

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 16-25

Vestnik Kurganskoy GSNA. 2022; (3-43): 16-25

Научная статья

УДК 631.874.2

Код ВАК 4.1.3

DOI: 10.52463/22274227_2022_43_16

EDN: GGTUFG

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ОПОДЗОЛЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР ПО СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Михаил Юрьевич Карпухин^{1✉}, Валентина Викторовна Чулкова², Вячеслав Аркадьевич Чулков³, Эльвира Ришатовна Батыршина⁴

^{1, 2, 3, 4}Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

¹mkarpuhin@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8009-9121>

²vchulkova75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4757-9665>

³ares_68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9268-4734>

⁴batirschina.elya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7001-713x>

Аннотация. Цель исследования – определить влияние использования различных сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в зоне полевого севооборота при органическом земледелии. **Методика.** Для определения влияния сидератов на биологическое свойство чернозема оподзоленного была применена методика определения активности и подсчета биомассы дождевых червей – индикаторов почвенного плодородия. Фенологические наблюдения за ростом и развитием определенных культур и определение урожайности их зеленой массы проводили по общепринятым методикам. Последствие сидератов определяли по урожайности зерна озимой ржи методом пробных площадок. Статистическая обработка полученных результатов проводилась дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову. **Результаты.** В ходе проведения исследований установлено, что оптимальные сроки посева определенных культур для получения высокой урожайности – первая декада мая. Техническая готовность к заделке при этом наступает во второй декаде июля. Ранее освобожденные поля позволяют эффективно и качественно подготовить почву к посеву озимых культур на Среднем Урале. Урожайность сидератов зависит от погодных условий и вида культуры. Наиболее продуктивными являются горохо-овсяная смесь и капустные культуры (горчица белая, рапс, сурепка) при выращивании сидератов по системе органического земледелия. Установлено, что индикаторами повышения биологических свойств почвы чернозема оподзоленного является активность и биомасса дождевых червей. Для озимой ржи наиболее благоприятными сидеральными культурами, обеспечивающими наибольшую урожайность зерна на Среднем Урале, являются горчица белая, люпин узколистный и горохо-овсяная смесь. **Научная новизна.** Впервые в условиях Среднего Урала в системе органического земледелия применена методика биологической диагностики (зооиндикации) чернозема оподзоленного по активности и биомассе дождевых червей. Использование этой методики позволяет своевременно прогнозировать изменение биологических свойств почвы и повышение урожайности последующих культур в органическом земледелии на Среднем Урале.

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

Для цитирования: Карпухин М.Ю., Чулкова В.В., Чулков В.А., Батыршина Э.Р. Биологические свойства чернозёма оподзоленного при использовании различных сидеральных культур по системе органического земледелия на Среднем Урале // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 16-25. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_16.

Scientific article

BIOLOGICAL PROPERTIES OF PODZOLIC CHERNOZEM WHEN USING VARIOUS GREEN MANURE CROPS ACCORDING TO THE ORGANIC AGRICULTURE SYSTEM IN THE MIDDLE URALS

Mikhail Yu. Karpukhin^{1✉}, Valentina V. Chulkova², Vyacheslav A. Chulkov³, Elvira R. Batyrshina⁴

^{1, 2, 3, 4}Urals State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

¹mkarpuhin@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8009-9121>

²vchulkova75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4757-9665>

³ares_68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9268-4734>

⁴batirschina.elya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7001-713x>

Abstract. The purpose of the study is to determine the impact of using various green manure on the biological properties of podzolic chernozem in the field crop rotation zone in organic agriculture. **Methodology.** To determine the effect of green manure crops on the biological property of podzolic chernozem, a method was used to determine the activity and estimation of the earthworm biomass as indicators of soil fertility. Phenological observations of certain crops growth and development and determination of their green mass yield were carried out according to the generally accepted methods. The after-effect of the green manure crops was determined by the winter rye grain yield applying the quadrant sampling method. Statistical processing of the obtained results was carried out by variance analysis according to B.A. Dospikhov. **Results.** During the research, it was found that the optimal time for sowing certain crops to obtain high yields is the first decade of May. Technical readiness for seeding down at the same time comes in the second decade of July. Previously harvested fields allow us to effectively and efficiently prepare the soil for sowing winter crops in

the Middle Urals. The yield of green manure crops depends on weather conditions and the type of a crop. The most productive are pea-and-oat mixture and cabbage crops (white mustard, rapeseed, winter cress) when growing green manure crops according to the system of organic farming. It has been established that the activity and biomass of earthworms are indicators of increasing the podzolic chernozem biological properties. For winter rye, the most favorable green manure crops that provide the highest grain yield in the Middle Urals are white mustard, blue lupin and pea-and-oat mixture. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the Middle Urals in the system of organic farming, the method of biological diagnostics (zooindication) of podzolic chernozem by the activity and biomass of earthworms was applied. The use of this technique makes it possible to timely predict changes in the biological properties of the soil and to increase the yield of future crops in organic farming in the Middle Urals.

Keywords: green manure crops, podzolic chernozem, activity and biomass of earthworms, biological properties of soil, yield, after-effect, organic farming, the Middle Urals.

For citation: Karpukhin M.Yu., Chulkova V.V., Chulkov V.A., Batyrshina E.R. Biological properties of podzolic chernozem when using various green manure crops according to the organic agriculture system in the Middle Urals. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2022; (3-43). С. 16-25. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_16. (In Russ.).

Введение. Значение почвы как основного средства сельскохозяйственного производства определяется её основным свойством – плодородием. Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребность растений во всех необходимых им условиях (элементах питания, воде, воздухе, тепле и др.) для нормального роста и развития [1].

Развитие учения о плодородии почв связано с именем русского почвоведом В.Р. Вильямса. Он изучил формирование и развитие плодородия в ходе процесса почвообразования, показал взаимосвязь со свойствами почв и пути его повышения при сельскохозяйственном использовании [1].

