы. Сбалансированное питание оказывают прямое влияние на развитие культуры, и косвенно влияет на вредителей за счет укрепления иммунных барьеров растений. Результаты обследований показали снижение численности злаковых тлей на 12,3–25,3%, пшеничного трипса на 7,4–24,7%, хлебных пилильщиков на 4,3–13,6% [53].

Увеличение численности тлей после обработок происходит за счет неполной гибели их популяций, появления крылатых поселенцев, а также за счет гибели естественных врагов вредителей от препаратов. Влияние севооборота на злаковую тлю варьирует от слабого (3,2%) до сильного (24,5%). В опыте средняя численность злаковых тлей на паровой пшенице была в 1,3 раза выше, чем на четвертом посеве пшеницы после пара. В зерновых, зернопаровых и зернотравяных севооборотах в агроценозах самих предшествующих культур, таких как озимая рожь, ячмень, ячмень с донником, рапс, численность тлей составляла 2,4–5,2, 1,9–12,9, 1,6–5,2, 4,1–7,4 раза ниже соответственно по сравнению с паровой пшеницей. Предшественник под паром создает благоприятные условия для роста и развития растений пшеницы, повышая их питательность, что способствует привлечению к посевам злаковых тлей. На овсе численность злаковых тлей сравнима с их численностью на паровой пшенице или значительно превышает ее [54].

Проводились исследования урожайности смешанных сортовых посевов пшеницы в предгорьях Кавказа, которая составила 4,5 т/га, а рост 9%. В посевах тройной смеси устойчивых сортов Веда и Дельта (25%) с ценным сортом Батько (50%), получена средняя урожайность 52 ц/га по содержанию белка 12%, содержание клейковины 28% и крепость муки 320 а.е. В качестве защитно-экранирующей культуры от злакового листоеда по периметру поля использовался устойчивый скороспелый сорт Кума, который предотвратил заселение, менее устойчивых сортов. Генетическое разнообразие сорта создает условия для регулирования и стабилизации фитосанитарного состояния посевов и повышения их продуктивности. При таком агротехническом приеме становится возможным регулирование и стабилизация фитосанитарной обстановки на полях, повышение урожайности и качества зерна [55].

Севооборот оказался наиболее эффективным в качестве заменителя пестицидов для регулирования численности нематод. С некоторыми вредителями, которые вторгаются на поля из близлежащих районов, можно бороться, изменяя схемы или методы выращивания соседних культур, или на одном поле или в саду можно выращивать несколько культур. Хотя этот подход широко не практикуется многими калифорнийскими производителями, описаны два примера систем, в которых было показано, что совмещение культур ограничивает численность вредителей без использования пестицидов: совмещение хлопка с люцерной и сопутствующий посев овса при посеве люцерны. Эти примеры показывают, что использование диверсификации культур для борьбы с вредителями возможно, но производители должны быть сильно мотивированы для внесения необходимых изменений в схемы выращивания культур. Большинство систем, которые получили широкое распространение, – это те, для которых было доступно несколько других экономически целесообразных методов [56].

Помимо экосистемных преимуществ диверсификации за счет совмещения посевов пшеницы и гороха, анализируются барьеры и рычаги для его внедрения и распространения. Структурирование производственно-сбытовой цепочки вокруг продуктов этой инновационной системы земледелия сталкивается

с набором проблем технического характера, например, отбор сортов, фитосанитарный контроль, последовательность управления посевами, управление сбором, проблемами рынка сбыта и заключения договоров, субсидированием на экосистемные услуги, предоставляемые за счет совмещения культур, что способствует медленному внедрению и распространению в Европе. Тем не менее, цепочка добавленной стоимости, возникающая в результате системы совмещения культур между пшеницей и горохом, имеет рычаги, которые можно использовать на всех уровнях, особенно с точки зрения ее конкурентных преимуществ, преимуществ экосистемы, и превосходное качество продукции [57].

