

Научная статья

Original article

УДК 631.874.2

DOI 10.55186/25876740_2024_8_3_20

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИДЕРАТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА**

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SIDERATES ON THE BIOLOGICAL
PROPERTIES OF PODZOLIZED CHERNOZEM IN THE CONDITIONS OF THE
MIDDLE URALS**



Чулков Вячеслав Аркадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения, агроэкологии и химии им. проф. Н.А. Иванова, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. +7-950-195-04-68, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9268-473>, ares_68@mail.ru

Чулкова Валентина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. +7-908-916-40-75, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4757-96650>, vchulkova756@mail.ru

Павленкова Татьяна Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), ORCID 0000-0002-1474-5957, +7-904-548-11-43, pavlenkova_tatyana2@mail.ru

Сергеева Людмила Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), ORCID 0000-0003-3552-7286, +7-908-638-21-93, sergeevaludmilarogoz@yandex.ru

Синякова Ольга Валерьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), ORCID 0000-0009-0007-5878-2147, +7-908-636-57-61, olenka50488@mail.ru

Vyacheslav A. Chulkov, candidate of agricultural sciences, associate professor of the soil science, agroecology and chemistry department named after prof. N. A. Ivanov, Ural state agrarian university (**23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia**), tel. +7-950-195-04-68, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9268-473>, ares_68@mail.ru

Valentina V. Chulkova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the soil science, associate Professor of the Department of Crop Production and Breeding, Ural state agrarian university (**23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia**), tel. +7-908-916-40-75, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4757-9665>, vchulkova756@mail.ru

Tatyana V. Pavlenkova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the soil science, associate Professor of the Department of Crop Production and Breeding, Ural state agrarian university (**23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia**), tel. +7-904-548-11-43, ORCID 0000-0002-1474-5957, pavlenkova_tatyana2@mail.ru

Lyudmila B. Sergeyeva, candidate of agricultural sciences, associate professor of the soil science, associate Professor of the Department of Crop Production and Breeding, Ural state agrarian university (**23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075**

Russia), tel. +7-908-638-21-93, ORCHID 0000-0003-3552-7286, sergeevaludmilarogoz@yandex.ru

Olga V. Sinyakova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the soil science, associate Professor of the Department of Crop Production and Breeding, Ural state agrarian university (**23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia**), tel. +7-908-636-57-61, ORCHID 0000-0009-0007-5878-2147, olenka50488@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено влияние сельскохозяйственных культур (горохо-овсянная смесь, люпин узколистный, горчица, рапс, овес на з/м) выращенных по системе органического земледелия без применения минеральных удобрений и на фоне с внесением нитроаммофоски в дозе 30 кг д.в., используемых в качестве сидерата на биологические свойства чернозема оподзоленного. Установлено, что индикаторами повышения биологических свойств почвы чернозема оподзоленного является количество и биомасса дождевых червей. Наибольшее количество дождевых червей и капролитов весной и осенью 2023 г. наблюдалось после заправки горохо - овсяной смеси как на фоне применения минеральных удобрений, так и без их использования. На Среднем Урале в качестве предшественника под ячмень из сидеральных культур наиболее эффективно использовать горохо-овсянную смесь и люпин узколистный, обеспечивающих наибольшую урожайность зерна и оказывающих благоприятное влияние на биологические свойства почвы. Анализ урожайности ячменя показал, что внесение азофоски в дозе 30 кг д.в. обеспечило существенную прибавку урожая по сравнению с горохо-овсянной смесью только в варианте с заправкой люпина - 0,25 т/га.

Annotation. The article considers the effect of agricultural crops (pea-oat mixture, narrow-leaved lupin, mustard, rapeseed, oats on grain) grown according to the organic farming system without the use of mineral fertilizers and against the background with the introduction of nitroammophosky at a dose of N30P30K30 kg d.v., used as a siderate on the biological properties of podzolized chernozem. It has been established that the number and biomass of earthworms are indicators of an

increase in the biological properties of the soil of podzolized chernozem. The largest number of earthworms and caprolites in the spring and autumn of 2023 was observed after plowing the pea-oat mixture both against the background of the use of mineral fertilizers and without their use. In the Middle Urals, pea-oat mixture and narrow-leaved lupine are most effectively used as a precursor for barley from sideral crops, providing the highest grain yield and having a beneficial effect on the biological properties of the soil. The analysis of barley yield showed that the introduction of azofoska at a dose of N30P30K30 kg d.v. provided a significant increase in yield only in the variant with lupine plowing - 0.25 t/ha

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, биомасса дождевых червей, биологические свойства почвы, сидераты, урожайность, последствие, органическое земледелие, Средний Урал.

Keywords: podzolized chernozem, biomass of earthworms, biological properties of soil, siderates, yield, aftereffect, organic farming, Middle Urals.

Введение

Сохранение и восстановление природного плодородия почв является одной из приоритетных задач современного земледелия. По мнению ряда исследователей за прошедшее столетие уровень плодородия почв в большинстве аграрных регионов нашей страны снизился в два раза. Несмотря на растущие объёмы применения минеральных удобрений, плодородие почв во всех регионах продолжает неуклонно снижаться. За последние полтора десятка лет, содержание гумуса в абсолютном выражении в среднем по России снизилось на 0,4% [1].