Одним из главных показателей (условий), определяющих уровень почвенного плодородия, является комплекс биологических свойств – количество микроорганизмов и беспозвоночных, преобладание бактерий (нитрифицирующих, целлюлозообразующих, наличие азотфиксирующих), ферментативная активность, «дыхание» почвы, фитосанитарное состояние.

Необходимо подчеркнуть, что плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почвы [1].

К основным приемам повышения эффективного плодородия относятся: рациональное применение органических и минеральных удобрений, известкование и гипсование почв, система обработки, орошение и осушение, ведение системы севооборотов, мероприятия по борьбе с эрозией, возделывание наиболее урожайных сортов растений и другое. При этом необходимо выполнение следующего принципа землепользования: любая система земледелия должна быть обоснована экологически, то есть соответствовать почвенно-климатическому природному комплексу [1].

Система земледелия – научная основа ведения сельскохозяйственного производства, которая предусматривает рациональные способы использования земли и повышения почвенного плодородия [2].

Решающим приемом при этом является изменение соотношения различных сельскохозяйственных культур (зерновых, технических, кормовых трав и пропашных культур) [2].

Именно благодаря совершенствованию систем земледелия и развитию современной агрономической науки за несколько десятилетий удалось добиться на порядок более высокой урожайности сельхозкультур по сравнению с аналогичным показателем относительно недавнего прошлого [2].

В настоящее время стало очевидным, что интенсивное земледелие подошло к той грани, когда без снижения химической нагрузки, без оптимизации структуры почвенной микрофлоры, без восстановления естественной микробиологической активности почвы дальнейшее экономически эффективное и экологически безопасное растениеводство невозможно [2].

Очевидным стало и то, что наиболее экономичным и целесообразным выходом из сложившегося кризиса является внедрение программ биологизации земледелия. Биологизация – это сложное и ёмкое понятие, объединяющее целую систему взаимосвязанных организационно-технических мероприятий, направленных на грамотное использование законов природы, достижений науки, ориентированных на оздоровление почвы, снижение себестоимости и повышение качества сельхозпродукции.

В современных сложных финансово-экономических условиях деятельности сельскохозяйственных организаций основным фактором повышения плодородия почв, получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, обеспечения животноводства дешевыми, но качественными кормами является биологизация сельского хозяйства, направленная на преимущественное использование биологических, а не химических и технических факторов для повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Система биологизации земледелия предполагает использование системного подхода.

Биологизированное земледелие базируется на глубоком знании и рациональном использовании законов природы в интересах человека, снижении энергоемкости и повышении рентабельности сельскохозяйственного производства за счёт научно обоснованного применения приемов активизации жизненно важных процессов в почве и растениях, уменьшения энергозатрат и использования с этой целью биологических средств и методов. Одним из главных резервов биологизации являются сидераты [2].

Сидераты (зелёные удобрения) – растения, выращиваемые с целью последующей заделки в почвы для улучшения её структуры, обогащения азотом и угнетения роста сорняков. Обычно сидераты запахиваются до или вскоре после начала цветения как зелёное удобрение, богатое азотом, белками, крахмалом, сахарами, микроэлементами; при этом на поверхности формируется компост, почва защищается от размыва и смыва [3].

Применение сидератов позволяет сократить, а иногда даже полностью отказаться от внесения в почву минеральных и органических удобрений. Сидерация является важнейшей составляющей органического земледелия. Эти растения неприхотливы в выращивании и морозостойки: их можно высаживать как ранней весной, так и поздней осенью в перерывах между посадкой основных культур. Сидераты восполняют запасы гумуса, повышают плодородие пахотного слоя и понижают кислотность почвы [3].

Разветвленная корневая система сидеральных культур способна структурировать почву. Огромное количество мелких, мочковатых и разветвленных корешков, пронизывающих грунт, разрыхляют почву гораздо эффективнее даже самого продвинутого мотоблока. Так как и корни, и сами растения очень быстро перегнивают, в почве появляется множество каналов, с помощью которых она быстро и легко насыщается влагой и воздухом. Именно это явление и называется структурированием почвы. Разумеется, данный процесс не быстрый и за один год сидераты не сделают забитую и истощенную землю первоклассным грунтом, но глинистую почву они способны разрыхлить, а песчаную – сделать более связной [3].

Таким образом, биологизация с давних времён стала полезным методом борьбы с почвенными несовершенствами. Она даёт возможность восстанавливать почвенные качества до оптимального уровня и полностью

использовать потенциал земель по всей территории нашей страны [7].

Наряду с различными методами исследования почв, важную роль играет биологическая диагностика (зооиндикация). Она позволяет определить направление будущих изменений, протекающих в почве на ранних стадиях деградации при длительном интенсивном использовании [9].

Ещё Чарльз Дарвин в своих трудах писал, что дождевые черви в процессе жизнедеятельности положительно влияют на структуру и плодородие почв: «Черви превосходным образом подготавливают землю для роста растений... Они просеивают настолько, что в ней не остаётся плотных минеральных частиц... Тщательно перемешивают они всю почву, подобно садовнику, готовящему измельчённую землю для своих самых изысканных растений» [4].

Дарвин доказал, что популяция дождевых червей за несколько лет способна пропустить сквозь себя весь пахотный слой почвы, обогащая её при этом перегноем, улучшая структуру и удобряя своими выделениями [4].

Беспозвоночный мягкий червь может пробить даже самую сухую и твёрдую почву. Он отрывает губами кусочек земли и проглатывает его. Если на пути попадает очень плотный и сухой грунт, червяк смачивает его слюной. Наевшись до полного насыщения, он выползает на поверхность, где выбрасывает прошедшую через кишечник почву. Таким образом, червяк пропускает через свой кишечник и землю, и отмершие частицы растений, которые при этом окончательно разрушаются, измельчаются и перемешиваются с почвой [4].