Покровные культуры играют все более важную роль на фермах Северной Америки. Помимо замедления эрозии, улучшения структуры почвы и обеспечения плодородия, они помогают фермерам бороться с вредителями. При ограниченной обработке почвы и тщательном внимании к выбору сортов, размещению и срокам покровные культуры могут уменьшить заселение насекомыми, нематодами, сорняками и распространения болезней. Системы покровных культур для борьбы с вредителями помогают свести к минимуму использование пестицидов и, как следствие, сократить расходы, уменьшить воздействие химических веществ, защитить окружающую среду и получать экологически чистую продукцию [58].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных показал, что научно обоснованный севооборот с включением посевов сортосмесей, краевых ловчих или медоносных культур, учитывающий общих вредителей для чередующихся предшественников и основных посевов, правильное использование удобрений и направленных приёмов на улучшение здоровья почвы и растений, позволит стабилизировать экологическое состояние агроэкосистем, повысить безопасность окружающей природной среды и уровень рентабельности агропроизводства. Однако многие вопросы остаются малоизученными, например, в некоторых случаях эффективность от тех или иных приёмов была довольно низкой, что требует пристального внимания и дальнейших исследований. По нашему опыту перевод садового хозяйства от интенсивно использующего различные инсектициды на экологическую защиту с эффективным использованием природных ресурсов – естественных врагов занимает в среднем несколько лет – от 3-х до 6-ти и зависит от окружающих культур. Возможные отрицательные результаты зависели от общей агротехники, принятой в хозяйстве: общего применения пестицидов, имеющихся севооборотов и т.д. Изучение влияния различных приёмов с повышением биоразнообразия в агроценозах имеет большой потенциал и перспективу для дальнейшего изучения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научно-исследовательской работы по теме № ФГРН-2022-0002.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out in accordance with the State Task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of research work on topic No. FGRN-2022-0002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yang R., Yang L., Ge B., Qi Y., Chen T., Deng A., et al. 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. V. 405. Article ID: 115424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115424>
2. Dallimer M., Tinch D., Acs S., Hanley N., Southall H.R., Gaston K.J., et al. 100 years of change: examining agricultural trends, habitat change and stakeholder perceptions through the 20th century // *Journal of Applied Ecology*. 2009. V. 46. P. 334–343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01619.x>
3. Edlinger A., Saghai A., Herzog C., Degrune F., Garland G. Towards a multidimensional view of biodiversity and ecosystem functioning in a changing world // *New Phytol.* 2020. V. 228. P. 820–822. <https://doi.org/10.1111/nph.16881>
4. Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W-F., Daniell T.J., George T.S., Hallett P.D., et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology // *New Phytologist*. 2015. V. 206. N 1. P. 107–117. <https://doi.org/10.1111/nph.13132>
5. He H., Liu L., Munir S., Bashir N., Wang Y., Yang J., et al. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. V. 18. P. 1945–1952. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62689-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62689-4)
6. Toigildina I., Morozov V., Podsevalov M., Ayupov D., Toigildina I., Mustafina R. Factors of biologization of farming in the forest-steppe zone of Volga region // *Proc International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Russia (Ulyanovsk) (FIES 2019), BIO Web of Conferences*. 2020. N 17. Article ID: 00173. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700173>
7. Мостяк И. Комплексная система защиты растений при формировании сбалансированных агроэкосистем // *Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие АПК в условиях роботизации и цифровизации производства в России и за рубежом», (DAIC 2020) Сбалансированное природопользование*. 2020. N 00. С. 77–86. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203932>
8. Коршунов С.А., Любовецкая А.А., Асатурова А.М., и соавт. Органическое земледелие: инновационные технологии, опыт, перспективы. Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский). Москва. 2019. С. 92.
9. Boiteau G., Picka J.D., Watmough J. Potato field colonization by low-density populations of Colorado potato beetle as a function of crop rotation distance // *J Econ Entomol*. 2008. V. 101. N 5. P. 1575–1583. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1575:PFCBLP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1575:PFCBLP]2.0.CO;2)
10. Han P., Lavoit A-V., Rodriguez-Saona C., Desneux N. Bottom-Up Forces in Agroecosystems and Their Potential Impact on Arthropod Pest Management. // *Annual Review of Entomology*. 2021. V. 67. P. 239–259. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060121-060505>
11. Gurr G., Wratten S., Landis D., You M. Habitat Management to Suppress Pest Populations: Progress and Prospects // *Annual review of entomology*. 2016. V. 62. pp. 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
12. Staudacher K., Schallhart N., Thalinger B., Wallinger C., Juen A., Traugott M. Plant diversity affects behavior of generalist root herbivores, reduces crop damage, and enhances crop yield // *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*. 2013. V. 23. N 5. P. 1135–1145. <https://doi.org/10.1890/13-0018.1>
