

Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота

В. А. Чулков¹, Т. Л. Чапалда¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: ares_68@mail.ru

Аннотация. Цель – исследование влияния различных сидератов на биологические свойства и урожайность ярового ячменя. Методы. Опыт проводили на черноземе оподзоленном в 2017–2018 гг. в лесостепной зоне Среднего Урала. Учет зеленой массы сидератов проводили вручную, а зерна ячменя – комбайном. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, микробиологическую активность почвы – методом льняных полотен. Количество и массу дождевых червей устанавливали с учетной площади. Научная новизна. Впервые на черноземе оподзоленном сравнивалось влияние различных сидератов на урожайность ярового ячменя и микробиологическую активность почвы, количество и массу дождевых червей. Результаты. Изучено воздействие различных сидератов (горох + овес, озимая рожь, яровой рапс, горчица белая, кормовые бобы) на микробиологическую активность почвы, количество дождевых червей и урожайность ярового ячменя в звене полевого севооборота (сидеральный пар – яровой ячмень). Наибольшая зеленая масса сидератов была запахана в следующих вариантах: кормовые бобы (41,2 т/га) и горох + овес (36,4 т/га). При заделке кормовых бобов наблюдалась наиболее высокая микробиологическая активность почвы (71 %). Количество дождевых червей в варианте с горчицей оказалось на 24 % больше по сравнению с контролем. Однако масса переработанной ими почвы в варианте «горох + овес» (138 г/м²) была максимальной и превышала массу в других вариантах на 11–27 г/м². Самая большая урожайность ячменя была получена также в варианте с заделкой кормовых бобов – 2,87 т/га, что на 0,26–0,69 т/га превысило остальные. Повышение микробиологической активности почвы в варианте с заделкой кормовых бобов повысило урожайность ячменя. Увеличение запаханной зеленой массы в вариантах не отразилось на повышении количества и массы дождевых червей.

Ключевые слова: плодородие почвы, сидераты, микробиологическая активность почвы, дождевые черви, урожайность ярового ячменя.

Для цитирования: 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.

Дата поступления статьи: 21.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Доля экспортируемого зерна в России с 2020 по 2024 гг. должна возрасти с 7,9 до 11,9 млрд долларов США [1, с. 2]. [2, с. 1]. Отчуждение питательных веществ из почвы будет увеличиваться, и без мер сохранения плодородия продолжится ее стремительное истощение. В Центрально-Черноземной зоне России содержанием гумуса с 10–13 % снизилось до 4–7 % со снижением поступления органики [3, с. 4]. «... чернозем ... для России дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железных руд; в нем – вековечное, неисчерпаемое – русское богатство» [4, с. 19].

Устойчивое функционирование агроэкосистем во многом обусловлено характером управления. В севооборотах включают промежуточные культуры и сидераты, которые улучшают фитосанитарное состояние посевов возделываемых культур. Заделка их в почву замыкает малый биологический круговорот веществ, увеличивает содержание гумуса, улучшает его состав, структуру почвы. В севооборотах с применением приемов биологизации прирост гумуса составил 1,7–2,6 т/га, в то время как на контроле

отмечалось уменьшение его содержания на 0,15 %. Урожайность озимой пшеницы по сидеральному пару была на 0,58 т/га выше, чем по чистому пару [5, с. 1513].

Получение сельскохозяйственной продукции в России в настоящее время осуществляется в основном за счет естественного плодородия почв. При этом почвы не только обедняются доступными формами элементов питания, но и страдают от дегумификации. Потеря гумуса сказывается на устойчивости почв к эрозионным процессам, различным видам загрязнений, на распространении патогенной микрофлоры и ведет к уменьшению биологического разнообразия. [6, с. 114]

На территории муниципальных образований Тульской области по гумусу в четырех районах (Алексинском, Белевском, Дубенском, Суворовском) деградация гумуса оказалась на высоком уровне, в остальных районах Тульской области и для всей территории Белгородской области деградация по гумусу очень слабо выражена или вовсе отсутствует. Положительные эффекты червей были обусловлены их стимулирующим влиянием на минерализацию соединений азота, интенсивность которой варьировала в за-

висимости от состава растительных остатков [7, с. 1172].

Экологическая роль сидератов важна, поскольку опыты показали, что внесение моноаммонийфосфата приводит к мобилизации сорбированного почвой глифосата. Наиболее ярко этот эффект проявился на серой лесной почве, где концентрация гербицида в присутствии удобрения была в 3,6 раза выше, чем при его отсутствии [8, с. 730].