В процессе питания и жизнедеятельности дождевые черви обогащают землю собственной кишечной микрофлорой, которая содержит различные биологически активные вещества (антибиотики, витамины, аминокислоты и другие ферменты). Во время переваривания органики в кишечнике беспозвоночных формируются гуминовые кислоты, которые, вступая в соединения с минеральными компонентами почвы, образуют ценное экологически чистое удобрение – биогумус [4].

Дождевые (земляные) черви – самые крупные обитатели почв среди беспозвоночных, входящие в состав почвенной микрофауны, на их долю приходится не менее половины всей биомассы почвы. Например, в лесных экосистемах масса червей составляет от 50 до 72 % всей почвенной биомассы.

Дождевые черви играют значительную роль в регуляции почвенных процессов, в поддержании почвенного плодородия и эффективном круговороте питательных веществ.

Почвенное плодородие напрямую зависит от содержания гумуса. Гумус является продуктом биологического воздействия на органическое вещество микроорганизмов и дождевых червей. Дождевые черви создают основной компонент почвенной системы, перелопачивают землю в течение миллионов лет и участвуют, главным образом, в рециклинге органических питательных веществ, способствуя образованию плодородного слоя почвы и эффективному росту растений. Таким образом, дождевые черви представляют собой ключевой компонент биологической стратегии круговорота питательных веществ в почве, а структура их сообществ служит точным показателем типа почвенной системы [6].

Корневые системы растений размещаются в живой почве – естественной среде обитания земляных червей (дрилосфере). Доказано, что прилегающая к оставленному червем ходу почва заселяется микроорганизмами на толщину около 2 мм, а внутренняя поверхность ходов на всей глубине питания земляных червей может составлять $5 \times 1 \text{ м}^2$ поверхности почвы [8].

Продуктом жизнедеятельности люмбрицид является копролит – прошедшая через пищеварительный тракт дождевых червей почва и растительные остатки. На выходе они превращаются в сферические агрегаты, что впоследствии изменяет свойства исходных почв. В копролитах червей естественной популяции содержится 11-15 % гумуса на сухое вещество, который считают иммунной системой почвы [9].

В процессе переваривания растительных остатков черви формируют гумусовые вещества (гуминовые кислоты), которые отличаются по химическому составу от гумуса, образующегося в почве при участии микрофлоры. Эти гуминовые кислоты вступают в комплексные соединения с минеральными компонентами почвы, образуя стабильные агрегаты. Так создаётся рыхлая плодородная почва, насыщенная воздухом, влагой и доступными для растений питательными веществами. Своим присутствием черви обезвреживают почву от патогенной микрофлоры и ядовитых веществ [9].

Расчёты показывают, что в незаглублённой химизацией и вспашкой почве может содержаться от 1 до 200 млн. особей дождевых червей общей массой 2-10 т/га. Если каждый из них за сутки пропустит через себя количество почвы,

равное его среднему весу 0,5 г, то 100 червей за сезон пропустят 100 тонн почвы с гектара [9].

В почве с обитающими червями обнаруживается в 5 раз больше азота, в 7 раз больше фосфора и в 11 раз больше углекислого калия по сравнению с почвой без дождевых червей [9].

Сейчас активно применяют зоологический мониторинг основных свойств почв, используя в качестве биоиндикаторов почвенных беспозвоночных, жизненный цикл которых связан с состоянием верхних слоев почв. К одним из таковых относят дождевых (земляных) червей люмбрицид (*Lumbricidae*) – важную часть почвенной биоты. Для их обитания определяющее значение имеет наличие растительных остатков, содержание гумуса, механический состав, влажность, кислотность и плотность почвы. Как типичные сапрофаги, дождевые черви мало зависят от видового состава растительности, но на их устоявшийся комплекс существенно влияет изменение климатических факторов, агрегатный и физико-химический состав почв [9].

Видовой и количественный состав дождевых червей зависит не только от режима увлажнения и степени разложения растительных остатков, но и от структуры почвообразующих пород. В последние 50 лет на численность и видовой состав дождевых червей сильно влияют антропогенные факторы: вспашка, внесение агрохимикатов, удаление растительных остатков, выжигание сухой растительности [8].

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

Цель: Определить влияние использования различных сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в зоне полевого севооборота при органическом земледелии.

Задачи исследования:

- 1) провести фенологические наблюдения за развитием сидеральных культур;
- 2) определить урожайность зеленой массы сидеральных культур;
- 3) провести биологическую диагностику (зооиндикацию) чернозема оподзоленного по активности и биомассы дождевых червей;
- 4) определить воздействие сидератов на урожайность озимой ржи.

Методика. Исследования проводились с 2020 по 2021 г. Опытное поле находится на территории Учебно-опытного хозяйства

ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, п. Студенческий Белоярского ГО. Опыт проводили в звене полевого севооборота: пар сидеральный – озимая рожь. В схеме полевого опыта представлены следующие сидеральные сельскохозяйственные культуры и пар:

1. Пар чистый
2. Горох + овёс
3. Рапс яровой
4. Озимая рожь*
5. Люпин узколистный
6. Сурепица
7. Горчица

Примечание. Озимая рожь* – посеяна весной.

Площадь под опытом – 1344 м², площадь варианта – 40 м², учетная площадь – 32 м².

Размещение вариантов одноярусное, последовательное, систематическое. Повторность в опыте трехкратная.

Посев сидератов проводили в 8 мая 2020 года. Учет зеленой массы сидератов проводили на площади 10 м² перед заправкой в период цветения бобовых культур 15 июля.