13. Bybee-Finley K.A., Matthew R.R. Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes // *Agriculture*. 2018. V. 8. N 6. Article ID: 80. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>
14. Chateil C., Goldringer I., Tarallo L., Kerbiriou C., Le Viol I., Ponge J-F., et al. Crop genetic diversity benefits farmland biodiversity in cultivated fields // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2013. V. 171. P. 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.004>
15. Tooker J.F., Frank S.D. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields // *Journal of Applied Ecology*. 2012. V. 49. P. 974–985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x>
16. Rusch A., Chaplin-Kramer R., Gardiner M., Hawro V., Holland J., Landis D., et al. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. V. 221. P. 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>
17. Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A. The use of push-pull strategies in integrated pest management // *Annual Review of Entomology*. 2007. V. 52. N 1. P. 375–400. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091407>
18. Hokkanen H. Trap cropping in pest management // *Annual Review of Entomology*. 2003. V. 36. N 1. P. 119–38. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001003>
19. Parolin P., Bresch C., Poncet C., Desneux N. Functional characteristics of secondary plants for increased pest management. *International Journal of Pest Management*. 2012. V. 58. N 4. P. 369–377. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.734869>
20. Kansman J., Nalam V., Nachappa P., Finke D. Plant water stress intensity mediates aphid host choice and feeding behavior // *Ecological Entomology*. 2020. V. 45. N 6. P. 1437–1444. <https://doi.org/10.1111/een.12928>
21. Dunbar M.W., O'Neal M.E., Gassmann A.J. Increased Risk of Insect Injury to Corn Following Rye Cover Crop // *Journal of Economic Entomology*. 2016. V. 109. N 4. P. 1691–1697. <https://doi.org/10.1093/jee/tow101>
22. Rahman M, Joaty J., Islam M.M. Intercropping for insect pest management in sustainable agriculture: A review // *Journal of Tropical Agriculture*. 2020. V. 43. P. 11–22. <https://doi.org/10.11189/bita.43.11>
23. Priyadarshana T.S., Lee M-B., Ascher J.S., Qiu L., Goodale E. Crop heterogeneity is positively associated with beneficial insect diversity in subtropical farmlands // *Journal of Applied Ecology*. 2021. V. 58. Iss. 12. P. 2747–2759. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14005>
24. Schulthess F., Chabi-Olaye A., Gounou S. Multi-trophic level interactions in a cassava-maize mixedcropping system in the humid tropics of West Africa // *Bull. Entomol. Res.* 2004. V. 94. Iss. 3. P. 261–272. <https://doi.org/10.1079/ber2004296>
25. Ninkovic V., Dahlin I., Radonjic A., Petrovic-Obradovic O., Glinwood R., Webster B. Volatile Exchange between Undamaged Plants - a New Mechanism Affecting Insect Orientation in Intercropping // *PLoS ONE*. 2013. V. 8. N 7. Article number: e69431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069431>
26. Batyrshina Z.S., Cna'ani A., Rozenberg T., Seifan M., Tzin V. The combined impacts of wheat spatial position and phenology on cereal aphid abundance // *Peer J*. 2020. V. 8. Article ID: 9142. <https://doi.org/10.7717/peerj.9142>
27. Mansion-Vaquie A., Ferrer A., Ramon-Portugal F., Wezel A., Magro A. Intercropping impacts the host location behaviour and population growth of aphids // *Entomologia*

- Experimentalis et Applicata. 2019. V. 168. N 1. P. 113–117. <https://doi.org/10.1111/eea.12848>
28. Zhou H., Chen L., Chen J., Francis F., Haubruge E., Liu Y., et al. Adaptation of Wheat-Pea Intercropping Pattern in China to Reduce *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) Occurrence by Promoting Natural Enemies // *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 2013. V. 37. N 9. P. 1001–1016. <https://doi.org/37.10.1080/21683565.2013.763887>
29. Mansion-Vaquie A., Wezel A., Ferrer A. Wheat genotypic diversity and intercropping to control cereal aphids // *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2019. V. 285. Article ID: 106604. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2019.106604>
30. Tolosa T.A., Tamiru A., Midega C., Van den Berg J., Birkett M., Woodcock C., et al. Molasses Grass Induces Direct and Indirect Defense Responses in Neighbouring Maize Plants // *Journal of Chemical Ecology*. 2019. V. 45. N 11–12. P. 982–992. <https://doi.org/10.1007/s10886-019-01122-z>
31. Uvah I.I.I., Coaker T.H. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions // *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1984. V. 36. Iss. 2. P. 159–167. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1984.tb03422.x>
32. Zhou H., Chen J., Liu Y., Francis F., Haubruge E., Bragard C., et al. Influence of Garlic Intercropping or Active Emitted Volatiles in Releasees on Aphid and Related Beneficial in Wheat Fields in China // *Journal of Integrative Agriculture*. 2013. V. 12. N 3. P. 467–473. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60247-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60247-6)
33. Lopes T., Bodson B., Francis F. Associations of Wheat with Pea Can Reduce Aphid Infestations // *Neotropical Entomology*. 2015. V. 44. P. 286–293. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0282-9>
34. Lopes T., Hatt S., Xu Q., Chen J., Liu Y., Francis F. Wheat (*Triticum aestivum* L.) – based intercropping systems for biological pest control // *Pest Management Science*. 2016. V. 72. P. 2193–2202. <https://doi.org/10.1002/ps.4332>
35. Танский В.И., Тулеева А.К. Влияние предшественников на вредных и полезных насекомых весной. Урожай пшеницы // *Новости защиты растений*. 2005. N 1. С. 27–31.