Полная запашка парозанимающих культур на сидерат осуществляется на бедных почвах или на отдаленных участках, куда вывоз органических удобрений ограничен из-за высоких транспортных расходов. Сидеральные пары способствовали сокращению денежных затрат на 30–50 % по сравнению с навозной системой удобрения в паровом поле, а по сбору кормовых единиц гороховый сидеральный пар (25,0 корм. ед/га) не уступал 40 т/га навоза (25,4 корм. ед/га) [9, с. 101–103].

Снижение содержания гумуса в почве приводит к изменению его агрофизических показателей, а также химических свойств черноземов и падению плодородия. Комплексное изучение биологических приемов повышения плодородия почвы позволяет выделить следующие приемы: севообороты, внесение соломы, использование сидерации, многолетних трав [10, с. 46].

Обобщение многолетних исследований ученых Германии также показало, что для достижения бездефицитного баланса гумуса в почве необходимо запахивать при возделывании зерновых культур 38 т/га зеленой массы, а при возделывании пропашных – 75–100 т/га [11, с. 365].

Наибольшее количество органических остатков составляют в почву многолетние травы – 10,8 т/га, озимая рожь – 10,8, кукуруза на зерно – 0,8, гречиха – 7,0, донник – 6,8 т/га. Последствие приемов биологизации проявлялось и в посевах. При размещении озимой пшеницы по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем в посевах по чистому пару [12, с. 68].

Максимальная урожайность в опыте отмечена при возделывании сои в севообороте после кукурузы (2,52 т/га), минимальная (1,14 т/га) – в монокультуре. Общая численность микроорганизмов в течение вегетации варьировала от 7,3 до 38,4 млн КОЕ на 1 г почвы. Под монокультурой сои выявлено увеличение численности аммонифицирующей и иммобилизирующей микрофлоры, которая имела отрицательную корреляцию с урожайностью культуры. [13, с. 11], [14, с. 11–14].

Численность и биомасса бактерий почвы – индикатор ее «благоприятности» и экологического состояния. Корневая система ячменя является источником питательных веществ для бактерий только в начальной фазе его развития (прорастание). Затем растение «вынуждено» поддерживать низкую численность микробов (конкуренты за питательные вещества) и снижать возможность их проникновения в новые участки корней [15, с. 1503].

При размещении озимой пшеницы по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем в посевах по чистому пару [16, с. 9].

В лесных сообществах численность лямблий варьирует от 24 до 150 экз. на м². В редколесьях и субаль-

пийских лугах показатели численности и биомассы ниже, чем в лесном поясе. Наибольшая численность и биомасса червей отмечена на пастбище КРС в долине р. Малой [17, с. 456].

С использованием дождевых червей удельная площадь листьев ячменя была выше, чем без их присутствия. Это подтверждает, что дождевые черви и экстременты насекомых оказывают синергетическое влияние на плодородие почвы [18, с. 783].

В условиях Курской области на типичном черноземе в зернопропашном звене заделка растительных остатков подсолнечника с азотным удобрением увеличивала урожайность ячменя на 0,52 т/га, с биопрепаратами (Грибофит и Имуназот) – на 0,42 т/га, по отношению к контролю (2,33 т/га) [19, с. 33].

Методология и методы исследования (Methods)

Полевой опыт проводился в 2017–2018 гг. в учхозе Уральского государственного аграрного университета, на опытном поле кафедры растениеводства и селекции. Изучение влияния сидератов на биологические свойства и урожайность зерновых культур проводили на оподзоленном черноземе в звене полевого севооборота: сидеральный пар – яровой ячмень. В сидеральном пару высевались горох + овес, озимая рожь, яровой рапс, горчица белая, кормовые бобы. Сидераты выращивались по общепринятым технологиям. Опыт проводили в трехкратной повторности методом систематического размещения вариантов. Минеральные удобрения под посев сидератов не вносились. Контрольным вариантом являлся «горох + овес».

Посев культур, используемых в качестве сидератов, проводился в первой половине мая 2017 г. Учет зеленой массы сидератов проводили по учетным площадкам на 10 м². Заделка в почву зеленой массы сидератов осуществлялась в период цветения бобовых, крестоцветных культур и в период колошения мятликовых. Технология возделывания ячменя в 2018 г. была общепринятой для данного региона. Микробиологическую активность почвы в посевах ячменя определяли в 2018 г. спустя 45 дней после закладки льняных полотен. Учет дождевых червей проводили в 2018 г. по учетным площадкам 0,5 × 0,5 м на глубину 0,3 м. Учет урожая ячменя проводили прямым комбайнированием. Почва – чернозем оподзоленный, тяжелосуглинистый, содержание гумуса – 5 %, pH – 6,0.

