

Научная статья

Original article

УДК 631.874.2+631.467+631.468

DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_26

**ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА
ОПОДЗОЛЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИДЕРАТОВ В ЗВЕНЕ
ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА**

**ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF SUBZOLIZED
CHERNOZEM WHEN USING GREEN MANURE IN A FIELD CROP
ROTATION**



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>, vyachech68@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@yandex.ru.

Маланичев Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел.+7-912-286-53-52, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6290-3121>, s.a.malanichev@yandex.ru.

Сапарклычева Светлана Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. +7-922-295-23-58, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0463-7749>, s.e.saparklycheva@mail.ru

Иванова Мария Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. +7-902-500-05-00, m-ivaivanova@yandex.ru , ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7158-9321>

Chulkov Vyacheslav Arkadievich, 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>, vyachech68@mail.ru

Chulkova Valentina Viktorovna, 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@yandex.ru .

Malanichev Sergey Alexandrovich, 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. +7-912-286-53-52, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6290-3121>, s.a.malanichev@yandex.ru .

Saparklycheva Svetlana Evgenievna, 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. +7-922-295-23-58, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0463-7749>, s.e.saparklycheva@mail.ru.

Ivanova Maria Sergeevna, 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. +7-902-500-05-00, m-ivaivanova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7158-9321>.

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния различных сельскохозяйственных культур, используемых в качестве сидератов, на биологические свойства почвы в условиях лесостепи Свердловской области. Представлены исследования по микробиологической активности почвы, которые проводили по методу льняных полотен. Полотно закладывали послойно на следующий год после заделки сидератов в период наибольшей активности жизнедеятельности микроорганизмов. В первый год последействия сидератов в 2019 г. активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов варьировала от 61,4% (гречиха) до 78,0 % (горчица). Во второй год показания убыли льняного полотна изменялись от 23 до 51 %, что было ниже в среднем в два раза по сравнению с 2019 годом. Это объясняется недостатком влаги в почве. Количество дождевых червей изменялось в 2019 г от 227 тыс. шт/га, после заделки гороха в 2018 г до 347 тыс. шт/га после заделки люпина узколистного, а в 2020 году от 160 (после рапса) до 253 тыс. шт/га (после горчицы и гороха). Масса червей на 1 га интересный показатель, позволяющий косвенно оценить количество переработанной почвы дождевыми червями. Известно, что при благоприятных условиях по влаге и теплу, один дождевой червь может за сутки переработать вес почвы равный его собственному весу. Данные по массе дождевых червей коррелируют с данными их количества. Наибольшая масса червей в 2019 и 2020 гг. отмечалась по горчице – 212 и 164 кг/га, соответственно. По фацелии и горохо-овсяной смеси получен наибольший урожай зеленой массы, 34,7 и 32,7 т/га. Установлено, что

урожайность ячменя и пшеницы в сильной и средней степени зависела от зеленой массы сидератов.

Abstract. The article is devoted to the study of the influence of various crops used as green manure on the biological properties of the soil. In the conditions of the forest-steppe of the Sverdlovsk region. The results of the microbiological activity of the soil, which were carried out using the method of linen cloths, are presented. The cloth was laid in layers the following year after the incorporation of green manure during the period of the highest activity of microorganisms. In the first year of the green manure's aftereffect in 2019, the microbial activity ranged from 61.4% (buckwheat) to 78.0% (mustard). In the second year, the decrease in linen fabric ranged from 23% to 51%, which was on average two times lower than in 2019. This can be attributed to the presence of moisture in the soil. The number of earthworms varied from 227 (peas) to 347,000 (lupine) in 2019, and from 160,000 (rapeseed) to 253,000 (mustard and peas) in 2020. The mass of worms per hectare is an interesting indicator that indirectly assesses the amount of soil processed by earthworms. It is known that under favorable conditions of moisture and heat, one earthworm can process the weight of soil equal to its own weight in one day. The data on the mass of earthworms correlates with the data on their number. The highest mass of earthworms was observed in 2019 and 2020 in mustard, with 212 and 164 kg/ha, respectively. The highest yield of green mass was obtained from phacelia and a mixture of peas and oats, at 34.7 and 32.7 t/ha, respectively. It was found that the yield of barley and wheat was strongly and significantly influenced by the green mass of green manure crops.

Ключевые слова: сидераты, микробиологическая активность, дождевые черви, урожайность.

Keywords: green manure crops, microbiological activity, earthworms, yield

Введение. Основными средствами биологизации земледелия является применение органических удобрений, сидератов, соломы, микробиологических удобрений, севообороты с многолетними травами [1].