36. Carmona G., Rees J., Seymour R., Wright R., Mc Mehan A. Wheat Stem Maggot (Diptera: Chloropidae): An Emerging Pest of Cover Crop to Corn Transition Systems // *Plant Health Progress*. 2019. V. 20. N 3. P. 147–154. <http://dx.doi.org/10.1094/PHP-01-19-0009-S>
37. Mollaie M., Ali S., Asghar F., Gadir N-G., Mehdi H., Ali G. Effects of strip intercropping of canola with faba bean, field pea, garlic, or wheat on control of cabbage aphid and crop yield // *Plant Protection Science*. 2021. V. 57. N 1. P. 59–65. <https://doi.org/10.17221/132/2019-PPS>
38. Davidson-Lowe E., Ray S., Murrell E., Kaye J., Ali J. Cover Crop Soil Legacies Alter Phytochemistry and Resistance to Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize // *Environmental Entomology*. 2021. V. 50. N 6. P. 958–967. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab047>
39. Mutyambai D., Niassy S., Calatayud P-A., Subramanian S. Agronomic Factors Influencing Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Infestation and Damage and Its Co-Occurrence with Stem-borers in Maize Cropping Systems in Kenya // *Insects*. 2022. V. 13. Article ID: 266. <https://doi.org/10.3390/insects13030266>
40. Pitan O., Odebiyi J. The effect of intercropping with maize on the level of infestation and damage by pod-sucking bugs in cowpea // *Crop Protection*. 2001. V. 20. P. 367–372. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00135-6)
41. Koch R., Porter P., Harbur M., Abrahamson M., Wyckhuys K., Ragsdale D., et al. Response of Soybean Insects to an Autumn-Seeded Rye Cover Crop Response of Soybean Insects to an Autumn-Seeded Rye Cover Crop // *Environmental Entomology*. 2012. V. 41. N 4. P. 750–760. <http://dx.doi.org/10.1603/EN11168>
42. Пушня М.В., Снесарева Е.Г. Агробиотехнологические методы защиты картофеля от клубневой моли. В центральной зоне Краснодарского края // *Достижения науки техники АПК*. 2018. Т. 32. N 3. С. 79–82. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10316>
43. Miklasiewicz T.J., Hammond R.B. Density of potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) in response to soybean-wheat cropping systems // *Environmental Entomology*. 2001. V. 30. N 2. P. 204–214. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.204>
44. Пушня М.В., Снесарева Е.Г., Родионова Е.Ю. Использование приемов биологического контроля инвазивного вида щитника – зеленого овощного клопа *Nezara viridula* L. (обзор) // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. N 12. С. 50–63. https://doi.org/10.53859/02352451_2021_35_12_50
45. Пушня М.В., Снесарева Е.Г., Родионова Е.Ю. Разработка биологических методов защиты *Glycine max* L. в центральной зоне Краснодарского края // *Материалы V международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки», Симферополь, 2020. С. 89–91. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-42*
46. Jacobsae A.A., Evansb R.S., Allisona J.K., Garnerc E.R., Kingeryd W.L., McCulleey R.L. Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production system // *Soil and Tillage Research*. 2022. V. 218. Article ID: 105310. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105310>
47. Hunter M.C., Schipanski M.E., Burgess M.H., La Chance J.C., Bradley B.A., Barbercheck M.E., et al. Cover Crop Mixture Effects on Maize, Soybean, and Wheat Yield in Rotation // *Agricultural & Environmental Letters*. 2019. V. 4. N 1. Article ID: 180051. <https://doi.org/10.2134/ael2018.10.0051>
48. Родионова Е.Ю., Пушня М.В., Снесарева Е.Г. Разработка биологических методов борьбы с пьявицей краснотрудовой *Oulema (Lema) melanorus* L // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018. N 55. С. 279–283. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-55-279-283>
49. Wortman S.E., Francis C.A., Bernardis M.L., Drijber R.A., Lindquist J.L. Optimizing cover crop benefits with diverse mixtures and an alternative termination method // *Agronomy Journal*. 2012. V. 104. P. 1425–1435. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0185>
50. Reese C.L., Clay D.E., Clay S.A., Bich A.D., Kennedy A.C., Hansen S.A., et al. Winter cover crops impact on corn production in semiarid regions // *Agronomy Journal*. 2014. V. 106. P. 1479–1488. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0540>
51. Nielsen D.C., Lyon D.J., Higgins R.K., Hergert G.W., Holman J.D., Vigil M.F. Cover crop effect on subsequent wheat yield in the central Great Plains // *Agronomy Journal*. 2016. V. 108. P. 243–256. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0372>
52. Kyamanywa S., Tukahirwa E. Effect of Mixed Cropping Beans, Cowpeas and Maize on Population Densities of Bean Flower Thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thripidae) // *International Journal of Tropical Insect Science*. 1988. V. 9. P. 255–259. <https://doi.org/10.1017/S174275840006081>
53. Глазунова Н.Н., Безгина Ю.А., Мазнищана Л.В., Сутко А.П., Тутуржанс Л.В. Влияние длительного применения систем удобрения на видовой состав и численность насекомых-фитофагов и их энтомофагов в посевах озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // *Агрехимический вестник*. 2018. N 4. С. 46–50.