Роль минеральных удобрений в увеличении гумусированности почв до недавнего времени рассматривалась с положительной стороны. Однако все чаще специалисты выражают сомнение по поводу возможности повышения содержания органического вещества за счет применения минеральных удобрений [3].

В опытах, проведенных в ГАУ Северного Зауралья, также было подтверждено, что использование минеральных удобрений активизирует минерализацию гумуса в почве. Это по мнению авторов необходимо учитывать при разработке системы удобрений, направленной на воспроизводство почвенного плодородия. По данным Васбиевой М.Т. применение азотных удобрений как при одностороннем внесении, так и в сочетании с фосфором и калием (NP, NK, NPK) повышало кислотность почвы. Увеличение кислотности почвы наблюдали относительно контрольного варианта и исходного уровня при закладке опыта. При длительном внесении N_{90} и $(NP)_{90}$ отмечено уменьшение показателя pH_{KCl} до глубины 60 см. При внесении $(NP)_{90}$ отмечено достоверное увеличение содержания в метровом слое почвы только нитратной формы азота [2].

Среди биологических факторов плодородия почв особая роль принадлежит органическому веществу, оказывающему огромное влияние на все агрономически важные свойства почвы. Поэтому обязательным условием ведения стабильного земледелия является воспроизводство органического вещества. Обогащение почвы органическим веществом повышает степень усвоения и уменьшает потери питательных веществ удобрений в результате миграционных процессов, снижает их негативное воздействие на окружающую среду, повышает её поглонительную способность и буферность, а также улучшает агрофизические свойства почв. Органическое вещество почвы способно трансформировать избыточное количество минеральных удобрений, инактивировать тяжелые металлы, пестициды и их метаболиты, задерживая их поступление в растительную продукцию, поверхностные и внутрипочвенные воды, а также служит питательной средой для микроорганизмов и источником питания растений. В ней содержатся 98-99% азота, 30-40% — фосфора, 90% серы от общего их содержания в почве. На пахотных почвах с отчуждением большей части урожая полевых культур основным, а часто и единственным источником органического вещества служат надземные и корневые остатки растений.

Поэтому положительный баланс сухого органического вещества в пашне служит надёжным показателем экологичного и эффективного земледелия региона [1].

Одними из основных способов повышения накопления органических веществ в почве можно считать, во первых, применение севооборотов с кормовыми культурами и многолетними травами, а во вторых, использование сидеральных культур, которые позволяют поддерживать бездефицитный баланс органического вещества в почве. Обогащение почвы органическим веществом повышает степень усвоения и уменьшает потери питательных веществ удобрений в результате миграционных процессов, тем самым снижает и негативное воздействие их на окружающую среду [1].

Сидераты — растения, выращиваемые с целью последующей заделки в почву для улучшения её структуры, обогащения азотом и угнетения роста сорняков. Применение сидератов позволяет сократить, а иногда даже полностью отказаться от внесения в почву минеральных и органических удобрений.

Исследования Зражевского А. И доказали, что по комплексу хозяйственно-ценных признаков перспективными сидеральными культурами в условиях Нечерноземной зоны для самостоятельных посевов рекомендованы люпин однолетний и многолетний, донник белый и желтый, редька масличная, сераделла, горчица белая, сурепица, рапс яровой, перко, фацелия; для поукосных – редька масличная, люпин однолетний, горох кормовой, сурепица, перко, рапс яровой, фацелия, горчица белая; для подсеваемых – донник белый и желтый, клевер красный и розовый, сераделла, перко; для пожнивных – горчица белая, редька масличная, фацелия, сурепица, перко, скороспелые сорта узколистного люпина. Наибольший эффект повышения урожайности был отмечен при запахивании горчицы, бобов и гороха под ранние и среднеспелые сорта картофеля (прибавка 11 - 32 % по группе раннеспелых сортов и 13 - 20 % подгруппе среднеспелых сортов), а наименьший – под среднеранние (3 - 19 %) и среднепоздние сорта (4 - 23 %) [4].

Некоторые исследователи считают, что растительные остатки и сидераты небогаты калием и особенно фосфором, но улучшают физические

характеристики и стимулируют микробную активность почв. После разложения органические фосфор и калий, связанные с сидеральными культурами, могут стать легкодоступной формой фосфора и калия для последующих культур [11].

Результаты исследований показали, что в Центральном регионе в наиболее благоприятные годы с теплой и дождливой осенью посеvy пожнивной горчицы давали по 30 - 35 т/га зеленой массы, или по 4 - 4,5 т/га абсолютно сухого вещества. При заашке этого сидерата с 1 т сухого вещества на 1 га поступало в среднем 386 кг углерода, 31 – азота, 11 – фосфора и 19 кг калия [10].