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 выползков, он держится обычно в толще почвы на глубине 5-16 см, где и питается главным образом почвенным перегноем. На поверхность его могут выгнать только сильные дожди. Во вре-

мя летней засухи уходит на глубину 40-60 см, свёртывается там клубком, иногда буквально завязываясь узлом, выделяет слизь и с её помощью строит вокруг себя из почвенных частиц довольно прочную защитную капсулу, впадая затем в неактивное состояние. Такая пауза может продолжаться более 2 месяцев. Благодаря этой особенности *Nicodrilus caliginosus* более устойчив к засухе и может заселять сухие, открытые места. Наблюдение проводили по учетным площадкам размером 50 на 50 см и глубиной 40 см в два срока после заправки сидератов 24 августа 2020 г. и 28 июля 2021 г.

Учет урожая зерна озимой ржи проводили 28 июля 2021 года методом сплошного учета по деланкам с помощью комбайна с переводом на 14 %-ую влажность.

Результаты. Почва опытного участка – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый с агрохимическими показателями пахотного слоя: рН_{сол} – 5,18, гумус – 4,56 %, гидролитическая кислотность – 12,82 мг.экв./100 г почвы; азот легкогидролизуемый – 204,7 мг/кг; подвижный фосфор – 243,7 мг/кг почвы; обменный калий – 251,6 мг/кг почвы.

Фенологические наблюдения. Посев сидеральных культур проводили 08.05 2020 г. Заправку их проводили при наступлении фазы бутонизации и начала цветения, которая наступала 15-20 июля. Уборку озимой ржи для определения последствий сидератов проводили 28 июля методом сплошного учета по деланкам с помощью комбайна с переводом на 14 %-ую влажность.

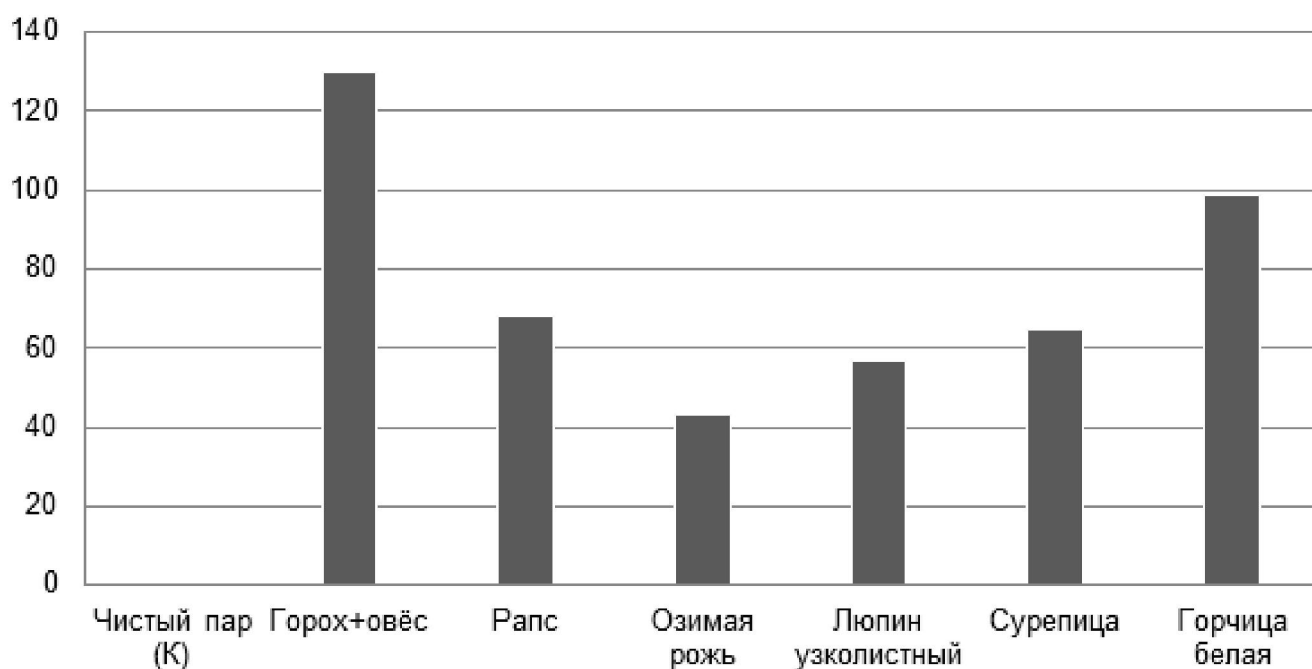


Рисунок 1 – Продуктивность зелёной массы сидератов, 2020 г., ц/га

Нашими исследованиями установлено (рисунок 1), что урожайность зеленой массы сидератов в 2020 году колебалась от 43,3 до 129,7 ц/га, причем продуктивность озимой ржи была ниже по сравнению с контрольным вариантом (однолетние травы) на 86,4 ц/га. Низкая урожайность этой культуры объяснялась весенним ее посевом и неполным использованием потенциала своего развития. Урожайность капустных (рапс, сурепица, горчица белая) была ниже по сравнению с вико-овсяной смесью на 31-65 ц/га и квалифицировалась как достаточно низкая, в связи с отсутствием внесения удобрений по системе органического земледелия. Люпин узколиственный показал урожайность 57 ц/га, что было ниже по сравнению с контролем на 72,7 ц/га. Выращивание сидератов по системе органического земледелия без применения минеральных удобрений обусловило их низкую продуктивность в целом по опыту.

Однако запахка сидератов оказала влияние на урожайность последующей культуры (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность озимой ржи после сидеральных культур, ц/га.