54. Bokina I.G. Lacewings (Chrysopidae, Neuroptera) in cereal agrocenoses of the forest-steppe of Western Siberia //

- Entomological Review. 2010. N 90. P. 689–697.
<https://doi.org/10.1134/S0013873810060035>
55. Manukyan I.R., Miroshnikova E.S., Gasiev V.I., Abieva T.S., Machneva N.L., Skamarokhova A.S., et al. The assessment of winter wheat agroecosystems adaptivity in the conditions of the submontane zone of the Central Caucasus // *Plant Science Today*. 2020. V. 7. N 4. P. 623–626.
<https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.4.925>
56. Flint M., Roberts P. Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples // *American Journal of Alternative Agriculture*. 1988. V. 3. P. 163–167.
<https://doi.org/10.1017/S0889189300002447>
57. Mammine F., Fares M. Barriers and Levers to Developing Wheat-Pea Intercropping in Europe: A Review // *Sustainability*. 2020. V. 12. N 17. Article ID: 6962.
<https://doi.org/10.3390/su12176962>
58. Phatak S., Díaz-Pérez J. Managing pests with cover crops. In: *Managing Cover Crops Profitably*. Edition: 2nd. Chapter: Managing pests with cover crops Clark A (eds.) // *Sustainable Agriculture*. 2007. P. 25–33.
- REFERENCES**
- Yang R., Yang L., Ge B., Qi Y., Chen T., Deng A., et al. 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 id: 115424.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115424>
 - Dallimer M., Tinch D., Acs S., Hanley N., Southall H.R., Gaston K.J., et al. 100 years of change: examining agricultural trends, habitat change and stakeholder perceptions through the 20th century. *Journal of Applied Ecology*, 2009, vol. 46, pp. 334–343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01619.x>
 - Edlinger A., Saghai A., Herzog C., Degrune F., Garland G. Towards a multidimensional view of biodiversity and ecosystem functioning in a changing world. *New Phytol*, 2020, vol. 228, pp. 820–822. <https://doi.org/10.1111/nph.16881>
 - Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W-F., Daniell T.J., George T.S., Hallett P.D., et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 2015, vol. 206, no. 1, pp. 107–117. <https://doi.org/10.1111/nph.13132>
 - He H., Liu L., Munir S., Bashir N., Wang Y., Yang J., et al. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, vol. 18, pp. 1945–1952. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62689-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62689-4)
 - 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. Proc International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Russia (Ulyanovsk) (FIES 2019). BIO Web of Conferences, 2020, no. 17, article id: 00173.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700173>
 - Mostoyak I. Integrated plant protection system in formation of balanced agroecosystems. Proc International Scientific and Practical Conference “Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad”, (DAIC 2020) *Balanced nature using*, 2020, no. 00, pp. 77–86. (In Russian). <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203932>
 - Korshunov S.A., Lyubovetskaya A.A., Asaturova A.M., et al. *Organicheskoe zemledelie: innovatsionnye tekhnologii, opyt, perspektivy* [Organic farming: innovative technologies, experience, prospects]. Moscow, 2019, pp. 92. (In Russian)
 - Boiteau G., Picka J.D., Watmough J. Potato field colonization by low-density populations of Colorado potato beetle as a function of crop rotation distance. *J Econ Entomol*, 2008, vol. 101, no. 5, pp. 1575–1583.
[https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1575:PFCBLP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1575:PFCBLP]2.0.CO;2)
 - Han P., Lavoire A-V., Rodriguez-Saona C., Desneux N. Bottom-Up Forces in Agroecosystems and Their Potential Impact on Arthropod Pest Management. *Annual Review of Entomology*, 2021, vol. 67, pp. 239–259.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060121-060505>
 - Gurr G., Wratten S., Landis D., You M. Habitat Management to Suppress Pest Populations: Progress and Prospects. *Annual review of entomology*, 2016, vol. 62, pp. 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
 - Staudacher K., Schallhart N., Thalinger B., Wallinger C., Juen A., Traugott M. Plant diversity affects behavior of generalist root herbivores, reduces crop damage, and enhances crop yield. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*, 2013, vol. 23, no. 5, 1135–1145.