Метеорологические условия по данным АГМС «Исток» (г. Екатеринбург) в годы проведения опытов были следующими: гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 1,2 до 1,4; сумма активных температур в 2017 г. – 1695 °С, в 2018 г. – 1720 °С; сумма осадков за период с апреля по сентябрь (включительно) составила в 2017 г. 443 мм, в 2018 г. – 487 мм (средне многолетнее – 350 мм).

Результаты (Results)

Большинство отдаленных полей не получают органических удобрений, что ведет к снижению плодородия почвы. Снизить истощение почвы помогут сидераты. В качестве сидератов эффективно используются бобовые культуры (однолетний люпин, клевер, донник и т. д.), которые обогащают почву азотом. Использование в качестве сидератов рапса, сурепицы, горчицы и т. д., которые обеспечивают прирост надземной массы за 40–50 дней, также эф-

фактивно. В условиях Среднего Урала можно применять яровую вику, райграс однолетний, злаково-бобовые смеси. При использовании минеральных удобрений возможно получение зеленой массы сидератов на уровне 15–22 т при самостоятельном посеве. Данное количество содержит 110–200 кг азота (при посеве бобовых). В зеленой массе сидератов содержится такое же количество азота, фосфора и калия, как и в навозе.

В слое почвы 0–10 см микробиологическая активность по вариантам была выше, чем в нижних горизонтах, и колебалась от 22 до 34 %, в слое 10–20 см – 15–23 %, 20–30 см – 12–15 % (таблица 1). Диапазон вариации показателей снижался от верхнего до нижнего слоя почвы.

В слое 0–10 см отмечена максимальная активность воздействия микроорганизмов на варианте с заделкой кормовых бобов (34 %), а наименьшая – с озимой рожью (22 %). В слое 10–20 см тенденция сохранялась. В слое 20–30 см различия по вариантам были незначительные.

В слое 0–30 см более активно микроорганизмы проявили себя на варианте с кормовыми бобами (23,7 %), где превышение микробиологической активности почвы в сравнении с контролем составило + 7,7 %. Варианты с рапсом, озимой рожью и горчицей уступали контролю на 12, 20 и 17 % соответственно.

На микробиологическую активность прямое влияние оказывает влажность почвы. Определение влажности почвы в посевах ячменя проводили в фазу выхода в трубку (таблица 2).

При анализе влажности почвы было установлено: в верхнем слое 0–10 см существенное превышение наблюдалось в варианте с рапсом (1,86 %), а варианты с озимой рожью и горчицей существенно уступали контролю (–2,69 и –1,61 % соответственно); в слое 10–20 см существенное превышение оказалось на всех вариантах; в слое 20–30 см достоверных отклонений не отмечено. В целом в слое почвы 0–30 см наибольшая влажность оказалась по запашки рапса (34,28 %), что на 2,29–4,09 % превышала остальные варианты.

На результатах наблюдений за дождевыми червями сказывалось то обстоятельство, что подсчет их численности по вариантам опыта может носить весьма субъективный характер, поскольку они в течение суток могут перемещаться по горизонтам почвы. Учет их количества по вариантам проводился на территории учетной площадки $0,5 \times 0,5$ м, глубина исследования – 0,3 м в трехкратной повторности. При подсчете наибольшее количество дождевых червей оказалось на варианте с заделкой горчицы (48 шт/м²), что не существенно превосходило контроль на 2 шт/м², при НСР₀₅=6,32 шт/м². В варианте с яровым рапсом, озимой рожью, кормовыми бобами количество дождевых червей оказалось существенно меньше чем в контрольном варианте с горохо-овсяной смесью на 15,0; 19,0; и 15 шт/м² соответственно.

При анализе последствий сидератов установлена наибольшая масса дождевых червей в варианте с горчицей (37 г/м²), что существенно превосходило контроль на 5,0 г/м². На остальных вариантах масса их оказалась достоверно ниже НСР₀₅ = 3,55 г/м².

Очень интересным показателем является масса одного червя. Имеются сведения, что за сутки дождевой червь пропускает массу почвенного грунта, равную его собственному весу. Следовательно, можно теоретически рассчитать, какое количество почвы по вариантам оказалось переработано ими и оставлено на поле в виде ценных копролитов. Результаты опыта показали, что средняя масса одного червя оказалась самой высокой на варианте с запашкой горчицей (0,77 г) и яровым рапсом (0,77 г). Зная количество и массу червей, был подсчитан объем почвы переработанный дождевыми червями за активный период их деятельности (200 дней). При относительно высокой массе (37 г/м²) и высокому количеству (48,0 шт/м²) дождевых червей на варианте «горчица» количество переработанной почвы оказалось наибольшим – 154 г/м², что выше остальных вариантов на 20–32 г/м².