Вариант	Урожайность озимой ржи, 2021 г., ц/га	Отклонение от контроля, ц/га	Отклонение от контроля, %
Чистый пар (К)	20,47	-	-
Горох+овёс	23,80	3,33	116,3
Рапс	22,43	1,96	109,6
Озимая рожь	22,42	1,95	109,5
Люпин узколиственный	23,50	3,03	114,8
Сурепица	21,42	0,95	104,6
Горчица белая	24,55	4,07	119,9
НСР ₀₅		2,82	

Примечание. Продуктивность зеленой массы сидератов была достаточно низкой от 57 до 129,7 ц/га, поскольку они выращивались без удобрений в условиях органического земледелия

Урожайность зерна озимой ржи по вариантам варьировала от 20,5 до 24,6 ц/га (таблица 1). Следует отметить, что наибольшая урожайность была получена на варианте с запахкой горчицы белой и составила 24,6 ц/га, причем при НСР₀₅=2,82 ц/га разница математически значима. Это было обусловлено запахкой достаточно высокой массы в 2020 году. При использовании в качестве сидерата горохо-овсяной смеси урожайность зерна озимой ржи составила 23,8 ц/га, это на 3,33 ц/га или на 16,3 % выше контроля, что математически значимо.

Следует отметить, что, несмотря на невысокую запаханную зеленую массу люпина узколистного, прибавка урожайности зерна озимой ржи при последствии – 3,03 ц/га или 14,8 %. Это объясняется достаточно хорошей фиксацией воздушного азота бобовой культуры.

Сидераты сурепица, озимая рожь, рапс показали незначительную прибавку урожайности зерна озимой ржи по сравнению с контролем (чистый пар), что, несомненно, объясняется погодными условиями 2021 г. Следует отметить, что условия 2021 г. были острозасушливыми, это отразилось на доступности питательных веществ растениями и, в конечном итоге, на уровне урожайности озимой ржи.

Таким образом, использование в качестве сидератов горчицы белой, горохо-овсяной смеси и люпина узколистного по системе органического земледелия без применения удобрений дает существенную прибавку урожайности зерна озимой ржи от 3,03 до 4,07 ц/га или 14,8-19,9 %.

Таблица 2 – Количество дождевых червей по различным сидератам, 24.08.2020 г.

Вариант	Количество дождевых червей, тыс. шт./га	Отклонение от контроля, шт/га	Отклонение от контроля, %
Чистый пар (К)	267	-	-
Горох+овёс	213	-53,3	80
Рапс	320	53,3	120
Озимая рожь	253	-13,3	95
Люпин узколиственный	400	133,3	150
Сурепица	207	40,0	115
Горчица белая	493	226,7	185
НСР ₀₅		63,4	

Нашими исследованиями установлено, что количество дождевых червей (таблица 2) 24.08.2020 г. по вариантам колебалось от 213 до 493 тыс. шт./га, причем на варианте с запахкой горчицы белой этот показатель был выше по сравнению с контролем и другими вариантами на 93-286 тыс. шт./га. Следует отметить, что наименьшее количество дождевых червей было на варианте с вико-овсяной смесью. Варианты с запахкой сурепицы, рапса и люпина узколистного показали прибавку по сравнению с контролем 40; 53,3; 133,3 тыс. шт./га соответственно.

В 2021 году 28.07 (таблица 3) после уборки озимой ржи в связи с неблагоприятными острозасушливыми условиями количество дождевых червей варьировалось от 66,67 до 160 тыс. шт./га и было ниже по сравнению с 2020 г. в этот же период практически в 3 раза.

Таблица 3 – Количество дождевых червей на второй год после заделки сидератов, 28.07.2021 г.

Вариант	Количество дождевых червей, тыс. шт./га	Отклонение от контроля, шт/га	Отклонение от контроля, %
Чистый пар (К)	66,67	-	-
Горох+овёс	146,67	80,00	220,0
Рапс	120,00	53,33	180,0
Озимая рожь	120,00	53,33	180,0
Люпин узколистный	160,00	93,33	240,0
Сурепица	66,67	0,00	100,0
Горчица белая	66,67	0,00	100,0
НСР ₀₅		15,29	

Примечание. Количество дождевых червей определялось 28.07.2021 г. после уборки озимой ржи

Это объясняется более благоприятными погодными условиями 2020 г. В целом следует отметить, что количество дождевых червей невысокое, так как исследуемая почва подвергается ежегодной вспашке, что в значительной степени ускоряет размножение органики, поступающей от поукосно-корневых остатков, и снижает популяцию червей за счет разрушения их среды обитания.

Немаловажным показателем биологических свойств чернозема оподзоленного является биомасса дождевых червей. При этом учитывается тот факт, что один дождевой червь при благоприятных условиях за сутки пропускает через свой кишечник массу почвы, равную массе своего тела, образуя биогумус с доступными для растений питательными веществами и с оптимальной реакцией среды. Так, в 2020 году (рисунок 2) при оптимальных условиях масса дож-