<https://doi.org/10.1890/13-0018.1>
 - Bybee-Finley K.A., Matthew R.R. Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes. *Agriculture*, 2018, vol. 8, no. 6, article id: 80. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>
 - Chateil C., Goldringer I., Tarallo L., Kerbiriou C., Le Viol I., Ponge J-F., et al. Crop genetic diversity benefits farmland biodiversity in cultivated fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2013, vol. 171, pp. 25–32.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.004>
 - Tooker J.F., Frank S.D. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology*, 2012, vol. 49, pp. 974–985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x>
 - Rusch A., Chaplin-Kramer R., Gardiner M., Hawro V., Holland J., Landis D., et al. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016, vol. 221, pp. 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>
 - Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, 2007, vol. 52, no 1, pp. 375–400.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091407>
 - Hokkanen H. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 2003, vol. 36, no. 1, pp. 119–138. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001003>
 - Parolin P., Bresch C., Poncet C., Desneux N. Functional characteristics of secondary plants for increased pest management. *International Journal of Pest Management*, 2012, vol. 58, no. 4, pp. 369–377.
<https://doi.org/10.1080/09670874.2012.734869>
 - Kansman J., Nalam V., Nachappa P., Finke D. Plant water stress intensity mediates aphid host choice and feeding behavior. *Ecological Entomology*, 2020, vol. 45, no. 6, pp. 1437–1444. <https://doi.org/10.1111/een.12928>
 - Dunbar M.W., O’Neal M.E., Gassmann A.J. Increased Risk of Insect Injury to Corn Following Rye Cover Crop. *Journal of Economic Entomology*, 2016, vol. 109, no. 4, pp. 1691–1697.
<https://doi.org/10.1093/jee/tow101>
 - Rahman M., Joaty J., Islam M.M. Intercropping for insect pest management in sustainable agriculture: A review. *Journal of Tropical Agriculture*, 2020, vol. 43, pp. 11–22.
<https://doi.org/10.11189/bit.43.11>
 - Priyadarshana T.S., Lee M-B., Ascher J.S., Qiu L., Goodale E. Crop heterogeneity is positively associated with beneficial insect diversity in subtropical farmlands. *Journal of Applied Ecology*, 2021, vol. 58, iss. 12, pp. 2747–2759.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.14005>
 - Schulthess F., Chabi-Olaye A., Gounou S. Multi-trophic level interactions in a cassava-maize mixedcropping system in the humid tropics of West Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 2004, vol. 94, iss. 3, pp. 261–272.
<https://doi.org/10.1079/ber2004296>

25. Ninkovic V., Dahlin I., Radonjic A., Petrovic-Obradovic O., Glinwood R., Webster B. Volatile Exchange between Undamaged Plants – a New Mechanism Affecting Insect Orientation in Intercropping. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, no. 7, article number: e69431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069431>
26. Batyrshina Z.S., Cna'ani A., Rozenberg T., Seifan M., Tzin V. The combined impacts of wheat spatial position and phenology on cereal aphid abundance. *Peer J*, 2020, vol. 8, article id: 9142. <https://doi.org/10.7717/peerj.9142>
27. Mansion-Vaquie A., Ferrer A., Ramon-Portugal F., Wezel A., Magro A. Intercropping impacts the host location behaviour and population growth of aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2019, vol. 168, no. 1, pp. 113–117. <https://doi.org/10.1111/eea.12848>
28. Zhou H., Chen L., Chen J., Francis F., Haubruge E., Liu Y., et al. Adaptation of Wheat-Pea Intercropping Pattern in China to Reduce *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) Occurrence by Promoting Natural Enemies. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2013, vol. 37, no. 9, pp. 1001–1016. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.763887>
29. Mansion-Vaquie A., Wezel A., Ferrer A. Wheat genotypic diversity and intercropping to control cereal aphids. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2019, vol. 285, article id: 106604. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2019.106604/>
30. Tolosa T.A., Tamiru A., Midega C., Van den Berg J., Birkett M., Woodcock C., et al. Molasses Grass Induces Direct and Indirect Defense Responses in Neighbouring Maize Plants. *Journal of Chemical Ecology*, 2019, vol. 45, no. 11–12, pp. 982–992. <https://doi.org/10.1007/s10886-019-01122-z>
31. Uvah I.I.I., Coaker T.H. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1984, vol. 36, iss. 2, pp. 159–167. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1984.tb03422.x>