По данным исследований Харитонов В.В., Шахова С.С. содержание в почве органического вещества при заделке зеленой массы повышалось, причем рост его был прямо пропорционален количеству массы растений, поступившей в почву. Минимальное содержание органического углерода отмечалось при внесении горчицы первого срока посева (1,79%), а максимальное – при двукратном возделывании и внесении в почву зеленой массы редьки (2,24%) [2].

В опытах Тамонова А. М. после использования люпина в качестве сидерата урожайность картофеля составила в среднем за 4 года исследований 17,4 т/га, что превышала на 7,4 т/га вариант, где картофель шел по картофелю и на 1,9 т/га, где картофель возделывался после внесения минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$ [3].

Использование сидеральных паров (вико-овсяной смеси) в качестве предшественника позволяет повышать урожайность картофеля, по сравнению с чистым неудобренным паром на 12-13% или 4,8-5,2 т/га [4].

Применение сидерального пара на фоне регулярного внесения соломы в исследованиях Сорокина И. Б., Кулижского С. П., Пасько О. А., О. Э. Мерзлякова повышал урожайность зерновых культур на 3.8 ц/га (на 22.4%). Через 20 лет эксперимента в почве снизилось среднее содержание гумуса в пахотном горизонте на 9.6% от исходного при применении чистого пара без внесения удобрений. Для сохранения потенциального плодородия внесение только соломы и (или) минерального азота в этом случае также было недостаточным. При этом сидеральный пар и регулярное внесение соломы обеспечили сохранение содержания гумуса в пахотном горизонте на исходном уровне [5].

Возделывание люпина в качестве сидерата улучшало качественные характеристики серой лесной почвы. При доле люпина в структуре посевных площадей не менее 40% содержание элементов питания в пахотном слое поддерживается на исходном уровне в большей степени, чем при 20–28% [6].

В звене полевого севооборота (сидеральный пар – яровой ячмень),

наибольшее положительное влияние на урожай зерна ярового ячменя (2,87 т/га) оказала заправка кормовых бобов массой 41,2 т/га. Второе место по количеству заделанной зеленой массы заняла смесь гороха и овса - 36,5 т/га с урожайностью ячменя – 2,61 т/га. Причем на варианте с горохоовсяной смесью микробиологическая активность превышала остальные варианты на 12-20 %, а количество дождевых червей на 32-41 % [7].

В исследованиях с заделкой сидератов разными агрегатами «Рубин» в два следа, «Рубин»+ ПЛН и «Sun Flower» лучше проявил себя «Sun Flower». Где была получена максимальная урожайность подсолнечника на вариантах с заделкой горчицы и гречихи – 3,00 и 2,91 т/га соответственно, что существенно выше, чем по всем остальным вариантам [8].

В опыте, проведенном в Курской области на тяжелосуглинистом мощном типичном черноземе в вариантах (подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра) с наиболее высокой урожайностью сидеральных культур была получена наиболее высокая урожайность зерновых культур. Количество органическим веществом пахотные горизонты в вариантах Количество органического вещества в слое 0–25 см в этих вариантах возросло на 0.64 и 0.63%. [9].

Важнейшим звеном в биологическом круговороте азота являются симбиотические клубеньковые бактерии. Экологически правильным для обогащения почвы азотом является использование бобовых культур [10].

Большинство стран используют на сидерацию промежуточные культуры. Применение зеленого удобрения в самостоятельных посевах рекомендуется на истощенных, отдалённых от животноводческих ферм землях, а также при освоении новых и нарушенных земель [11].

Заправка свежей органической массы сидеральном севообороте с рапсом способствовала увеличению количества микроорганизмов по сравнению с зернопаротравяным в 1,5 раза, а урожайность яровых зерновых в зернопаросидеральном севообороте не уступала зернотравяному севообороту. Средняя урожайность яровых зерновых в сидеральном севообороте с рапсом за

ротацию составила 3,92-3,96 т/га, а урожай зерна с севооборотной площади составил 2,35-2,38 тонн [12].

Исследования влияния предшественников на поступление сухого вещества в почву показало, что в контроле (однолетние травы на зелёный корм – озимая пшеница) данный показатель составил 6,1 т/га, при запарке ещё и соломы во втором варианте сухого вещества поступило 12,2 т/га, а при добавлении клевера 1 г.п. и отавы его на сидерат – 18,4 т/га. Отличился вариант с люпином на сидерат - озимая пшеница (запарка соломы) - рапс на сидерат, где поступило 26,7 т/га сухого вещества. Причём прибавка урожая яровой пшеницы коррелировала с поступлением сухого вещества [13].