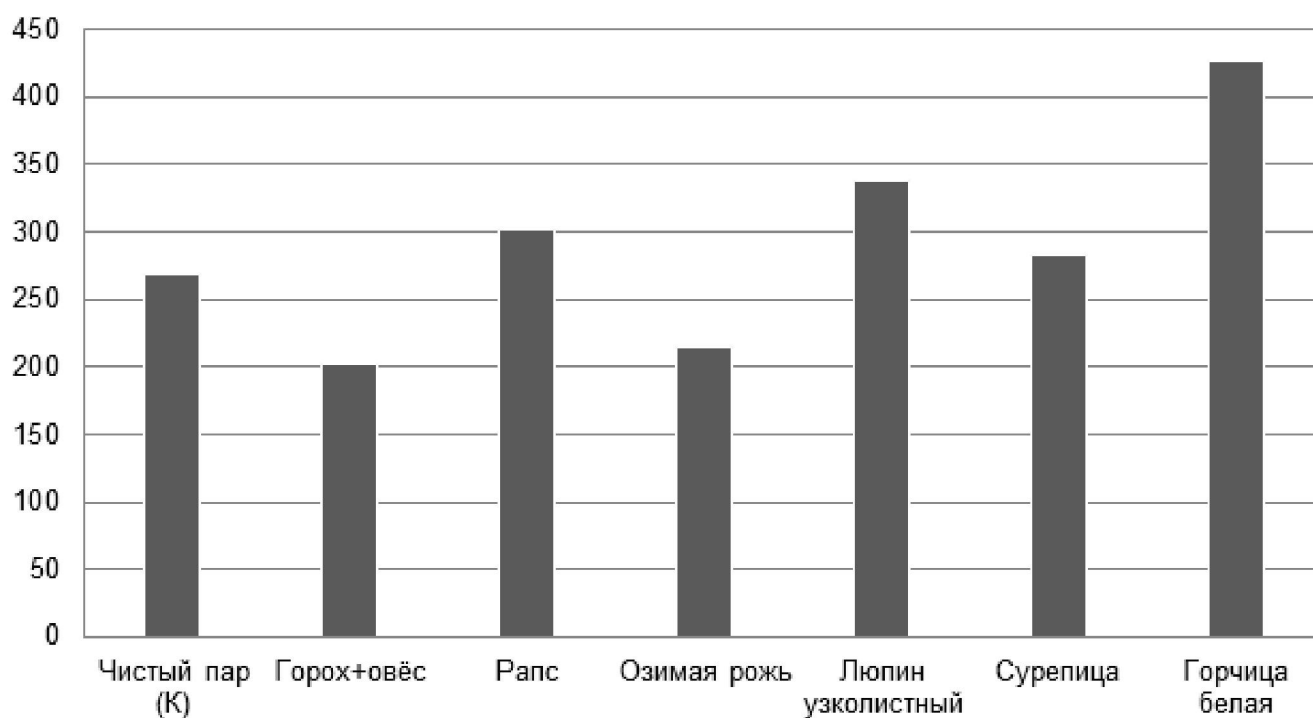


Рисунок 2 – Масса дождевых червей (кг/га) под различными сидератами, 24.08.2020 г.

девых червей по вариантам колебалась от 202 до 427,2 кг/га, причем на вариантах с сидератами горчица белая, люпин узколистный, рапс, сурепица этот показатель был выше по сравнению с контролем на 14,7-159,2 кг/га, кроме того, при использовании люпина узколистного и горчицы белой при НСР₀₅ = 46,53 кг/га разница математически значима.

Однако использование в качестве сидерата горохо-овсяной смеси и озимой ржи снижало биомассу дождевых червей, что связано с боль-

шим использованием влаги пахотного слоя растениями и вынужденной миграцией дождевых червей в более влажные слои почвы.

В условиях засушливого 2021 г. активность и биомасса дождевых червей резко снизилась по сравнению с 2020 г. примерно в 10 раз (рисунок 3). Она варьировала от 8 до 22,93 кг/га, причем на контрольном варианте (черный пар) она была ниже по сравнению с другими вариантами на 0,27-14,93 кг/га, что при НСР₀₅ = 2,88 кг/га, за исключением варианта с сурепицей разница

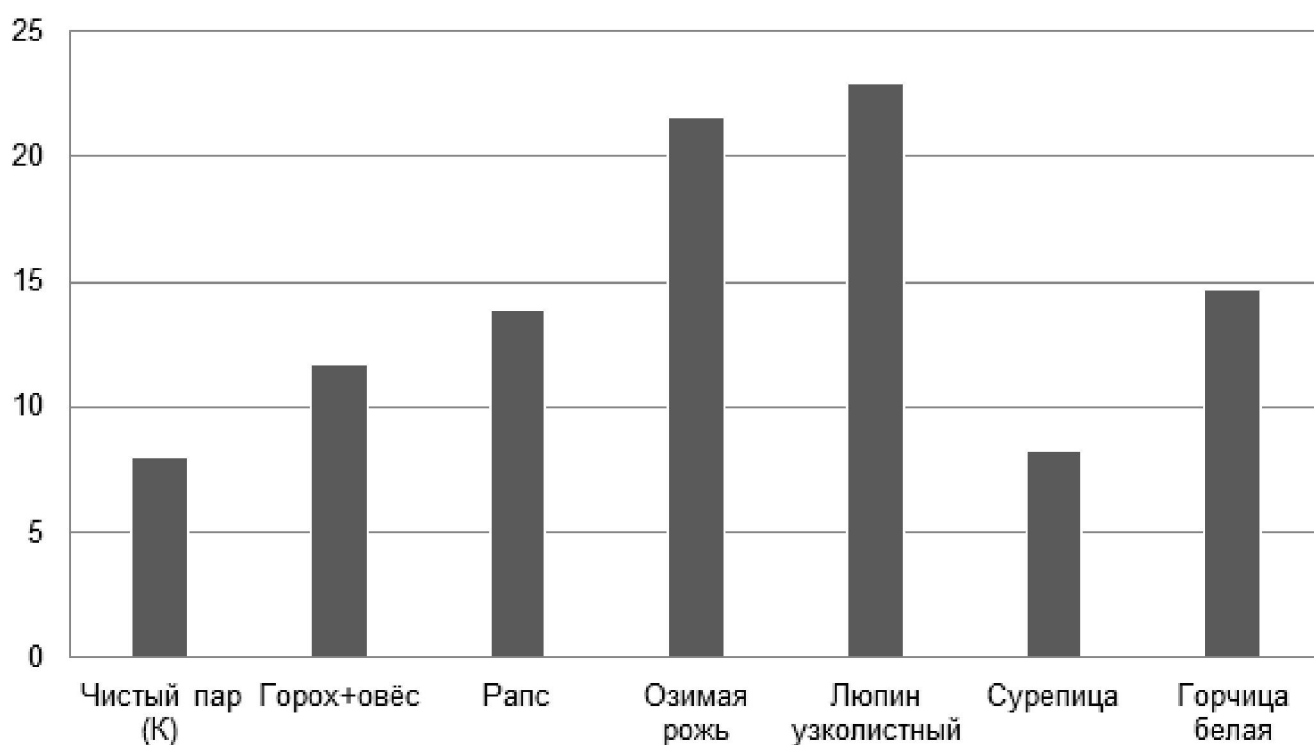


Рисунок 3 – Масса дождевых червей (кг/га) под различными сидератами, 28.07.2021 г.