32. Zhou H., Chen J., Liu Y., Francis F., Haubruge E., Bragard C., et al. Influence of Garlic Intercropping or Active Emitted Volatiles in Releasers on Aphid and Related Beneficial in Wheat Fields in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, vol. 12, no. 3, pp. 467–473. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60247-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60247-6)
33. Lopes T., Bodson B., Francis F. Associations of Wheat with Pea Can Reduce Aphid Infestations. *Neotropical Entomology*, 2015, vol. 44, pp. 286–293. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0282-9>
34. Lopes T., Hatt S., Xu Q., Chen J., Liu Y., Francis F. Wheat (*Triticum aestivum* L.) – based intercropping systems for biological pest control. *Pest Management Science*, 2016, vol. 72, pp. 2193–2202. <https://doi.org/10.1002/ps.4332>
35. Tanskyi V.I., Tuleeva A.K. Influence of predecessors on noxious and beneficial insects in spring. Wheat crops. *Novosti zashchity rastenii* [Plant Protection News]. 2005, no. 1, pp. 27–31. (In Russian)
36. Carmona G., Rees J., Seymour R., Wright R., Mc Mechan A. Wheat Stem Maggot (Diptera: Chloropidae): An Emerging Pest of Cover Crop to Corn Transition Systems. *Plant Health Progress*, 2019, vol. 20, no. 3, pp. 147–154. <http://dx.doi.org/10.1094/PHP-01-19-0009-S>
37. Mollaei M., Ali S., Asghar F., Gadir N-G., Mehdi H., Ali G. Effects of strip intercropping of canola with faba bean, field pea, garlic, or wheat on control of cabbage aphid and crop yield. *Plant Protection Science*. 2021. vol. 57, no. 1, pp. 59–65. <https://doi.org/10.17221/132/2019-PPS>
38. Davidson-Lowe E., Ray S., Murrell E., Kaye J., Ali J. Cover Crop Soil Legacies Alter Phytochemistry and Resistance to Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize. *Environmental Entomology*, 2021, vol. 50, no. 6, pp. 958–967. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab047>
39. Mutyambai D., Niassy S., Calatayud P-A., Subramanian S. Agronomic Factors Influencing Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Infestation and Damage and Its Co-Occurrence with Stemborers in Maize Cropping Systems in Kenya. *Insects*, 2022, vol. 13, article id: 266. <https://doi.org/10.3390/insects13030266>
40. Pitan O., Odebiyi J. The effect of intercropping with maize on the level of infestation and damage by pod-sucking bugs in cowpea. *Crop Protection*, 2001, vol. 20, pp. 367–372. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00135-6)
41. Koch R., Porter P., Harbur M., Abrahamson M., Wyckhuys K., Ragsdale D., et al. Response of Soybean Insects to an Autumn-Seeded Rye Cover Crop Response of Soybean Insects to an Autumn-Seeded Rye Cover Crop. *Environmental Entomology*, 2012, vol. 41, no. 4, pp. 750–760. <http://dx.doi.org/10.1603/EN11168>
42. Pushnya M.V., Snesareva E.G. Agrobiotechnological methods for potato protection from potato tuber moth. In the central zone of Krasnodar krai. *Achievements of science technology and agriculture*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 79–82. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10316>
43. Miklasiewicz T.J., Hammond R.B. Density of potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) in response to soybean-wheat cropping systems. *Environmental Entomology*, 2001, vol. 30, no. 2, pp. 204–214. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.204>
44. Pushnya M.V., Snesareva E.G., Rodionova E.Yu. Ispol'zovaniye priyemov biologicheskogo kontrolya invazivnogo vida shchitnika – zelenogo ovoshchnogo klopa Nezara viridula L. (obzor). *Achievements of science technology and agriculture*, 2021, vol. 35, no. 12, pp. 50–63. (In Russian) https://doi.org/10.53859/02352451_2021_35_12_50
45. Pushnya M.V., Snesareva E.G., Rodionova E.Yu. Razrabotka biologicheskikh metodov zashchity Glycine max L. v tsentral'noi zone Krasnodarskogo kraia [Development of biological methods of Glycine max L. protection in the central zone of the Krasnodar Territory]. *Materialy V mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoi nauki», Simferopol', 2020* [Proceedings of V international scientific conference "current state, problems and prospects of the development of agrarian science." Simferopol, 2020]. Simferopol, 2020, pp. 89–91. (In Russian) DOI: 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-42
46. Jacobsae A.A., Evansb R.S., Allisona J.K., Garnerc E.R., Kingeryd W.L., McCulleey R.L. Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production system. *Soil and Tillage Research*, 2022, vol. 218, article id: 105310. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105310>