Ускоряя разложение растительных остатков – носителей почвенных фитопатогенов, зеленое удобрение в несколько раз повышает биологическую активность сапрофитной микрофлоры, которая является антагонистом почвенных грибов-возбудителей многих болезней культурных растений.

Сидерация также является важнейшей составляющей органического земледелия. Навоз чаще всего недостаточно доступен в органическом земледелии, и это требует использования других источников азота для полноценного удобрения высокоурожайных зерновых культур в условиях органического земледелия [5]. При правильном использовании сидераты могут частично или полностью заменить азот, необходимый для последующих незерновых культур. Согласно средним показателям по азоту, накопленному сидеральными удобрениями, возможно полностью заменить азот минеральных удобрений при текущих средних нормах внесения [7].

Так, по данным исследований, проводимых в различных странах, поток фосфора через микробную биомассу был быстрее в органических почвах, и больше фосфора было связано в микробной биомассе. Питательные вещества органических систем меньше растворяются в почвенном растворе, и процессы микробной трансформации могут способствовать обеспечению растений фосфором [13].

В полевых условиях легкие фракции твердых частиц органического вещества, указывающие на неразложившийся растительный материал, более полно разлагаются в органических системах [15]. Следовательно, микробные

сообщества с увеличением разнообразия органических почв преобразуют углерод из органических остатков в биомассу с меньшими затратами энергии, создавая более высокую микробную биомассу.

Органические системы демонстрируют эффективное использование ресурсов и повышенное разнообразие флоры и фауны, что типично для зрелых систем. Севообороты на основе бобовых культур и органических удобрений являются реальной альтернативой традиционным системам земледелия [15].

Общеизвестно, что выделения червей способствуют минерализации органического вещества через активацию почвенных микроорганизмов-деструкторов, так как содержат доступные для них соединения [5].

Степень влияния дождевых червей на формирование профиля почвы зависит от их активности. Вертикальная миграция дождевых червей, вовлечение органических остатков в почву и заглатывание минеральных частиц, а также выбрасывание по ходам и вынос на поверхность почвы копролитов в виде зернистых агрегатов влияют на морфологические и физические свойства почвы. В результате осуществления своих жизненных функций дождевые черви разрыхляют верхние слои почвы, перемешивают почвенные частицы, способствуя накоплению в верхних горизонтах более однообразных по механическому составу частиц и увеличению скважности почвы по ее профилю. Ежегодная продукция червями копролитов в почвах умеренной зоны составляет 75 - 250 т/га (в среднем 40 - 50 т/га), а в тропических почвах – до 400 т/га [4].

Перерабатывая растительные остатки, дождевые черви стимулируют формирование гумуса (ежегодно до 5 т/га), улучшают механический состав почвы и снижают в ней количество патогенных организмов. После прохождения через пищеварительный тракт дождевых червей в почве значительно увеличивается содержание доступных растениям элементов минерального питания, а также гуминовых веществ [3].

Дождевые черви влияют на механический состав почв. По данным исследований А.И. Зражевского в результате образования ходов и выделения копролитов дождевые черви увеличивают в почве долю крупных агрегатов. Роль

данного процесса, индуцируемого червями, наиболее велика для плохо структурированных или мелиорируемых почв [4].

Дождевые черви увеличивают в почве количество макропор, мезо- и микропор, изменяя ее порозность, тем самым повышая ее водопроницаемость.

Кроме того, дождевые черви оказывают существенное влияние на органическую часть почвы. Наибольшее количество копролитов обнаружено в почвах под многолетними травами (4,58 - 4,24%), наименьшее – под озимой пшеницей (2,26%) и овсом (2,30%). Выделения червей способствуют минерализации органического вещества через активацию почвенных микроорганизмов-деструкторов, так как содержат доступные для них соединения [5].

В настоящее время современные экономические и экологические условия в сельском хозяйстве подталкивают нас к необходимости разработки новых, более адаптированных к имеющимся условиям землепользования, технологий. Важным направлением сельскохозяйственной деятельности является изучение и рационализация применения сидеральных культур. Они способны оказывать благоприятное влияние на экологический фон, агрофизические и биологические свойства почвы и, что немало важно, способствовать улучшению баланса элементов питания и органического вещества почвы.

Применение сельскохозяйственных культур в качестве сидератов - это важный шаг в поддержании потенциального плодородия почвы..

Отмечено, что снижение плодородия почв на сельскохозяйственных полях часто объясняется недостаточным вниманием к его сохранению. Внедрение сидератов является важным шагом на пути к поддержанию здоровья почвы. Используя сидераты, можно улучшить агрофизические и биологические свойства почвы. Хотя исследования влияния сидератов на биологию почв Среднего Урала проводились, необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять их влияние на плодородие почв и перспективу повышения урожайности возделываемых культур [6, 12].

Учитывая актуальность изучения влияния различных факторов на биологические свойства почв Среднего Урала и возможности внедрения системы органического земледелия при возделывании зерновых культур определены методы, цель и задачи нашего исследования.

Цель исследования – определить влияние различных сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота при органическом земледелии.