была достоверной. Наиболее благоприятная среда обитания дождевых червей была на вариантах с люпином узколистным, озимой рожью, горчицей белой, рапсом и горохо-овсяной смесью.

Таким образом, количество и биомасса дождевых червей зависит от влажности почвы и вида используемого сидерата.

Выводы. На основании двухлетних исследований можно сделать следующие выводы:

1. Фенологическими наблюдениями установлено, что при посеве сидеральных культур в первой декаде мая фаза бутонизации – начала цветения у бобовых – наступает во второй декаде июля и сидеральные культуры в этот период готовы к заделке.

2. Урожайность зеленой массы сидератов при выращивании по технологии органического земледелия на черноземе оподзоленном Среднего Урала зависит от погодных условий и вида используемой культуры. Наиболее продуктивными являются горохо-овсяная смесь, горчица белая, рапс.

3. По результатам биологической диагностики (зооиндикации) чернозема оподзоленного установлено, что при благоприятных погодных условиях в зависимости от вида сидерата количество дождевых червей колебалось от 213 до 493 тыс.шт/га, причем наибольшее их количество отмечено на вариантах с горчицей белой, люпином узколистным, рапсом и сурепицей.

4. В острозасушливые годы количество дождевых червей резко снижается. На второй год после заделки сидератов после озимой ржи и варьирует от 66,7 до 160 тыс. шт./га.

5. Биомасса дождевых червей в зависимости от погодных условий и вида сидерата в годы на черноземе оподзоленном с хорошим увлажнением варьирует от 202 до 427,2 кг/га, причем на вариантах с горчицей белой и люпином узколистным разница достоверно выше. В острозасушливый год активность и масса дождевых червей резко снижается, примерно в 10 раз. Следует отметить более высокую биомассу в этот период на вариантах с люпином узколистным и озимой рожью.

6. Последствие сидератов определяли по урожайности зерна озимой ржи. Установлено, что она колебалась по вариантам от 20,47 до 24,55 ц/га, причем урожайность по вариантам с сидератами была выше по сравнению с контролем на 0,95-4,08 ц/га или на 4,6-19,9 %. Наиболее благоприятные условия для роста и развития озимой ржи оказали горчица белая, люпин узколистный и горохо-овсяная смесь.

Определение активности и биомассы дождевых червей позволяет прогнозировать изменение биологических свойств чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота и повышение урожайности последующих культур при использовании различных видов сидератов при органическом земледелии.

Список источников

1 Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2006. 249 с. URL: <https://elib.grsu.by/doc/9356> (дата обращения: 04.05.2022).

2 Биологизация агротехнологий – перспективный тренд российского и мирового земледелия [Электронный ресурс]. URL: <https://nosbz.ru/articles/38-biologizacija-agrotehnologii-perspektivnyi-trend-rossiiskogo-i-mirovogo-zemledelija.html> (дата обращения: 26.04.2022).

3 Сидераты: особенности использования и технология посева [Электронный ресурс]. URL: <https://rynok-apk.ru/articles/plants/sideraty/> (дата обращения: 26.04.2022).

4 Органическое земледелие: дождевые черви – основной индикатор плодородия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wikistroi.ru/story/garden/orghanichieskoie-ziemliedeliie-dozhdevyie-chiervi-2014-osnovnoi-indikator-plodorodiia> (дата обращения: 28.04.2022).

5 Торики В.Е., Сорокин А.Е. Биологизация земледелия как основа развития сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2011. № 5 (84). С. 18-21.

6 Денисенко О.А. Биологизация как способ повышения плодородия почв [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017035886> (дата обращения: 28.04.2022).

7 Максимова С.Л., Сафроновская Г.М. Дождевые черви: возвращение создателя плодородия в поле [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/dozhdevye-chervi-vozvrashchenie-sozdatelja-plodorodiya-v-pole> (дата обращения: 28.04.2022).

8 Максимова С.Л., Сафроновская Г.М. Дождевые черви. Возвращение создателя плодородия в поле // Наше сельское хозяйство. 2020. № 15 (239). С. 97-101.

9 Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30-33.

10 Коротких Е.В. Влияние приёмов биологизации на сохранение плодородия черноземных почв // Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 2. С. 46-50.

11 Кайдун П.И. Влияние дождевых червей на доступность растениям элементов минерального питания: азота, железа, цинка, марганца и кремния: дис. ...канд. биол. наук: 06.01.04: утв. 29.05.2018. СПб., 2018. 153 с.

12 Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов [и др.] // Земледелие. 2018. № 6. С. 6-10.

13 Коржов С.И., Трофимова Т.А., Котов Г.В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 8-10.

14 Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bondenfruchtdarkeit // Feldwirtschaft. 1983. Bd. 24. H. 8. P. 361-367.

15 Лошаков В.Г. Поживная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв // Земледелие. 2007. № 1. С. 11-14.

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

17 Никульчев К.А., Банецкая Е.В. Влияние культур севооборота на микробиологическую активность, агрофизические свойства почвы и урожайность сои // Земледелие. 2020. № 1. С. 11-14.

18 Рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов ЦЧЗ / В.И. Турусов [и др.]. Каменная Степь, 2019. 30 с.