Таблица 1
Влияние сидератов на микробиологическую активность почвы по слоям почвы с фиксацией льняного полотна в 45 дней в 2018 г., %

Варианты	Микробиологическая активность почвы по слоям почвы, %			
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
1. Горох + овес (контроль)	32	19	15	22,0
2. Рапс яровой	29	15	14	19,3
3. Озимая рожь	22	18	13	17,7
4. Горчица белая	25	18	12	18,3
5. Бобы кормовые	34	23	14	23,7

Table 1
The effect of siderates on the microbiological activity of the soil on the soil layers with the fixation of the linen cloth in 45 days in 2018, %

Options	Microbiological activity of the soil by soil layers, %			
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	0–30 cm
1. Peas + oats (control)	32	19	15	22,0
2. Spring rapeseed	29	15	14	19,3
3. Winter rye	22	18	13	17,7
4. White mustard	25	18	12	18,3
5. Feed beans	34	23	14	23,7

Таблица 2
Влажность почвы в 2018 г., %

Варианты	Слой почвы							
	0–10 см		10–20 см		20–30 см		0–30 см	
	Влаж-ность почвы, %	Отклоне-ние, %	Влаж-ность почвы, %	Отклоне-ние, %	Влаж-ность почвы, %	Отклоне-ние, %	Влаж-ность почвы, %	Отклоне-ние, %
1. Горох + овес (контроль)	36,93	—	26,64	—	27,01	—	30,19	—
2. Рапс яровой	34,24	–2,69	34,31	7,67	26,20	–0,81	31,58	1,39
3. Озимая рожь	38,79	1,86	35,59	8,95	28,47	1,46	34,28	4,09
4. Горчица белая	35,32	–1,61	33,23	6,59	27,42	0,41	31,99	1,8
5. Бобы кормовые	36,77	–0,16	29,26	2,62	26,55	–0,46	30,86	0,67
НСР ₀₅		1,52		2,12		1,83		

Примечание. Влажность почвы определяли в фазе выхода ячменя в трубку.

Table 2
The humidity of the soil strata of the soil, 2018 %

Options	Soil layer							
	0–10 cm		10–20 cm		20–30 cm		0–0 cm	
	Soil mois-ture, %	Deviation, %	Soil mois-ture, %	Deviation, %	Soil mois-ture, %	Deviation, %	Soil mois-ture, %	Deviation, %
1. Peas + oats (control)	36.93	—	26.64	—	27.01	—	30.19	—
2. Spring rapeseed	34.24	–2.69	34.31	7.67	26.20	–0.81	31.58	1.39
3. Winter rye	38.79	1.86	35.59	8.95	28.47	1.46	34.28	4.09
4. White mustard	35.32	–1.61	33.23	6.59	27.42	0.41	31.99	1.8
5. Feed beans	36.77	–0.16	29.26	2.62	26.55	–0.46	30.86	0.67
LSD ₀₅		1.52		2.12		1.83		

Note. Soil moisture in the phase of entering the barley tube.

Таблица 3
Количество и масса дождевых червей по различным сидератам в слое почвы 0–30 см на 1 м², 2018 г.

Варианты	Количество дождевых червей, шт/м ²	Отклонение от контроля, шт/м ²	Масса дождевых червей, г/м ²	Отклонение от контроля, г/м ²	Средняя масса одного дождевого червя, г	Количество переработанной почвы за активный период 200 дней, г/м ²
Горох + овес (контроль)	46	—	31,5	—	0,70	140
Рапс яровой	31	–15,0	24,1	–8,0	0,77	154
Озимая рожь	27	–19,0	18,2	–14,0	0,67	134
Горчица	48	+2,0	37,0	+5,0	0,77	154
Бобы кормовые	31	–15,0	18,4	–13,0	0,61	122
НСР ₀₅		6,32		3,55		

Примечание. Один дождевой червь за сутки пропускает через свой кишечник вес почвы, равный весу его собственного тела.

Table 3
Number and mass of earthworms according to various siderate, in the soil layer 0–30 cm per 1 m², 2018

Option	Number of earthworms, pcs/m ²	Deviation from control, pcs/m ²	Weight of earthworms, g/m ²	Deviation from control, pcs/m ²	Average weight of one earthworm, g	Amount of processed soil for the active period of 200 days, g/m ²
Peas + oats (control)	46	—	31.5	—	0.70	140
Spring rapeseed	31	–15.0	24.1	–8.0	0.77	154
Winter rye	27	–19.0	18.2	–14.0	0.67	134
Mustard	48	+2.0	37.0	+5.0	0.77	154
Feed beans	31	–15.0	18.4	–13.0	0.61	122
LSD ₀₅		6.32		3.55		

Note. The earthworm passes through the intestines in one day the amount of soil equal to the amount of their body.