Применение пожнивного сидерата и соломы на удобрение увеличивало поступление органического вещества в почву по сравнению с вариантом НРК на 3,75 т/га, что так же усиливало и микробиологические процессы в почве [14].

Использование органоминеральной системы способствовало росту продуктивности звена севооборота (вико-овсяная смесь- озимая пшеница- ячмень) по сравнению с вариантом без применения удобрений, на 58 % ($KЭЭ = 0,54$). При этом достигнут наибольший коэффициент энергетической эффективности ($KЭЭ = 1,19$ ед.) [15].

Результаты эксперимента показали, что общий коэффициент использования азота растениями маша при использовании различных органических удобрений в сочетании с азотными составлял от 39 до 47 % и был выше, чем при использовании одних азотных удобрений. При этом органические удобрения оказались более экономически эффективными [16].

Цель исследования – выявить сидеральные культуры, которые улучшают биологические свойства почвы и увеличивают урожайность зерновых культур в звене полевого севооборота.

В задачи исследований входило:

1. Определить влияние различных сидератов на микробиологическую активность чернозема оподзоленного в условиях Среднего Урала.

2. Установить сидераты, способствующие увеличению количества и массы дождевых червей в почве.

3. Проанализировать урожайность ячменя и пшеницы по различным сидератам.

Методы и условия проведения исследования.

Полевой опыт проводился в 2018-2020 гг. на опытном поле Уральского государственного аграрного университета, расположенном в Белоярском районе Свердловской области. Изучение влияния сидератов на биологические свойства почвы и урожайность зерновых культур проводили на оподзоленном черноземе в звене полевого севооборота: сидеральный пар – яровой ячмень - яровая пшеница. В сидеральном пару высевались: горохоовсянная смесь, яровой рапс, люпин узколистный, горчица белая, гречиха, горох, фацелия пижмолистная. Сидераты выращивались по общепринятым технологиям. Опыт проводили в трёхкратной повторности методом систематического размещения вариантов. Минеральные удобрения под посев сидератов не вносились. Контрольным вариантом являлась горохо-овсянная смесь.

Посев культур, используемых в качестве сидератов, проводился в первой половине мая 2018 года. Учет зелёной массы сидератов проводили по учетным площадкам на площади 10 м². Заделка в почву зеленой массы сидератов осуществлялась в период цветения бобовых, крестоцветных культур и в период колошения мятликовых. Технология возделывания ячменя и пшеницы была общепринятая для данного региона. Микробиологическую активность почвы в посевах ячменя определяли в 2018 и в посевах яровой пшеницы 2019 году спустя 45 дней после закладки льняных полотен. Учет дождевых червей проводили в 2018 и 2019 годах по учетным площадкам размером 0,5 x 0,5 м на глубину 0,3 м². Учет урожая ячменя в 2019 г. и пшеницы в 2020 г. проводили прямым комбайнированием. Почва опытного участка: чернозём оподзоленный, тяжелосуглинистый, содержание гумуса 5 %, pH – 6,0. Глубина пахотного слоя 28-30 см. Содержание N 140, P₂O₅ -140, K₂O -180 мг/кг.

Метеорологические условия по данным АГМС Исток (г. Екатеринбург) в годы проведения опытов были следующими: гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 1,2 до 1,8. Сумма активных температур в 2018 г. составила – 1720 °С; сумма осадков за период с апреля по сентябрь (включительно) – 487 мм, при среднемноголетнем количестве 350 мм. В 2019 году отмечена затяжная весна и умеренно теплая погода в начале летнего периода, с недобором осадков на уровне 20-30% от среднемноголетних показателей. Во второй половине лета стояла преимущественно теплая погода с количеством атмосферных осадков выше нормы на 125-189 %. Гидротермический коэффициент за период с температурой 10° и выше составил 1,8 единицы. Для вегетационного периода 2020 года были характерно раннее начало и позднее окончание вегетационного периода, дефицит и неравномерное распределение осадков, и превышение среднесуточных температур в период вегетации, что в свою очередь усилило дефицит влаги. В мае отмечалась теплая погода с дефицитом осадков 28,9% от нормы. Тепло и влагообеспеченность июня была на уровне среднемноголетних значений. Июль был жарким и засушливым, а сумма осадков составила 24 % от нормы. Большая часть осадков выпала в августе и сентябре, количество которых составило 138 и 150 % соответственно.