References

1 Marchik T.P., Efremov A.L. Pochvovedenie s osnovami rastenievodstva: uchebnoe posobie [Soil science with the basics of crop production: a study guide]. Grodno: GrSU, 2006; 249. ISBN 985-417-828-5. URL: <https://elib.grsu.by/doc/9356> (accessed: 04.05.2022). (In Russ).

2 Biologizacija agrotehnologij – perspektivnyj trend rossijskogo i mirovogo zemledelija [Biologization of agricultural technologies is a promising trend in Russian and world agriculture] [Internet]. URL: <https://nosbz.ru/articles/38-biologizacija-agrotehnologii-perspektivnyi-trend-rossiiskogo-i-mirovogo-zemledelija.html> (accessed: 26.04.2022). (In Russ).

3 Sideraty: osobennosti ispol'zovanija i tehnologija poseva [Green manure: features of use and sowing technology] [Internet]. URL: <https://rynok-apk.ru/articles/plants/sideraty/> (accessed: 26.04.2022). (In Russ).

4 Organicheskoe zemledelie: dozhdevye chervi – osnovnoj indikator plodorodija [Organic farming: earthworms are the main indicator of fertility] [Internet]. URL: <http://www.wikistroi.ru/story/garden/orghanichieskoie-ziemliedeliie-dozhdevyie-chiervi-2014-osnovnoi-indikator-plodorodiia> (accessed: 28.04.2022). (In Russ).

5 Torikov V.E., Sorokin A.E. Biologizacija zemledelija kak osnova razvitija sel'skogo hozjajstva [Biologization of agriculture as the basis for the development of agriculture]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2011; (5-84): 18-21. (In Russ).

6 Denisenko O.A. Biologizacija kak sposob povyshenija plodorodija pochv [Biologization as a way to improve soil fertility][Internet]. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017035886> (accessed: 28.04.2022). (In Russ).

7 Maksimova S.L., Safronovskaya G.M. Dozhdevye chervi: vozvrashhenie sozdatelja plodorodija v pole [Earthworms: the return of the creator of fertility in the field] [Internet]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/dozhdevye-chervi-vozvrashchenie-sozdatelja-plodorodija-v-pole> (accessed: 28.04.2022). (In Russ).

8 Maksimova S.L., Safronovskaya G.M. Dozhdevye chervi. Vozvrashhenie sozdatelja plodorodija v pole [Earthworms. Return of the creator of fertility in the field] // *Our agriculture*. 2020; (15-239): 97-101. (In Russ).

9 Breskina G.M., Chuyan N.A. Vlijanie priemov biologizacii na urozhajnost' sel'skhozjajstvennyh kul'tur [The influence of biologization techniques on crop yields]. *Zemledelie*. 2020; (3): 30-33. (In Russ).

10 Korotkikh E.V. Vlijanie priemov biologizacii na sohranenie plodorodija chernozemnyh pochv [The influence of biologization techniques on the conservation of the fertility of chernozem soils]. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2015; (2): 46-50. (In Russ).

11 Kaidun P.I. Vlijanie dozhdevykh chervej na dostupnost' rastenijam jelementov mineral'nogo pitaniya: azota, zheleza, cinka, marganca i kremnija [The influence of earthworms on the availability of mineral nutrients to plants: nitrogen, iron, zinc, manganese and silicon] [Dissertation]. Saint Petersburg; 2004. (In Russ).

12 Kislov A.V., et al. Jekologizacija sevooborotov i biologicheskaja sistema vosproizvodstva pochvennogo plodorodija v stepnoj zone Juzhnogo Urala [Ecologization of crop rotations and the biological system of soil fertility reproduction in the steppe zone of the Southern Urals]. *Zemledelie*. 2018; (6): 6-10.

13 Korzhov S.I., Trofimova T.A., Kotov G.V. Biologicheskaja aktivnost' pochvy pri sovmestnom poseve kul'tur [Biological activity of the soil during the joint sowing of crops]. *Zemledelie*. 2018; (8): 8-10. (In Russ).

14 Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. *Feldwirtschaft*. 1983; (24-8): 361-367.

15 Loshakov V.G. Pozhnyvnaja sideracija i plodorodie derno-podzolistykh pochv [Stubble green manure and fertility of soddy-podzolic soils]. *Zemledelie*. 2007; (1): 11-14. (In Russ).

16 Nauchno obosnovannaja zonal'naja sistema zemledelija Sverdlovskoj oblasti: kollektivnaja monografija [Scientifically substantiated zonal system of agriculture in the Sverdlovsk region: collective monograph]. In Zezin N.N., editor. Yekaterinburg: LLC «G Lime»; 2020, p. 103-104. (In Russ).

17 Nikulchev K.A., Banetskaya E.V. Vlijanie kul'tur sevooborota na mikrobiologicheskiju aktivnost', agrofizicheskie svojstva pochvy i urozhajnost' soi [Influence of crop rotation crops on microbiological activity, agrophysical soil properties and soybean yield] // *Zemledelie*. 2020; (1): 11-14. (In Russ).

18 Turusov V.I., et al. Rekomendacii po sohraneniu i rasshirennomu vosproizvodstvu plodorodija chernozemov CChZ [Recommendations for the conservation and expanded reproduction of the fertility of chernozems of the CCR]. Stone Steppe; 2019. (In Russ).

Информация об авторах

М.Ю. Карпукхин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Author ID 339196.

В.В. Чулкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 106136.

В.А. Чулков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 653859.

Э.Р. Батыршина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 270346.

Information about the author

M.Yu. Karpukhin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 339196.

V.V. Chulkova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 106136.

V.A. Chulkov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 653859.

E.R. Baturshina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 270346.

Статья поступила в редакцию 07.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 25.08.2022.

The article was submitted 07.06.2022; approved after reviewing 25.07.2022; accepted for publication 25.08.2022.