Таблица 3
Зеленая масса сидератов, т/га

Варианты	Зеленая масса сидератов, т/га	Отклонение, т/га	Отклонение, %
Горох + овес	36,52	—	100
Рапс	18,80	–17,72	51,48
Озимая рожь	12,00	–24,52	32,86
Горчица	12,80	–23,72	35,05
Бобы кормовые	41,20	4,68	112,81
НСР ₀₅		19,32	

Table 3
Green mass of green manure, t/ha

Option	Green mass of siderates, t/ha	Deviation, t/ha	Deviation, %
Peas + oats (control)	36.52	—	100
Spring rapeseed	18.80	–17.72	51.48
Winter rye	12.00	–24.52	32.86
Mustard	12.80	–23.72	35.05
Feed beans	41.20	4.68	112.81
LSD ₀₅		19.32	

Таблица 4
Урожайность ячменя по различным сидератам, т/га

Варианты	Урожайность ячменя, т/га	Отклонение, т/га	Отклонение, %
Горох + овес	2,61	—	100
Рапс	2,51	–0,10	96,02
Озимая рожь	2,60	–0,01	99,54
Горчица	2,18	–0,43	83,46
Бобы кормовые	2,87	0,26	109,95
НСР ₀₅		0,35	

Table 4
Barley yields for the various green manure, t/ha

Option	Barley yield, t/ha	Deviation, t/ha	Deviation, %
Peas + oats (control)	2.61	—	100
Spring rapeseed	2.51	–0.10	96.02
Winter rye	2.60	–0.01	99.54
Mustard	2.18	–0.43	83.46
Feed beans	2.87	0.26	109.95
LSD ₀₅		0.35	

Таблица 5
Влияние сидератов на биологические показатели и урожайность ячменя

Сидераты	Зеленая масса сидератов, т/га	Микробиологическая активность почвы в слое почвы 0–30 см, %	Влажность почвы в слое 0–30 см, %	Количество дождевых червей, шт/м ²	Масса дождевых червей, г/м ²	Урожайность ячменя, т/га
Горох + овес (контроль)	36,52	22,0	30,19	46	31,5	2,61
Рапс яровой	18,80	19,3	31,58	31	24,1	2,51
Озимая рожь	12,00	17,7	34,28	27	18,2	2,60
Горчица	12,80	18,3	31,99	48	37,0	2,18
Бобы кормовые	41,20	23,7	30,86	31	18,4	2,87
Коэффициент корреляции (r)		0,99	–0,79	0,07	–0,18	0,74

Table 5

The effect of green manure on the biological parameters and yield of barley

<i>Siderates</i>	<i>Green mass of siderates, t/ha</i>	<i>Soil microbiological activity in the soil layer 0–30 cm, %</i>	<i>Soil moisture in the layer 0–30 cm, %</i>	<i>Number of earthworms, pcs/m²</i>	<i>Earthworm mass, g/m²</i>	<i>Barley yield, t/ha</i>
<i>Peas + oats (control)</i>	36.52	22.0	30.19	46	31,5	2.61
<i>Spring rapeseed</i>	18.80	19.3	31.58	31	24,1	2.51
<i>Winter rye</i>	12.00	17.7	34.28	27	18,2	2.60
<i>Mustard</i>	12.80	18.3	31.99	48	37,0	2.18
<i>Feed beans</i>	41.20	23.7	30.86	31	18,4	2.87
<i>Correlation coefficient (r)</i>		0.99	–0.79	0,07	–0,18	0.74

При определении зеленой массы сидератов (таблица 3) определена наибольшая зеленая масса сидератов в варианте с кормовыми бобами (41,2 т/га), однако прибавка оказалась в пределах ошибки опыта. Существенно уступали контролю варианты с озимой рожью (–24,52 т/га) и горчицей (–23,72 т/га).

При анализе урожайности зерна ячменя (таблица 4) максимальная урожайность отмечалась на варианте после заделки кормовых бобов – 2,87 т/га, однако оказалась незначительной. Существенно снизилась урожайность ячменя по сравнению с контролем в варианте с заделкой горчицы (–0,43 т/га).