Результаты и обсуждение. Определение интенсивности разложения целлюлозы (метод льняных полотен), проводили послойно 0-10, 10-20 и 20-30 см (таблица 1). Фиксация льняного полотна в посевах пшеницы длилась 45 дней с 1 июня по 15 июля.

Таблица 1- Микробиологическая активность почвы,%, 2019 г.

| Сидераты | Слой почвы, см | | | Среднее, 0-30 см |
|------------------|----------------|-------|-------|---------------------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | |
| Овёс+горох (к) | 53,9 | 66,5 | 72,0 | 64,1 |
| Рапс яровой | 70,3 | 56,0 | 71,3 | 65,9 |
| Люпин узколистый | 67,6 | 76,0 | 63,5 | 69,0 |
| Горчица белая | 61,4 | 87,8 | 84,8 | 78,0 |
| Гречиха | 65,2 | 63,5 | 55,4 | 61,4 |
| Горох | 57,7 | 63,4 | 65,9 | 62,3 |

| | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|
| Фацелия | 64,9 | 71,1 | 62,3 | 66,1 |
| НСР ₀₅ | 12,0 | 11,8 | 9,5 | |

Наибольшая убыль льняного полотна в слое 0-10 см была отмечена после запашки рапса (70,3%) и люпина (67,6 %), что существенно ($НСР_{05}=12,00$) превышало контроль на 16,4 и 13,7 % соответственно. В слое 10-20 см, наибольшая существенная убыль льняного полотна была отмечена после запашки горчицы (87,8%), что достоверно при $НСР_{05}=11,8\%$ превышало контроль на 21,3 %. В нижнем слое почвы 20-30 см, наибольшая активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов наблюдалась после запашки горчицы белой (84,8 %) и превышала контроль на 12,7 %.

Исследования микробиологической активности почвы в посевах пшеницы в 2020 г. представлено на рисунке 1

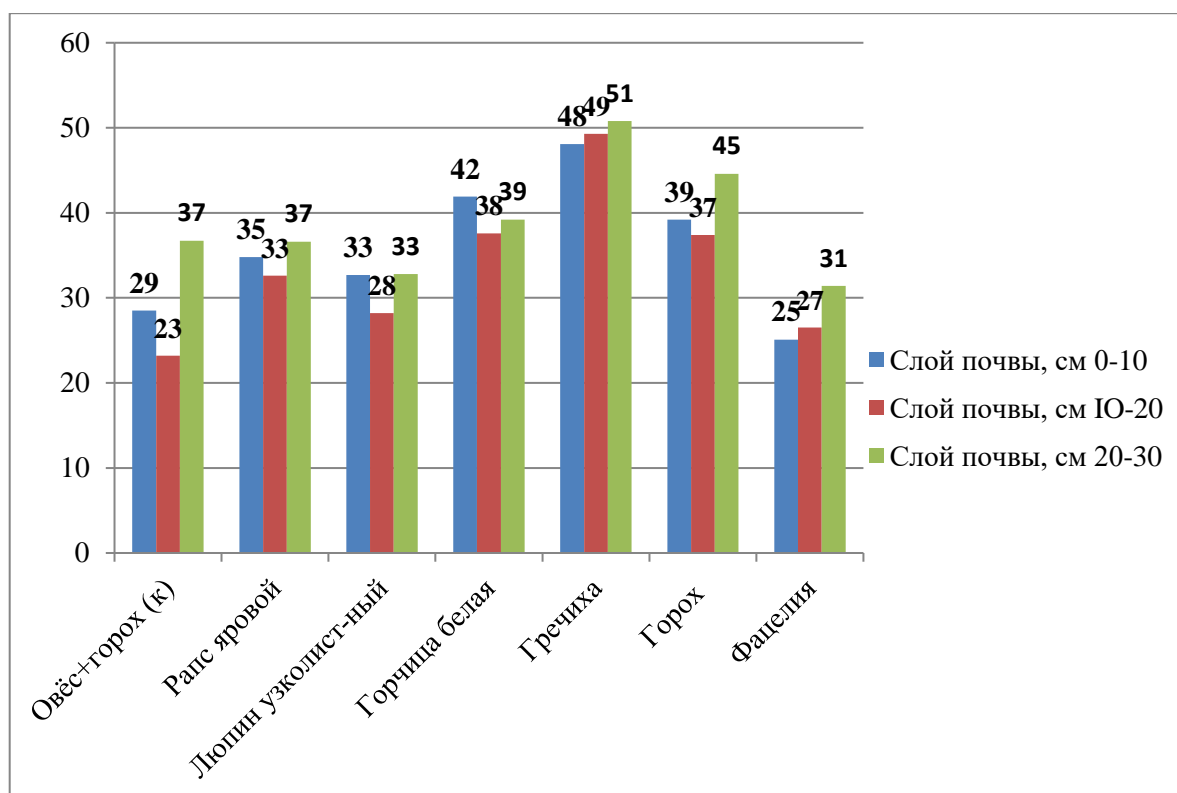


Рисунок 1 . Микробиологическая активность почвы, %, 2020 г.