В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Оценить воздействие сидератов, выращенных на фоне с внесением минеральных удобрений и без них на биологические свойства чернозема оподзоленного;
2. Проанализировать урожайность ячменя после различных сидератов на разных фонах питания;

Материалы и методы

Исследование было проведено учебно-опытном хозяйстве Уральского ГАУ расположено в Белоярском районе Свердловской области. Территория относится к лесостепной зоне, для которой характерно наличие лесов и степной травяной растительности.

Почва опытного участка – чернозем оподзоленный среднемоощный (35-40см) тяжелосуглинистый с содержанием гумуса (по Тюрину) в пахотном слое – 4,13 %, рН солевой вытяжки (по методу ЦИНАО) – 5,6, легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 137,0 мг/кг, подвижного фосфора – 142,0 мг/кг и обменного калия по Кирсанову – 155,0 мг/кг почвы.

Такие почвы достаточно широко (около 20% пашни) распространены в Свердловской области. Общая мощность гумусовых горизонтов черноземов (А+АВ) составляет в среднем 54-60 см, по своему составу и агрохимическим свойствам - это наилучшие почвы в области [8].

Исследования проводились с 2022 по 2023 гг в звене полевого севооборота: сидеральный пар - ячмень. Посев сидеральных культур осуществлялся 10 мая

2022 г. Фенологические наблюдения за ростом и развитием определенных культур и определение урожайности их зеленой массы проводили по общепринятым методикам. Учет зеленой массы сидератов проводился при наступлении фазы бутонизации и начала цветения перед их заделкой в почву в конце июля 2022 года с площади 10 м².

Посев ячменя для определения последействия сидератов проводился 10 мая 2023 года, а уборка (учет урожая) 28 августа 2023 года. Для определения влияния сидератов на биологическое свойство чернозема оподзоленного была применена методика определения активности и подсчета биомассы дождевых червей – индикаторов почвенного плодородия.

Наблюдение проводили за дождевыми червями, которые относятся к семейству настоящих дождевых червей (*Familia Lumbricidae*) и самому распространенному в средней полосе России виду *Nicodrilus caliginosus* – пашенный червь, длиной 15-16 см, сероватого цвета. В отличие от других видов он держится обычно в толще почвы на глубине 5-16 см, где и питается главным образом почвенным перегноем. Учет дождевых червей проводился по площадкам на каждом исследуемом варианте 50 x 50 см, глубиной 40 см с последующим пересчетом на 1 га. Для определения микробиологической активности почвы использовался метод «льняных полотен», отражающий активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в почве. Срок фиксации льняного полотна в почве 60 дней с 10.06.2023 г. по 10.08.2023 г. Отбор почвенных образцов проводили в 2023 г. послойно 0-10, 10-20 и 20-30 см в период колошения ячменя. Учет урожая ячменя проводили сплошным методом с помощью прямого комбайнирования. Статистическая обработка полученных результатов проводилась дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову.

Опыт двухфакторный. Фактор А - фон минерального питания:

1. Без удобрений (контроль)
2. Внесение минерального удобрения (нитроаммофоски) в дозе по 30 кг д.в. на га.

Фактор В – сельскохозяйственные культуры культуры, используемые в качестве сидератов: 1. Горохо-овсяная смесь на сидерат (контроль); 2. Люпин узколистный ; 3. Горчица; 4. Рапс; 5. Овёс

Опыт заложен в трехкратной повторности. Расположение вариантов систематическое. Площадь под опытом – 2160 м², варианта – 72 м², учетная площадь – 32 м².

В 2022 г. за период с мая по первую декаду августа гидротермический коэффициент (ГТК) равнялся 1,22 ед., то есть. во время вегетации зерновых и зернобобовых культур условия увлажнения в среднем были умеренные.

Вегетационный период 2023 года отличалось высокими температурами воздуха и резким недостатком влаги в первой половине вегетации, что заметно ускорили прохождение фенофаз с/х культур. Недостаток осадков в мае и июне отрицательно сказалось на росте и развитии растений. Гидротермический коэффициент за май – июль составил 0,76, что соответствует засушливым условиям вегетации растений. Во второй половине лета 2023 г. наблюдалась теплая погода с выпадением достаточного количества осадков, что способствовало пополнению запасов почвенной влаги в послеуборочный период зерновых культур

Результаты и обсуждение

Плодородная почва должна содержать до 1 млн./га червей, проявлять микробиологическую активность [16]. Влияние дождевых червей на профилирование почвы зависит от их биологической активности. Дождевые черви влияют на морфологические и физические характеристики почвы путем нисходящей миграции, внедрения в почву органического вещества, фрагментации минералов и выноса отходов на поверхность почвы в агрегатном виде и увеличению пористости почвы по всему профилю. По имеющимся данным, годовой выход капролитов дождевых червей в умеренных зонах колеблется в пределах 75-250 т/га, составляя в среднем около 40-50 т/га, тогда как в тропических регионах этот показатель может достигать до 400 т/га [10]

Действие минеральных удобрений может угнетать действие биоты, поэтому был проведен анализ по данным показателям.