47. Hunter M.C., Schipanski M.E., Burgess M.H., La Chance J.C., Bradley B.A., Barbercheck M.E., et al. Cover Crop Mixture Effects on Maize, Soybean, and Wheat Yield in Rotation. *Agricultural & Environmental Letters*, 2019, vol. 4, no. 1, article id: 180051. <https://doi.org/10.2134/aer2018.10.0051>
48. Rodionova E.Yu., Pushnya M.V., Snesareva E.G. Razrabotka biologicheskikh metodov bor'by s p'yavitsey krasnogrudoy *Oulema* (*Lema*) *melanorua* L. *Fruit and berry growing in Russia*, 2018, no. 55, pp. 279–283. (In Russian) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-55-279-283>
49. Wortman S.E., Francis C.A., Bernards M.L., Drijber R.A., Lindquist J.L. Optimizing cover crop benefits with diverse mixtures and an alternative termination method. *Agronomy Journal*, 2012, vol. 104, pp. 1425–1435. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0185>
50. Reese C.L., Clay D.E., Clay S.A., Bich A.D., Kennedy A.C., Hansen S.A., et al. Winter cover crops impact on corn production in semiarid regions. *Agronomy Journal*, 2014, vol. 106, pp. 1479–1488. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0540>
51. Nielsen D.C., Lyon D.J., Higgins R.K., Hergert G.W., Holman J.D., Vigil M.F. Cover crop effect on subsequent wheat

- yield in the central Great Plains. *Agronomy Journal*, 2016, vol. 108, pp. 243–256. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0372>
52. Куаманыа S., Тухаирва E. Effect of Mixed Cropping Beans, Cowpeas and Maize on Population Densities of Bean Flower Thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thripidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 1988, vol. 9, pp. 255–259. <https://doi.org/10.1017/S1742758400006081>
53. Glasunova N.N., Bezgina Yu.A., Maznitsyna L.V., Sutko A.P., Tuturzhans L.V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sistem udobreniya na vidovoi sostav i chislennost' nasekomykh-fitofagov i ikh entomofagov v posevakh ozimoi pshenitsy na vyshchelochennom chernozeme. *Agrochemical Bulletin*, 2018, no. 4, pp. 46–50. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2018-1001>
54. Bokina I.G. Lacewings (Chrysopidae, Neuroptera) in cereal agroecosystems of the forest-steppe of Western Siberia. *Entomological Review*, 2010, no. 90, pp. 689–697. <https://doi.org/10.1134/S0013873810060035>
55. Manukyan I.R., Miroshnikova E.S., Gasiev V.I., Abieva T.S., Machneva N.L., Skamarokhova A.S., et al. The assessment of winter wheat agroecosystems adaptivity in the conditions of the submontane zone of the Central Caucasus. *Plant Science Today*, 2020, vol. 7, no. 4, pp. 623–626. <https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.4.925>
56. Flint M., Roberts P. Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1988, vol. 3, pp. 163–167. <https://doi.org/10.1017/S0889189300002447>
57. Mamine F., Fares M. Barriers and Levers to Developing Wheat–Pea Intercropping in Europe: A Review. *Sustainability*, 2020, vol. 12, no. 17, article id: 6962. <https://doi.org/10.3390/su12176962>
58. Phatak S., Díaz-Pérez J. Managing pests with cover crops. In: *Managing Cover Crops Profitably*. Edition: 2nd. Chapter: Managing pests with cover crops Clark A (eds.). *Sustainable Agriculture*, 2007, pp. 25–33.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Екатерина Г. Снесарева и Алёна Ю. Нестерова (Собина) провели исследования. Ирина В. Балахнина разработала концепцию, сформулировала методы, провела исследование, проанализировала результаты и написала рукопись. [Марина В. Пушня] провела исследование, проанализировала результаты и корректировала рукопись до подачи в редакцию. Оксана Ю. Кремнева разработала концепцию, корректировала рукопись до подачи в редакцию и занималась привлечением финансирования. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ekaterina G. Snesareva and Alena Yu. Nesterova (Sobina) conducted research. Irina V. Balakhnina developed the concept, formulated the methods, conducted the study, analyzed the results, and wrote the manuscript. Oksana Yu. Kremneva developed the concept, corrected the manuscript before submitting it to the editorial office, and was involved in fundraising. [Marina V. Pushnya] conducted the research, analyzed the results and corrected the manuscript before submitting it to the editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

[Марина В. Пушня / Marina V. Pushnya] <http://orcid.org/0000-0002-7133-9533>
 Ирина В. Балахнина / Irina V. Balakhnina <http://orcid.org/0000-0002-2326-221X>
 Оксана Ю. Кремнева / Oksana Yu. Kremneva <http://orcid.org/0000-0003-0982-6821>
 Алёна Ю. Нестерова (Собина) / Alena Yu. Nesterova (Sobina) <http://orcid.org/0000-0002-9965-4842>
 Екатерина Г. Снесарева / Ekaterina G. Snesareva <http://orcid.org/0000-0003-4617-3604>