При исследовании льняного полотна находившегося верхнем слое 0-10 см, наибольшая существенная убыль была оказалась после запашки гречихи

(48,1%) и горчицы (41,9 %), и превысило контроль на 19,6 и 13,4 % соответственно.

Изучая активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в слое 10-20 см установлено, что наибольшая существенная убыль льняного полотна была отмечена после заправки гречихи (49,4 %), горчицы (37,6 %) и гороха (37,4 %), что достоверно ($НСР_{05}=13,2\%$) превышало контроль на 26,1, 14,4 и 14,2 % соответственно. В слое 20-30 см, отличился вариант с гречихой (50,78%), и превысил контроль на 14,0 %.

При изучении количества дождевых червей приходилось брать во внимание тот факт, что они в течении суток могут перемещаться вниз и вверх по горизонтам почвы. Это отразилось и на их учете, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2. Количество и масса дождевых червей на пшенице по различным сидератам, 2019 г.

| Сидераты | Количество дождевых червей, тыс. шт/га | Масса дождевых червей, кг/га |
|-------------------|--|------------------------------|
| Овёс+горох (к) | 267 | 179 |
| Рапс яровой | 307 | 200 |
| Люпин узколистный | 347 | 212 |
| Горчица белая | 280 | 196 |
| Гречиха | 240 | 156 |
| Горох | 227 | 154 |
| Фацелия | 253 | 169 |
| $НСР_{05}$ | 30,2 | 15,3 |

Примечание. *Таблица составлена на основании собственных исследований

** Подсчет количества и массы дождевых червей проводился в **28.05.2019** г.

Наибольшее количество дождевых червей оказалось после заправки люпина узколистного 347 тыс.шт/га и рапса 307 тыс. шт/га, что существенно на 80 и 40 тыс. шт/га соответственно превышало контроль ($НСР_{05}=30,2$ тыс. шт/га).

Наибольшая масса червей также была по люпину и рапсу и существенно превышала контроль на 33 и 21 кг/га соответственно.

В 2020 г. в посевах пшеницы был проведён учет количества и массы дождевых червей (рис. 2).

Учет дождевых червей в посевах пшеницы показал, что по запаханным сидератам горчице и гороху их количество было существенно выше на 66 тыс. шт/га, чем по горохо-овсяной смеси, а наибольшей их масса оказалось после заправки горчицы - 164 кг/га и гороха 162 кг/га, что существенно на 33 и 31 кг/га превышало контроль ($НСР_{05}=11,4$ кг).