При анализе влияния количества запаханной зеленой массы сидератов на биологические показатели и урожайность ячменя установлена корреляционная зависимость. Проявилась сильная зависимость микробиологической активности почвы от количества зеленой массы (0,99). Однако по влажности почвы сильная связь оказалась с противоположным эффектом (–0,79). Анализ количества и массы дождевых червей по вариантам опыта не выявили корреляционной зависимости от количества зеленых удобрений 0,07 и –0,18 соответственно. Сильная связь между признаками урожайности ячменя и массой сидератов (0,74) подтверждает решающую роль зеленых удобрений в получении урожая.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты исследований показали, что в звене полевого севооборота (сидеральный пар – яровой ячмень), наибольшее положительное влияние на урожай зерна ярового ячменя (2,87 т/га) оказала заделка кормовых бобов массой 41,2 т/га. Второе место по количеству заделанной зеленой массы занял вариант, засеянный смесью гороха и овса 36,5 т/га, однако урожайность ячменя по нему оказалась на 0,35 т/га ниже. Третью позицию по урожайности запаханной зеленой массы занял рапс – 18,8 т/га с урожайностью ячменя 2,51 т/га. Зеленая масса озимой ржи составила всего 12,0 т/га, однако урожайность ячменя по нему приближалась к урожайности горохо-овсяной смеси – 2,60 т/га. Влияние горчицы как сидерата оказало наименьшее влияние на урожайность ячменя (2,18 т/га). При определении микробиологической активности наблюдалась четкая закономерность увеличения активности микроорганизмов от количества заделанной массы. Так, при заделке наибольшей зеленой массы кормовых бобов (2,87 т/га) наблюдалась и самая высокая микробиологическая активность почвы – 23,7 %, аналогичная тенденция была и по остальным вариантам.

Величина запаханной зеленой массы благоприятно отразилась на микробиологической активности почвы, количестве дождевых червей и урожайности по всем вариантам кроме варианта с заделкой горчицы.

Библиографический список

1. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 // Российская газета. Федеральный выпуск. 2018. 09 мая [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html> (дата обращения: 18.11.2020).
2. Паспорт федерального проекта «Экспорт продукции АПК» // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/013/013f266cee8d39bce5ca867381ff0da1.pdf> (дата обращения: 14.11.2020).
3. Сычев В. Г., Налиухин А. Н., Шевцова Л. К., Рухович О. В., Беличенко М. В. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1521–1536.
4. Докучаев В. В. К учению о зонах природы. Горизонтальная и вертикальная почвенные зоны. Санкт-Петербург, 1899. 28 с.
5. Завалин А. А., Дриггер В. К., Белобров В. П., Юдин С. А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516.
6. Кудряков В. Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 109–121.
7. Яковлев А. С., Макаров О. А., Евдокимова М. В., Огородников С. С. Деградация земель и проблемы устойчивого развития // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1167–1174.

8. Куликова Н. А., Железова А. Д., Воропанов М. Г., Филиппова О. И., Плющенко И. В., Родин И. А. Мобилизация, фитотоксичность и действие на микробное сообщество почв глифосата при внесении моноаммонийфосфата // Почвоведение. 2020. № 6. С. 726–737.
9. Зезин Н. Н., Панфилов А. Э., Шанина Е. П. [и др.] Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области. Екатеринбург, 2020. 372 с.
10. 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. Москва, 2018. 153 с.
11. Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bondenfruchtdarkeit // Feldwirtschaft. 1983. Bd. 24. H. 8. Pp. 361–367.
12. Кислов А. В., Глинушкин А. П., Кашеев А. В. [и др.] Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала // Земледелие. 2018. № 6. С. 6–10.
13. Никульчев К. А., Банецкая Е. В. Влияние культур севооборота на микробиологическую активность, агрофизические свойства почвы и урожайность сои // Земледелие. 2020. № 1. С. 11–14.
14. Пинчук И. П., Полянская Л. М., Кириллова Н. П., Степанов А. Л. Особенности формирования микробного сообщества дерново-подзолистой почвы в процессе вегетации ячменя (*Hordeum vulgare* L.) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1498–1505.
15. Турусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. [и др.] Рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов ЦЧЗ. Каменная Степь, 2019. 30 с.
16. Коржов С. И., Трофимова Т. А., Котов Г. В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 8–10.
17. Гераськина А. П. Дождевые черви (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) окрестностей пос. Домбай Тебердинского заповедника (Северо-Западный Кавказ, Карачаево-Черкессия) // Труды Зоологического института РАН. Смоленск, 2016. Т. 320. № 4. С. 450–466.
18. Dulaurent A., Daoulas G., Faucon M., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) Mediate the Fertilizing Effect of Frass [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10. Pp. 783. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/783> (date of reference: 14.11.2020).
19. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30–33.