Наблюдение учет дождевых червей был сопряжен с рядом особенностей, поскольку они в течении суток могли перемещаться по горизонтам почвы или их подвижность снижалась при сухом климате, что отразилось на качестве наблюдений. (табл. 1)

Таблица 1

Количество дождевых червей по различным сидератам после посева ячменя, тыс. шт.

Вариант	Зеленая масса сидератов т/га		Количество дождевых червей, тыс. шт. /га	
	без удобрений	с удобрениями	без удобрений	с удобрениями
Горохо-овёс на сидерат (к)	25,1	33,8	320	280
Люпин	18,1	25,7	230	240
Горчица	11,5	16,7	240	220
Рапс	10,2	18,2	240	180
Овёс	20,6	21,7	220	200
НСР ₀₅			35,2	40,5
Коррел	0,56	0,77		

Оценка количества дождевых червей весной после посева ячменя (18.05.2023г.), показала, что наибольшее их количество на обоих фонах наблюдалось на варианте после заправки горохо-овсяной смеси – 320 и 280 тыс.шт./га соответственно, при котором все остальные варианты существенно уступали контролю. Количество червей и количество запаханной массы находилось в средней и сильной степени корреляционной зависимости на неудобренном и удобренном фонах 0,56 и 0,77 соответственно.

Учет количества червей перед уборкой (04.09.2023 г.), показал, что наибольшее их количество и масса наблюдалась по запаханной горохо-овсяной смеси и овсу. Существенное превышение количества червей на фоне без удобрений наблюдалось после заправки овса - 53 тыс. шт./га. На всех остальных вариантах, в том числе и по фону с минеральными удобрениями наблюдалось

существенное снижение их количества по сравнению с контролем. Причем при сравнении на двух фонах четких отличий по количеству и массе червей на вариантах не отмечалось.

Таблица 2

Количество и масса дождевых червей по различным фонам перед уборкой ячменя, 2023 г.

Вариант	Количество червей, тыс. шт./га		Масса червей, кг/га	
	Без удобрений	С удобрениями	Без удобрений	С удобрениями
Горохо овёс на сидерат	120	100	219	200
Люпин	80	90	136	140
Горчица	80	70	154	135
Рапс	40	40	87	90
Овёс	173	90	310	150
НСР ₀₅	10,5	8,2	23,6	14,2

В условиях благоприятных условиях увлажнения осадками, черви ведут активный образ жизни и способны за сутки пропускать через свой кишечник массу почвы равную собственному весу. Таким образом, наибольшее количество копролитов 219 и 200 кг/га, соответственно, на фоне без удобрений и с удобрениями, они смогли оставить в почве на вариантах с запашкой 251 – 338 ц/га зеленой массы горохо-овсяной смеси, а наименьшее при использовании 102-182 ц/га рапса. Причем, отмечалось некоторое понижение массы червей на фоне с минеральными удобрениями. Это подтверждается данными исследований *L. Pfiffner, P. Mader*. Учеными установлено, что биомасса и численность дождевых червей на органических участках были выше в 1,3–3,2 раза по сравнению с обычными [13]. Также исследовали эпигейных членистоногих, живущих над землей, поскольку они являются важными хищниками и считаются чувствительными индикаторами плодородия почвы. Средняя плотность активности жуужелиц, стафилинид и пауков на органических участках была почти в два раза выше, чем на обычных участках [14].

Главная роль в земледелии принадлежит микроорганизмам. Активность почвенных микроорганизмов зависит от температуры почвы и влажности. Исследованиями Рублюк М.В., и др. была выявлена сильная прямая корреляционная зависимость между биологической активностью почвы и влажностью корнеобитаемого слоя (0,92) [9].

Анализ метеорологических показателей показал, что первая половина вегетационного периода 2023 года отличалась острозасушливыми условиями, что оказало влияние на скорость разложения льняной ткани.

Исследование микробиологической активности в слое 0-10 см показало, что без удобрений деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов была 2-5 % выше, чем при применении минеральных удобрений (рис. 1, рис. 2).