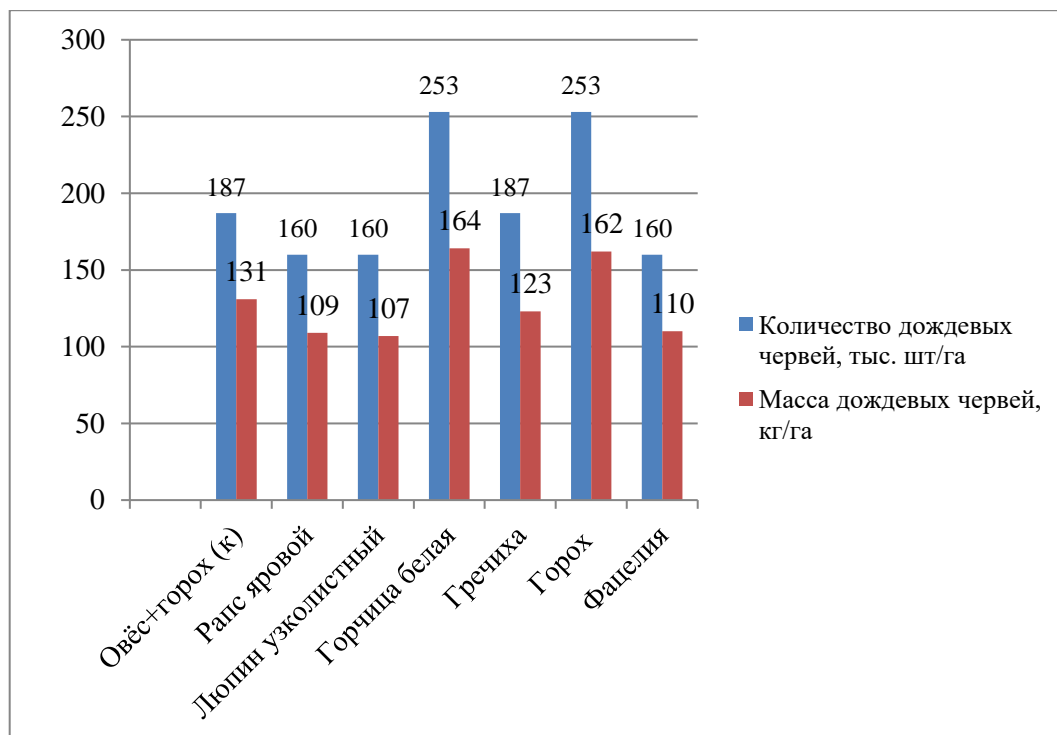


Рисунок 2. Количество и масса дождевых червей на пшенице по различным сидератам, 2020 г.

Итоговым показателем эффективности возделывания различных сидератов являлась урожайность ярового ячменя и яровой пшеницы, данные которых представлены в таблице 3.

В варианте с возделыванием фацелия получен наибольший урожай зеленой массы, который на 2 т/га превосходит контроль, однако не превышал ошибку опыта ($НСР_{05} = 2,90$ т/га). Варианты с размещением рапса, люпина горчицы, гречихи гороха существенно уступали контролю по продуктивности на 6,0 -14,0 т/га.

Таблица 3. Урожайность зерновых по различным сидератам, т/га

| Вариант | Продуктивность зелёной массы сидератов, т/га* | Урожайность, ц/га | |
|-------------------|---|--------------------|---------------------|
| | | Ячменя, 2019 г. | Пшеницы, 2020 г. |
| Овёс+горох | 32,9 | 2,82 | 2,89 |
| Рапс яровой | 19,9 | 2,28 | 2,19 |
| Люпин узколистный | 17,1 | 2,20 | 2,47 |
| Горчица белая | 17,0 | 2,65 | 2,64 |
| Гречиха | 20,1 | 2,49 | 3,05 |
| Горох | 27,7 | 2,55 | 2,83 |
| Фацелия | 34,7 | 2,84 | 2,99 |
| НСР ₀₅ | 2,90 | 0,25 | 0,24 |
| r | | 0,77 | 0,62 |

Примечание. *Таблица составлена на основании собственных исследований

**Учет зелёной массы сидератов проводился 06.08.2018 г.

Урожайность ячменя в 2019 году после заделки фацелии и гороховяной смеси оказалась наибольшей 2,84 и 2,82 т/га, а в варианте с горчицей существенно не отличалась от контроля. По рапсу, люпину, гречихе, гороху урожайность оказалась существенно ниже контроля.

На второй год последствий сидератов также отмечалось существенное снижение урожайности яровой пшеницы после рапса, люпина узколистного и горчицы при НСР₀₅ - 0,24 т/га. Наибольшая урожайность пшеницы была получена в варианте с заделкой гречихи и фацелии (3,05-2,99 т/га), однако разница находилась в пределах ошибки опыта.

При изучении последствий сидератов установлено, что в 1-й год отмечалась сильная корреляционная зависимость урожайности ярового ячменя от запаханной зеленой массы сидератов ($r=0,77$), а на 2-й год корреляционная зависимость по урожайности яровой пшеницы была средней ($r=0,62$).

Выводы:

1. Микробиологическая активность почвы в 2019 г. в слое 0-30 см в наибольшей степени проявилась после заделки горчицы белой и превысила контроль на 13,9 %, а в 2020 г. после заделки гречихи и превысила гороховяную смесь на 20%.

2. Количество и масса дождевых червей в 2019 г. оказалось наибольшей после заделки люпина узколистного с превышением контроля на 80 тыс. шт/га и

33 кг/га соответственно, а в 2020 г. после применения горчицы белой (превышение на 66 тыс. шт/га и 33 кг/га соответственно).