Об авторах:

Вячеслав Аркадьевич Чулков¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0001-9268-4734, AuthorID 653859; +7 950-195-04-68

Татьяна Леонидовна Чапалда¹, старший преподаватель кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0002-7137-5921, AuthorID 871902; +7 908-633-61-09

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Evaluation of the influence of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation

V. A. Chulkov^{1✉}, T. L. Chapalda¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: ares_68@mail.ru

Abstract. The purpose is to study the effect of various siderates on the biological properties and yield of spring barley. **Methods.** The experiment was carried out on podzolized chernozem in 2017–2018 in the forest-steppe zone of the Middle Urals. The green mass of the siderates was taken into account manually, and barley grain by combine was carried out. Soil moisture was determined by the thermostatic-weight method. The number and mass of earthworms were determined from the registered area. The microbiological activity of the soil was determined by the method of linen cloths. **Scientific novelty.** For the first time, the effect of various siderates on the yield of spring barley and the microbiological activity of the soil, the number and mass of earthworms was compared on podzolized chernozem. **Results.** The effect of various siderates: peas + oats, winter rye, spring rapeseed, white mustard, fodder beans on the microbiological activity of the soil, the number of earthworms and the yield of spring barley in the link of the field crop rotation – sideral steam – spring barley was studied. The largest green mass of green manure was plowed into the soil in the following variants: fodder beans (41.2 t/ha) and peas + oats (36.4 t/ha). In the variant with the planting of fodder beans, the highest microbiological activity of the soil was observed (71 %). Studies of the number of earthworms showed that their number was 24 % higher in the mustard variant compared to the control. However, the

mass of the soil they processed in the peas + oats variant (138 g/m^2) was maximum and exceeded the mass in other versions by $11\text{--}27 \text{ g/m}^2$. The highest yield of barley was also obtained in the variant with the incorporation of feed beans – 2.87 t/ha , which is $0.26\text{--}0.69 \text{ t/ha}$ higher than the rest. Increasing the microbiological activity of the soil in the variant with the incorporation of feed beans increased the yield of barley. The increase in the plowed green mass in the variants did not affect the increase in the number and weight of earthworms.

Keywords: soil fertility, siderates, microbiological activity of soil, earthworms, yield of spring barley.

For citation: Chulkov V. A., Chapalda T. L. Otsenka vliyaniya sideratov na biologicheskie svoystva chernozema opodzolenogo v zvene polevogo sevooborota [Evaluation of the influence 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. (In Russian.)

Paper submitted: 21.12.2020.