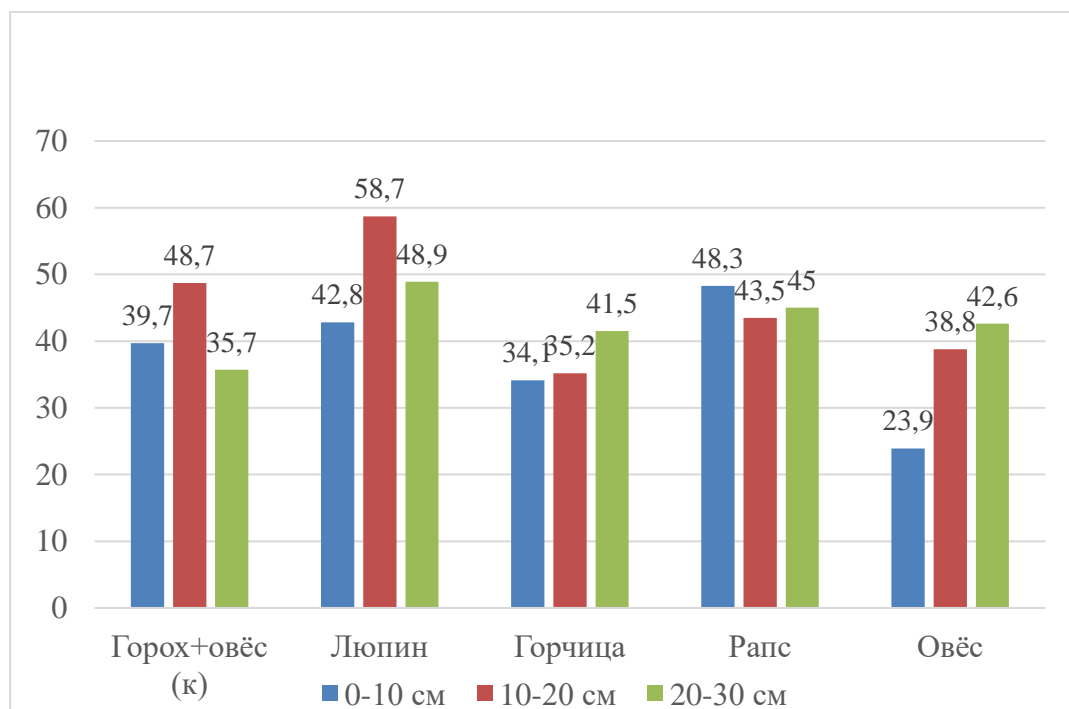


Рисунок 1 - Микробиологическая активность почвы по сидератам на фоне без внесения минеральных удобрений, 2023 г

Наибольшая убыль льняного полотна по обоим фоновым была отмечена после заделки люпина - 43 и 40 % соответственно, горохо- овсяной смеси 39 и 37%, а наименьшая по овсу 24 и 23 % соответственно.

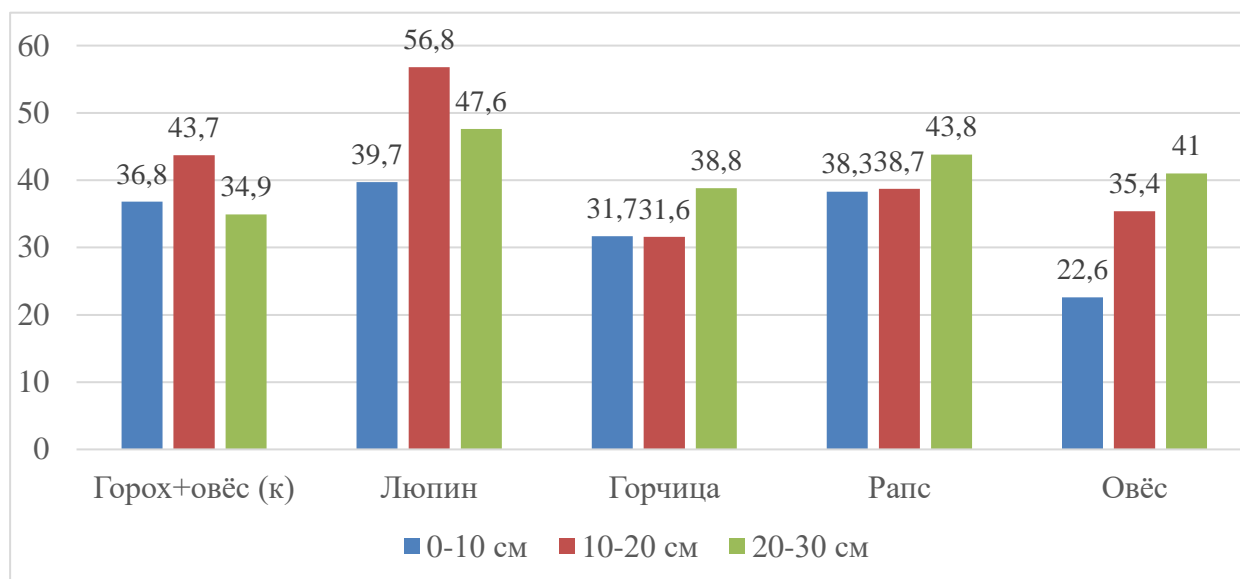


Рисунок 2 - Микробиологическая активность почвы по сидератам на фоне с внесением минеральных удобрений, 2023 г.

В слое 10-20 см, где была заделана основная масса сидератов, микробиологическая активность почвы после заделки люпина узколистного оказалась на 30 % выше, чем в контроле. А в остальных вариантах наблюдалось снижение активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов на 11,4-27,2 % по сравнению с заделкой горохо-овсянной смеси.

В самом нижнем слое 20-30 см разницы между фонами минеральных удобрений практически не отмечено. Наибольшее разложение льняных полотен отмечено при заделке люпина узколистного и рапса -47,9 – 41,0 %, а наименьшее при заделке горохоовсянной смеси и овса - 35-36 %, что возможно связано с корневыми выделениями глубокопроникающей корневой системой у люпина и рапса.

В климатических условиях 2022 года урожайность зеленой массы сидератов колебалась от 10,2-11,5 т/га по крестоцветным культурам до 2,51 т /га по однолетним травам (таб. 3). На фоне без применения удобрений максимальный урожай зеленой массы отмечался на контрольном варианте с горохо-овсянной смесью и при посеве овса. Урожайность зеленой массы крестоцветных культур оказалась в 2,2-2,5 раза меньше контроля.

Внесение минеральных удобрений увеличили урожайность зеленой массы культур на 5,5-34,7% и достоверно повышало урожайность зеленой массы во всех вариантах при НСР₀₅ частных различий – 0,43 т/га.

Таблица 3

Урожайность ячменя после заделки различных сидератов в 2023 г., т/га

Вариант	Зеленая масса сидератов т/га		Урожайность ячменя, ц/га	
	без внесения удобрений	с внесением удобрений	без внесения удобрений	с внесением удобрений
Горохо-овёс	25,1	33,8	4,14	4,15
Люпин узколиственный	18,1	25,7	3,87	4,40
Горчица	11,5	16,7	4,11	3,58
Рапс	10,2	18,2	3,45	3,74
Овёс	20,6	21,7	3,97	3,82
<i>Факторы</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>НСР₀₅ главных эффектов</i>	<i>0,19</i>	<i>0,39</i>	<i>0,08</i>	<i>0,09</i>
<i>НСР₀₅ частных различий</i>	<i>0,43</i>	<i>0,56</i>	<i>0,17</i>	<i>0,13</i>

Анализ урожайности ячменя показал, что внесение удобрений обеспечило существенную прибавку урожая ячменя только при запашке зеленой массы рапса и люпина - 0,29 и 0,53 т/га соответственно, при НСР₀₅ частных различий 0,17 т/га.

Запашки на сидерат люпина при внесении удобрений в дозе 30 кг д.в. на га обеспечивала достоверную прибавку урожая ячменя в 0,25 т/га по сравнению с заделкой горохо-овсянной смеси. По остальным сидератам урожайность ячменя была существенно ниже контроля.

Выводы

1. В ходе проведения исследований установлено, что оптимальные сроки посева сидеральных культур для получения высокой урожайности – первая декада мая. Техническая готовность к заделке при этом наступает во второй

декаде июля. Урожайность сидератов зависит от погодных условий и вида культуры.

2. Наибольшее количество дождевых червей и копролитов весной и осенью на обоих фонах питания наблюдалось на варианте после заправки горохо-овсяной смеси. В слоях 0-10 и 10-20 см на фоне без удобрений деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов была несколько активнее, чем на фоне с применением минеральных удобрений. Наиболее высокая микробиологическая активность почвы в слое 0-20 см (39,7- 58,7%) наблюдалась на фоне без применения минеральных удобрений в вариантах с заделкой горохо-овсяной смеси, люпина узколистного и рапса на сидерат.

3. Наибольшая урожайность ячменя на обоих фонах питания была получена после заправки горохо-овсяной смеси и люпина узколистного в сочетании с внесением нитроаммофоски в дозе 30 кг д.в. на га.

Рекомендации производству

В условиях Среднего Урала в качестве сидеральной культуры рекомендуется применять горохо-овсяную смесь, люпин узколистный и рапс без использования минеральных удобрений.

Литература

1. Абалдов А.Н. Пусть будет баланс положительным [Электронный ресурс]. URL: <https://nosbz.ru/articles/56-pust-budet-balans-polozhitelnym.html/> (дата обращения: 17.06.2024).

2. Васбиева М.Т., Завьялова Н.Е., Шишков Д.Г. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при длительном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в условиях Предуралья//Почвоведение, 2022, № 11, стр. 1415-1425.

3. Гурьянова О. З. Влияние дождевых червей и органических удобрений на структурообразование черноземных почв [Текст]: Автор. дис. ... канд. сельск.-х

наук : 06.01.01./ Всесоюз. науч.-исслед. ин-т удобрений, агротехники и агропочвоведения. - Москва .1956. - 22 с.

4. Зражевский А. И. Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв. Киев: Изд-во АН СССР, 1957. 271 с.

5. Кайдун П.И. Влияние дождевых червей на доступность растениям элементов минерального питания: азота, железа, цинка, марганца и кремния. Дисс. ... канд. биол. наук: 06.01.04./ П.И. Кайдун. - Санкт-Петербург, 2018. -153 с.

6. Карпухин М.Ю., Чулкова В.В., Чулков В.А.3, Батыршина Э.Р. Биологические свойства чернозёма оподзоленного при использовании различных сидеральных культур. Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 16-25.

7. Мерзлая Г. Е., Федулова А. Д., Гаврилова А. Ю. Влияние длительного применения систем удобрения разной интенсивности на урожайность и качество зерна овса//Агрохимия, 2022, № 8, стр. 3-9.

8. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области: коллективная монография / Н.Н. Зезин [и др.]. Екатеринбург: ООО «Джи Лайм», 2020. С. 103-104.

9. Рублюк М.В., Иванов Д.А., Карасева О.В. Влияние компоста многоцелевого назначения на биологическую активность почвы в осушаемых агроландшафтах//Плодородие. 2020. № 2. (113). С. 40-44.

10. Савич В.И., Мерзлая Г.Е., Седых В.А., Гукалов В.В. Процессы, протекающие в почве при внесении органоминеральных удобрений//Плодородие. 2017 № 4 (97). С. 29-33.

11. Серая Т. М., Богатырева Е. Н., Кирдун Т. М., Мачок Т. В., Бирюкова О. М., Белявская Ю. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения при традиционной и поверхностной обработке дерново-подзолистой супесчаной почвы//Агрохимия, 2022, № 5, стр. 71-78.

12. Чулков В. А., Чапалда Т. Л. Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота

// Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 55–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-55-63.

13. F. Oehl et al., Kinetics of microbial phosphorus uptake in cultivated soils// *Biology and Fertility of Soils*, vol. 34, 2021 - p. 31-41.

14 L. Pfiffner, P. Mader. Effects of biodynamic, organic and conventional production systems on earthworm populations// *Biological Agriculture & Horticulture*, vol. 15, 2021 – p. 2-10.

15. Paul Maeder, et al. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming// *Science*, vol. 296, 2019 – p. 1694 - 1697.

16. A. Fliebach, P. Mader. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems// *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 32, 2020 – p. 757-768.

References

1. Abaldov A.N. Let the balance be positive [Electronic resource]. URL: <https://nosbz.ru/articles/56-pust-budet-balans-polozhitelnym.html> / (date of application: 06/17/2024).

2. Vasbieva M.T., Zavyalova N.E., Shishkov D.G. Change in agrochemical properties of sod-podzolic heavy loamy soil with prolonged use of nitrogen, phosphorus and potash fertilizers in the conditions of the Urals//*Soil Science*, 2022, No. 11, pp. 1415-1425.

3. Guryanova O. Z. The influence of earthworms and organic fertilizers on the structure formation of chernozem soils [Text] : Author. dis. ... cand. rural.-x sciences : 06.01.01./ All-Union. scientific research. in-t fertilizers, agrotechnics and agro-soil science. - Moscow.1956. - 22 s.

4. Zrazhevsky A. I. Earthworms as a factor of fertility of forest soils. Kiev: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 271 p.

5. Kaidun P.I. The influence of earthworms on the availability of mineral nutrition elements to plants: nitrogen, iron, zinc, manganese and silicon. Diss. ... cand. Biol. sciences: 06.01.04./ P.I. Kaidun. - St. Petersburg, 2018. -153 p.

6. Karpukhin M.Yu., Chulkova V.V., Chulkov V.A.3, Batyrshina E.R. Biological properties of podzolized chernozem using various sideral crops. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2022. No. 3 (43). pp. 16-25.

7. Merzlaya G. E., Fedulova A.D., Gavrilova A. Yu. The effect of long-term use of fertilizer systems of different intensity on the yield and quality of oat grain//Agrochemistry, 2022, No. 8, pp. 3-9.

8. Scientifically based zonal system of agriculture of the Sverdlovsk region: a collective monograph / N.N. Zezin [et al.]. Ekaterinaburg: LLC "Ji Lime", 2020. pp. 103-104.

9. Rublyuk M.V., Ivanov D.A., Karaseva O.V. The effect of multipurpose compost on the biological activity of soil in drained agricultural landscapes//Fertility. 2020. No. 2. (113). pp. 40-44.

10. Savich V.I., Merzlaya G.E., Sedykh V.A., Gukalov V.V. Processes occurring in soil when applying organomineral fertilizers//Fertility. 2017 No. 4 (97). pp. 29-33.

11. Seraya T. M., Bogatyreva E. N., Kirdun T. M., Machok T. V., Biryukova O. M., Belyavskaya Yu. A. Yield and grain quality of winter wheat depending on fertilizer systems in traditional and surface treatment of sod-podzolic sandy loam soil//Agrochemistry, 2022, No. 5, pp. 71-78.

12. Chulkov V. A., Chapalda T. L. Assessment of the effect of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). pp. 55-63. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-55-63.

13. F. Oehl et al., Kinetics of microbial phosphorus uptake in cultivated soils// Biology and Fertility of Soils, vol. 34, 2021 - p. 31-41.

14 Pfiffner L., Mader P. Effects of biodynamic, organic and conventional production systems on earthworm populations// Biological Agriculture & Horticulture, vol. 15, 2021 – p. 2-10.

15. Paul Maeder, et al. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming// Science, vol. 296, 2019 – p. 1694 - 1697.

16. A. Fliebach, P. Mader. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems// *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 32, 2020 – p. 757-768.

© Чулков В.А., Чулкова В.В., Павленкова Т.В., Сергеева Л.Б., Синякова О.В. 2024. *International agricultural journal*, 2024, №3, 1018-1039.

Для цитирования: Чулков В.А., Чулкова В.В., Павленкова Т.В., Сергеева Л.Б., Синякова О.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИДЕРАТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА // *International agricultural journal*. 2024. №3, 1018-1039.