3. Использование в качестве сидератов горчицы, гречихи, люпина узколистного, несмотря на повышение микробиологической активности почвы, не увеличивало урожайность ярового ячменя и яровой пшеницы вследствие более низкой урожайности зеленой массы на 5,2 - 15,9 т/га. Наибольшая урожайность зерна ярового ячменя и яровой пшеницы была получена после заправки горохо-овсянной смеси и фацелии.

4. В условиях Среднего Урала при выращивании сидеральных культур без применения минеральных удобрений и средств химической защиты растений рекомендуется применять горохо-овсяную смесь.

Литература

1. 1.Коровин А.А. Безгина Ю.А., Зеленская Т.Г. Степаненко Е.Е. Лысенко И.О. Адаптация приёмов биологизации земледелия для решения проблем аграрного производства// Аграрный вестник Северного Кавказа. 2023. № 3(51). С. 41-46.
2. 2.Харитонов В.В., Шахов С.С. Оценка влияния сидератов на агрохимические показатели почвы//Агрохимический вестник. 2016. №3. С.39-43
3. 3.Тамонов А. М. Использование люпина при возделывании картофеля / А.М. Тамонов// Плодородие. 2008. № 2. С. 26-27.
4. 4.Васильев А.А. Эффективность сидеральных предшественников картофеля в лесостепной зоне Южного Урала / Достижения науки и техники АПК. 2013. № 8. С. 19-22
5. 5.Сорокин И. Б., Кулижский С. П., Пасько О. А., О. Э. Мерзляков Влияние длительного применения соломы и сидератов на серой лесной почве на продуктивность агроценозов //Агрохимия. 2023. № 9. с. 22–27
6. 6.Чекмарёв П.А., Артюхов А.И., Юмашев Н.П., Яговенко Л.Л. Роль люпина в формировании плодородия почвы//Достижения науки и техники АПК. 2011. № 10. С. 17-20.

7. 7.Чулков В. А., Чапалда Т. Л. Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота// Аграрный вестник Урала. 2021. №4. С.55-63
8. 8.Линков С.А., Закараев А.С. Влияние сидеральных культур на агрофизические свойства почвы и урожайность подсолнечника//Агрономия. 2024. №1. С.140-142
9. 9.Гребенников А.М. Влияние сидеральных агросообществ с участием гречихи на агрохимические свойства типичных черноземов//Агрохимия. 2022. №5. С.13-20
10. 10.Аманнеспесова А. Роль клубеньков бобовых растений в повышении плодородия почвы // Вестник науки. 2023. №11 (68) том 4. С. 901 - 905.
11. 11.Борисова Е. Е. Применение сидератов в мире// Вестник НГИЭИ 2015. № 6. С.23-33
12. 12.Колобков Е.В., Постников П.А. Микробиологическая активность почвы как фактор оценки биологизированных севооборотов // Аграрный вестник Урала. 2012. № 2. С. 4-6.
13. 13.Бахвалова С.А., Фёдорова А.В. Сидераты и урожайность яровой пшеницы//Плодородие. 2021. № 2. С.36-37
14. 14.Матюк Н.С., Селицкая О.В., Солдатова С.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве//Известия ТСХА. 2013. Выпуск 3. С 63-74
15. 15.Налиухин А. Н., Ерегин А. В., Власова О. А. Оценка биоэнергетической эффективности систем удобрения в звене севооборота// Земледелие. 2025. №4. С.8-12.
16. Ennan Zheng, Yinhao Zhu, Yinhao Zhu, Peng Chen, Peng Chen, Peng Chen. Effects of Organic Fertilizer Replacement Nitrogen Fertilizer on Nitrogen Utilization and Growth of Mung Bean: Evidence from ¹⁵N-Tracing Technology//Agronomy.2023.13(1),35; DOI.org/10.3390/agronomy13010235

References

1. Korovin A.A. Bezgina Yu.A., Zelenskaya T.G. Stepanenko E.E. Lysenko I.O.(2023). Adaptaciya priyomov biologizacii zemledeliya dlya resheniya problem agrarnogo proizvodstva [Adaptation of methods of biologization of agriculture to solve the problems of agricultural production]. Agrarian Bulletin of the North Caucasus, no. 3(51), pp. 41-46.
2. Kharitonov V.V., Shakhov S.S. (2016). Ocenka vliyaniya sideratov na agroximicheskie pokazateli pochvy [Assessment of the effect of green manure on agrochemical indicators of soil]. Agrochemical Bulletin, no. 3, pp. 39-43
3. Tamonov A. M. (2008). Ispol`zovanie lyupina pri vozdeley`vanii kartofelya [The use of lupine in potato cultivation]. Fertility, no. 2, pp. 26-27.
4. Vasilyev A.A. (2013). Effektivnost` sideal`ny`x predshestvennikov kartofelya v lesostepnoj zone Yuzhnogo Urala [The effectiveness of sideal potato predecessors in the forest-steppe zone of the Southern Urals / Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2013, no. 8, pp. 19-22.
5. Sorokin I. B., Kulizhsky S. P., Pasko O. A., Merzlyakov O. E., (2023). Vliyanie dlitel`nogo primeneniya solomy` i sideratov na seroj lesnoj pochve na produktivnost` agrocenozov [Influence of long-term use of straw and green manure on gray forest soil on the productivity of agrocenoses]. Agrokhimiya, no. 9, pp. 22–27.
6. Chekmaryov P.A., Artyukhov A.I., Yumashev N.P., Yagovenko L.L. (2011). Rol` lyupina v formirovanii plodorodiya pochvy` [The role of lupine in the formation of soil fertility]. Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex, no. 10, pp. 17-20.
7. Chulkov V. A., Chapalda T. L.(2021) Ocenka vliyaniya sideratov na biologicheskie svojstva chernozema opodzolennogo v zvene polevogo sevooborota [Assessment of the effect of green manure on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation]. Agrarian Bulletin of the Urals, no. 4, pp.55-63.

8.Linkov S.A., Zakaraev A.S. (2024). Vliyanie sideral'ny`x kul'tur na agrofizicheskie svojstva pochvy` i urozhajnost` podsolnechnika [Influence of green manure crops on the agro-physical properties of soil and the yield of sunflower]. Agronomy, no. 1, pp. 140-142.

9.Grebennikov A.M. (2022). Vliyanie sideral'ny`x kul'tur na agrofizicheskie svojstva pochvy` i urozhajnost` podsolnechnika [Influence of sideral agro-communities with buckwheat participation on agrochemical properties of typical chernozems]. Agrochemistry, no. 5, pp. 13-20.

10.Amannepesova A. (2023). Rol` kluben`kov bobovy`x rastenij v povы`shenii plodorodiya pochvy` [The role of nodules of leguminous plants in increasing soil fertility]. Bulletin of Science, no. 11 (68), vol. 4, pp. 901-905.

11. Borisova E. E. (2015). Primenenie sideratov v mire [The Use of Green Manure in the World]. Vestnik NGIEI, no. 6, pp. 23-33.

12. Kolobkov E.V., Postnikov P.A. (2012). Mikrobiologicheskaya aktivnost` pochvy` kak faktor ocenki biologizirovanny`x sevooborotov [Microbiological activity of soil as a factor in the assessment of biologized crop rotations]. Agrarian Bulletin of the Urals, no. 2. pp. 4-6.

13. Bakhvalova S.A., Fedorova A.V. (2021). Sideraty` i urozhajnost` yarovoj pshenicy [Green manure and yield of spring wheat//Fertility], no. 2. pp. 36-37

14. Matyuk N.S., Selitskaya O.V., Soldatova S.S. (2013). Rol` sideratov i solomy` v stabilizacii processov transformacii organicheskogo veshhestva v dernovo-podzolistoj pochve [The role of green manure and straw in stabilizing the processes of organic matter transformation in sod-podzolic soil]. Izvestiya TSKHA.. Issue 3. pp. 63-74

15. Naliyukhin A. N., Eregin A. V., Vlasova O. A. (2025). Ocenka bioe`nergeticheskoy e`ffektivnosti sistem udobreniya v zvene sevooborota [Assessment of the bioenergy efficiency of fertilizer systems in the crop rotation link]. Agriculture, no. 4. pp. 8-12.

16. Ennan Zheng, Yinhao Zhu, Yinhao Zhu, Peng Chen, Peng Chen, Peng Chen. (2023).[Effects of Organic Fertilizer Replacement Nitrogen Fertilizer on

Nitrogen Utilization and Growth of Mung Bean: Evidence from ^{15}N -Tracing Technology] *Agronomy*. 13(1),35; DOI.org/10.3390/agronomy13010235

© Чулков В.А., Чулкова В.В., Маланичев С.А., Сапарклычева С.Е., Иванова М.С., 2025. *International agricultural journal*, 2025, № 6, 409-426

Для цитирования: Чулков В.А., Чулкова В.В., Маланичев С.А., Сапарклычева С.Е., Иванова М.С. ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ОПОДЗОЛЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИДЕРАТОВ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА// *International agricultural journal*. 2025. № 6, 409-426