References

1. “O natsional’nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda”: Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 g. № 204 [“On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”: Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204] [e-resource] // Rossiyskaya gazeta Federal’nyy vypusk. 2018. 09 May. URL: <https://rg.ru/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html> (date of reference: 18.11.2020). (In Russian.)
2. Pasport federal’nogo proekta “Eksport produktsii APK” [Passport of the federal project “Export of agricultural products”] [e-resource] // Official Internet portal of legal information. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/013/013f266cee8d39bce5ca867381ff0da1.pdf> (date of reference: 14.11.2020). (In Russian.)
3. Sychev V. G., Naliukhin A. N., Shevtsova L. K., Rukhovich O. V., Belichenko M. V. Vliyanie sistem udobreniya na sodержание pochvennogo organicheskogo ugleroda i urozhaynost’ sel’skokhozyaystvennykh kul’tur: rezul’taty dlitel’nykh polevykh opytov geograficheskoy seti Rossii [Influence of fertilization systems on soil organic carbon content and crop yields: results of long-term field trials of the geographic network of Russia] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 12. Pp. 1521–1536. (In Russian.)
4. Dokuchaev V. V. K uchen’yu o zonakh prirody. Gorizonta’naya i vertika’naya pochvennyye zony [To the study of nature zones. Horizontal and vertical soil areas]. Saint Petersburg, 1899. 28 p. (In Russian.)
5. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Azot v chernozemakh pri traditsionnoy tekhnologii obrabotki i pryamom poseve (obzor) [Nitrogen in chernozems with traditional processing technology and direct sowing (overview)] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 12. Pp. 1506–1516. (In Russian.)
6. Kudryarov V. N. Pochvenno-biogeokhimicheskie aspekty sostoyaniya zemledeliya v Rossiyskoy Federatsii [Soil and biogeochemical aspects of the state of agriculture in the Russian Federation] // Eurasian Soil Science. 2019. No. 1. Pp. 109–121. (In Russian.)
7. Yakovlev A. S., Makarov O. A., Evdokimova M. V., Ogorodnikov S. S. Degradatsiya zemel’ i problemy ustoychivogo razvitiya [Land degradation and problems of sustainable development] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 9. Pp. 1167–1174. (In Russian.)
8. Kulikova N. A., Zhelezova A. D., Voropantov M. G., Filippova O. I., Plyushchenko I. V., Rodin I. A. Mobilizatsiya, fitotoksichnost’ i deystvie na mikrobnoe soobshchestvo pochv glifosata pri vnesenii monoammoniyfosfata [Mobilization, phytotoxicity and action on the microbial community of glyphosate soils when introducing monoammonium phosphate] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 6. Pp. 726–737. (In Russian.)
9. Zevin N. N., Panfilov A. E., Shanina E. P., et al. Nauchno obosnovannaya zonal’naya sistema zemledeliya Sverdlovskoy oblasti [Scientifically based zonal agriculture system of the Sverdlovsk region]. Ekaterinburg, 2020. 372 p. (In Russian.)
10. Kaydun P. I. Vliyanie dozhdevykh chervey na dostupnost’ rasteniyam elementov mineral’nogo pitaniya: azota, zheleza, tsinka, margantsa i kremniya: dis. ... kand. biol. nauk [The influence of earthworms on the availability of mineral nutrition elements to plants: nitrogen, iron, zinc, manganese and silicon: dissertation ... candidate of biological sciences: 06.01.04. Moscow, 2018. 153 p. (In Russian.)
11. Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bondenfruchtdarkeit // Feldwirtschaft. 1983. Bd. 24. H. 8. Pp. 361–367. .
12. Kislov A. V., Glinushkin A. P., Kashcheev A. V., et al. Ekologizatsiya sevooborotov i biologicheskaya sistema vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya v stepnoy zone Yuzhnogo Urals [Greening crop rotation and the biological system of reproduction of soil fertility in the steppe zone of the Southern Urals] // Agriculture. 2018. No. 6. Pp. 6–10. (In Russian.)
13. Nikul’chev K. A., Banetskaya E. V. Vliyanie kul’tur sevooborota na mikrobiologicheskuyu aktivnost’, agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhaynost’ soi [Effect of crop rotation crops on microbiological activity, agrophysical properties of soil and soybean yield] // Agriculture. 2020. No. 1. Pp. 11–14. (In Russian.)
14. Pinchuk I. P., Polyanskaya L. M., Kirillova N. P., Stepanov A. L. Osobennosti formirovaniya mikrobnogo soobshchestva dernovo-podzolistoy pochvy v protsesse vegetatsii yachmenya (*Hordeum vulgare* L.) [Features of the formation of the microbial community of sod-podzolic soil in the process of barley vegetation (*Hordeum vulgare* L.)] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 12. Pp. 1498–1505. (In Russian.)

15. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M., et al. Rekomendatsii po sokhraneniyu i rasshirennomu vosproizvodstvu plodorodiya chernozemov TsChZ. [Recommendations for the preservation and extended reproduction of the fertility of chernozems of the ChCHZ]. Kamennaya Step', 2019. 30 p. (In Russian.)
16. Korzhov S. I., Trofimova T. A., Kotov G. V. Biologicheskaya aktivnost' pochvy pri sovместnom poseve kul'tur [Biological activity of soil in co-cultivation of crops] // Agriculture. 2018. No. 8. Pp. 8–10. (In Russian.)
17. Geras'kina A. P. Dozhdevye chervi (Oligochaeta, Lumbricidae) okrestnostey pos. Dombay Teberdinskogo zapovednika (Severo-Zapadnyy Kavkaz, Karachaevo-Cherkessiya) [Earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) of the vicinity of the village. Dombay Teberdinsky reserve (North-West Caucasus, Karachay-Cherkessia)] // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Smolensk, 2016. T. 320. No. 4. Pp. 450–466. (In Russian.)
18. Dulaurent A., Daoulas G., Faucon M., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) Mediate the Fertilizing Effect of Frass [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10. P. 783. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/783> (date of reference: 14.11.2020).
19. Breskina G. M., Chuyan N. A. Vliyanie priemov biologizatsii na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Effects of biological techniques on crop yields] // Agriculture. 2020. No. 3. Pp. 30–33. (In Russian.)

Authors' information:

Vyacheslav A. Chulkov¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0001-9268-4734, AuthorID 653859; +7 950-195-04-68

Tatiana L. Chapalda¹, senior lecturer of the department of plant production and breeding, ORCID 0000-0002-7137-5921, AuthorID 871902; +7 908-633-61-09

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia