

Научная статья
УДК 631.51
doi:10.35694/YARCX.2022.60.4.005

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЁНОГО УДОБРЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ СВЕТЛО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ПРАВОБЕРЕЖЬЕ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

Н. Н. Шершнева¹, Н. А. Минева², В. В. Ивенин³, Е. В. Михалев⁴, А. В. Климова⁵
^{1, 2, 3, 4, 5}Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
Нижний Новгород, Россия

Автор, ответственный за переписку: Наталья Алексеевна Минева, mineevanatalya93@mail.ru,
ORCID 0000-0002-7648-9602

Реферат. Цель исследований – выявить наиболее рентабельные способы применения органических удобрений, включая приёмы сидерации, при возделывании зерновых культур в зернотравяном севообороте. Установлено, что включение приёма сидерации вместо внесения навоза привело к снижению уровня гидролитической кислотности с 2,28 до 1,30. Приём сидерации обеспечил большую прибавку запаса гумуса в почве – на 5,16 т/га за годы исследований (80 т/га), по сравнению с внесением навоза в чистом пару (74,84 т/га). Наибольший запас продуктивной влаги в пахотном слое перед посевом наблюдался в чистом пару с органическим удобрением. Горчичный пар уступает ему незначительно – на 6,9 мм, или на 14,3%. В горчичном пару накопление влаги составляет 41,2 мм, что на 5,7 мм (12,1%) меньше, чем по чистому пару. В метровом слое разница составляет 22,1 мм, или 11,8%. Горчичный пар при погодных условиях, отличающихся в разные годы, обеспечивал высокий урожай озимой пшеницы – 39,7–46,9 ц/га на минеральном фоне без азотных удобрений и 37,7–42,1 ц/га – на том же фоне с внесением 60 кг/га действующего вещества минерального азота. Ячмень в среднем увеличивал урожайность после азотного минерального удобрения в среднем на 13,2 ц/га, или на 3,5%. Наивысший уровень рентабельности получен при возделывании озимой пшеницы по горчичному пару на фоне с внесением $P_{60}K_{60}$ – 177%, что в 1,04 раза выше, чем при унавоженном паре, и в 1,6 раза выше – по чистому пару при тех же условиях. Уровень рентабельности при возделывании ячменя по горчичному пару на фоне с внесением $P_{60}K_{60}$ составил 155%, что в 1,1 раза выше, чем при унавоженном паре, и в 3,0 раза выше – по чистому пару при тех же условиях.

Ключевые слова: органические удобрения, сидерация, пожнивные посевы, звено севооборота, горчица белая, светло-серые лесные почвы

THE INFLUENCE OF GREEN MANURE ON THE FERTILITY OF LIGHT GRAY FOREST LIGHT-LOAMY SOILS AND THE YIELD OF GRAIN CROPS IN THE RIGHT BANK OF THE VOLGA-VYATKA REGION

N. N. Sherstneva¹, N. A. Mineeva², V. V. Ivenin³, E. V. Mikhalev⁴, A. V. Klimova⁵
^{1, 2, 3, 4, 5}Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Author responsible for correspondence: Natalia A. Mineeva, mineevanatalya93@mail.ru,
ORCID 0000-0002-7648-9602

Abstract. The purpose of the research is to identify the most cost-effective ways to use organic fertilizers, including green manuring methods when cultivating grain crops in grain-grass crop rotation. It was found that the inclusion of green manuring method instead of manure application led to a decrease in the level of hydrolytic acidity from 2.28 to 1.30. The green manuring method provided a large increase in the supply of humus in the soil – by 5.16 t/ha over the years of researches (80 t/ha), compared with the application of manure into pure fallow (74.84 t/ha). The largest supply of productive moisture in the arable layer before sowing was observed in pure fallow with organic fertilizer. Mustard fallow is slightly inferior to it – by 6.9 mm or 14.3%. In

Влияние зелёного удобрения на плодородие светло-серых лесных легкосуглинистых почв и урожайность зерновых культур в Правобережье Волго-Вятского региона

mustard fallow the accumulation of moisture is 41.2 mm, which is 5.7 mm (12.1%) less than in pure fallow. In the meter layer the difference is 22.1 mm or 11.8%. Mustard fallow under weather conditions that differed in different years provided a high winter wheat yield – 39.7–46.9 c/ha on a mineral background without nitrogen fertilizers and 37.7–42.1 c/ha on the same background with the application of 60 kg/ha of active substance of mineral nitrogen. Barley on average increased yields after nitrogen mineral fertilizer by an average of 13.2 c/ha or 3.5%. The highest level of profitability was obtained when cultivating winter wheat for mustard fallow against a background with the application of $R_{60}K_{60}$ – 177%, which is 1.04 times higher than for manured fallow and 1.6 times higher – on pure fallow under the same conditions. The level of profitability when cultivating barley on mustard fallow against the background with the application of $R_{60}K_{60}$ was 155%, which is 1.1 times higher than with manured fallow and 3.0 times higher – on pure fallow under the same conditions.

Keywords: organic fertilizers, green manuring, stubble crops, crop rotation link, white mustard, light gray forest soils

Введение. Цель исследований – выявить наиболее рентабельные способы применения органических удобрений, включая приёмы сидерации, при возделывании зерновых культур в зернотравяном севообороте. Органическое вещество почвы – совокупность органических веществ, находящихся в виде гумуса, остатков животного и растительного происхождения в почве, представляющая собой комплекс сложных химических органических веществ биогенного происхождения [1].

В задачи исследований входило: изучить почвенно-климатические условия в зоне проведения исследований, эффективность звена севооборота с закладкой полевых опытов с сидератами; проанализировать основные и сопутствующие результаты исследований; рассчитать показатели, характеризующие экономическую и энергетическую эффективность возделывания зерновых культур в звене севооборота с применением приёма сидерации; на основе полученных выводов сформулировать рекомендации производству.

При анализе почвенных условий Волго-Вятского региона было установлено, что светло-серые лесные почвы в зоне проведения исследований бедны питательными веществами, особенно азотом. Поэтому при проведении наших исследований большое внимание было уделено вопросу эффективного повышения органического вещества в почве, в частности, за счёт возделывания в звене севооборота пожнивной сидеральной культуры из семейства капустных – горчицы белой.

Горчица белая (*Sinapis alba* L.) является сидеральной культурой Нечернозёмной зоны как для паров, так и для пожнивных посевов. Она имеет высокий коэффициент размножения – 80–100 и более, а семена её начинают прорастать при температуре почвы 2–3°C, и при благоприятных условиях увлажнения дают всходы уже на третий-четвёртый день. Растение зацветает через 35–40 дней, и к этому времени горчица накапливает наибольшее количество зелёной массы. Через

80–100 дней после появления всходов в стручках созревают семена. Она хорошо растёт на всех типах почв, но не переносит заболоченных, смытых и оголённых почв. Также горчица белая даёт на кислых почвах низкую урожайность. Горчица довольно устойчива к поражению как болезнями, так и вредителями.

Нормы высева в условиях Нечернозёмной зоны составляют 20–25 кг/га, способ посева – сплошной рядовой зернотравяными сеялками. От посева до заделки её в качестве сидерата в пару проходит 50–55 дней. В наших условиях при посеве горчицы в занятом пару 15–20 мая заделка проводилась в фазе массового цветения 10–15 июля, то есть за 40–45 дней до посева озимой пшеницы.

Материалы и методы. Исследования проводились с 2018 по 2020 год на опытном поле ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА.

Метеорологические условия в годы исследований были близкими к средним многолетним данным как по осадкам, так и по температуре. Так, в 2018 году, который в целом характеризовался как нормальный год по увлажнению в тёплый период, ГТК составил 0,9 (при норме 1,0–1,1), но при этом отмечался дефицит увлажнения в критические периоды, а именно, в мае (ГТК = 0,5) и в июне (ГТК = 0,75).

В 2019 году, который характеризовался более благоприятными условиями по увлажнению, ГТК составил 1,1, находясь в зоне оптимума, но при этом, хоть и в меньшей степени, также отмечался дефицит увлажнения в критические периоды, а именно, в мае (ГТК = 0,8) и в июне (ГТК = 0,9).

2020 год в целом характеризовался как недостаточно нормальный по увлажнению (ГТК = 0,9), и при этом отмечался дефицит увлажнения в критические периоды, а именно, в июне, в период выхода в трубку (ГТК = 0,4), и в августе, в период налива зерна (ГТК = 0,55).

Основные исследования по эффективности сидеральной культуры в парах проводились в стационарном полевом опыте в шестипольном зернотравяном севообороте со следующим чередовани-

ем культур: 1. Чистый пар; 2. Озимая пшеница; 3. Ячмень + клевер; 4. Клевер; 5. Озимая пшеница; 6. Ячмень.

Объект исследования – звено севооборота, включающее озимую пшеницу и ячмень, с добавлением сидерата – горчицы белой.

Использовался сплошной рядовой метод посева сеялкой СЗТ-3,6. Данный способ посева прост и удобен, но он имеет существенный недостаток – междурядья заполняются сорной растительностью. Поэтому после уборки основной культуры было принято решение засеять эти участки сидеральной культурой – горчицей белой (*Sinapis alba* L.), норма высева – 20–25 кг/га.

Сравнительная оценка результатов исследований по сидерации проводилась относительно поля чистого пара, где было внесено навоза 40 т/га [2; 3; 4; 14].

Исследования проводились в расщеплении – на фоне с внесением фосфорно-калийных удобрений ($P_{60}K_{60}$) и на фоне сложных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$).

Варианты обработок:

– по навозу: традиционная технология – внесение навоза BELARUS 1221 + МВУ-5 УГ, вспашка

на глубину 14–16 см – ПЛН-4-35; культивация на глубину 5–6 см – КПШ-5, посев – СЗТ-3,6;

– по сидерату: технология Mini-till – дискование БДМ-В на глубину 8–10 см в фазу цветения горчицы белой; культивация на глубину 5–6 см КПШ-5, посев.

Площадь опытной делянки – 100 м², учётной – 50 м².

Учёт органической массы сидерата проводили на учётных площадках размером 1 м² в 8–10-кратной повторности.

Количество корневых остатков в слое почвы 0–70 см определяли посредством выбирания корневых структур из монолитов площадью 0,25 м², отобранных через каждые 10 см по методу И. З. Станкова [5; 6].

Результаты проведённых исследований были обработаны статистическим методом (по Доспехову Б. А., 1985).

Результаты исследований. Высокая удобрительная ценность зелёной массы горчицы белой подтверждается результатами исследований по изучению химического состава растения (табл. 1).

В среднем за три года исследований относительное содержание питательных веществ к абсо-

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в горчице белой в среднем за 2018–2020 гг.

Фаза развития	Часть растения	Среднее содержание питательных веществ в растении, 2018–2020 гг.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Цветение	Зелёная масса	2,23	0,92	2,16
	Корни	0,82	0,62	1,49

лютному сухому веществу в фазу цветения горчицы белой было максимальным в надземной массе, а минимальным – в корневой части растения. Так, в зелёных частях растения содержание азота в среднем составляло 2,23%, фосфора – 0,92%, калия – 2,16%, что, соответственно, в 2, 7, 1,5 и 1,4 раза было больше, чем в корнях растения [7].

Сложение пахотного горизонта в большой степени зависит от агрегатной структуры почвы, где основное значение имеют водопрочные комочки почвы от 0,25 до 10 мм. Динамика агрегатного состава под озимой пшеницей в пахотном слое показана в таблице 2.

Агрегатный состав почвы является одним из важнейших показателей физического состояния пахотного слоя почвы, так как от него зависят многие факторы плодородия, в частности, устойчивость к эрозии, влагоудерживающая способность, плотность почвы, пористость и скважность почвы и т.п. Из данных, представленных в таблице 2, видно, что динамика агрегатного состояния почвы при применении сидерации выглядит таким же образом, как и при внесении навоза.

Плотность почвы под посевами озимой пшеницы имеет важное значение, и она изменяется в сторону повышения от момента посева и до уборки. Динамика показателей плотности почвы была практически на одном и том же уровне, независимо от того, какой вид органического удобрения использовался (табл. 3) [8; 9].

Одним из самых важных показателей почвенного плодородия является биологическая активность почвы, косвенно указывающая на степень высвобождения доступных для растения элементов питания, до того находящихся в составе органического вещества почвы и в привносимом органическом удобрении [10]. Изменение биологической активности почвы под озимой пшеницей, в зависимости от вида органического удобрения, представлено в таблице 4.

Из приведённых данных видно, что изменение биологической активности почвы в зависимости от вида удобрения было несущественным.

Влияние вида пара на интенсивность разложения льняного полотна под ячменём представлено в таблице 5.

Таблица 2 – Динамика агрегатного состава в пахотном слое под озимой пшеницей, % (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Диаметр (мм) и содержание водопрочных агрегатов, %					
	>3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25	Всего агрегатов 10–0,25
Перед посевом						
Чистый + 40 т/га навоза	2,0	3,8	11,1	27,1	57,0	43,4
Горчичный	2,6	4,2	13,6	26,3	54,8	45,7
НСР ₀₅	0,29	0,51	0,16	0,34	0,71	0,56
Весной						
Чистый + 40 т/га навоза	2,5	3,6	14,8	27,6	52,6	47,7
Горчичный	2,8	4,2	16,3	27,1	50,2	50,0
НСР ₀₅	0,34	0,49	0,19	0,35	0,65	0,619
Перед уборкой						
Чистый + 40 т/га навоза	2,3	5,2	13,3	25,0	54,9	45,5
Горчичный	2,8	5,3	14,5	22,8	55,6	44,8
НСР ₀₅	0,33	0,66	0,17	0,30	0,69	0,57

Таблица 3 – Плотность светло-серой лесной легкосуглинистой почвы под посевами озимой пшеницы, г/см³

Вид пара	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее значение за три года исследований
Перед посевом				
Чистый, без навоза (контроль)	1,34	1,30	1,35	1,33
Чистый +40 т/га навоза	1,28	1,33	1,31	1,31
Горчичный	1,29	1,28	1,32	1,30
НСР ₀₅	0,16	0,16	0,16	–
Весной				
Чистый, без навоза (контроль)	1,29	1,42	1,37	1,36
Чистый +40 т/га навоза	1,30	1,40	1,36	1,35
Горчичный	1,35	1,38	1,40	1,38
НСР ₀₅	0,16	0,18	0,17	–
Перед уборкой				
Чистый, без навоза (контроль)	1,38	1,39	1,42	1,40
Чистый +40 т/га навоза	1,42	1,40	1,41	1,41
Горчичный	1,45	1,42	1,39	1,42
НСР ₀₅	0,18	0,18	0,17	–

Известно, что любое внесение удобрений, включая органические, приводит к изменению базовых показателей почвенного плодородия, что служит одним из важных критериев окультуренности почвы. К таким показателям, в частности, относятся общий уровень кислотности (рН), уровень гидролитической кислотности, сумма поглощённых оснований, ёмкость поглощения, степень насыщенности оснований и другие. Изменение агрохимических показателей плодородия почвы при применении различных паров представлено в таблице 6.

Включение приёма сидерации вместо внесения навоза привело к почти двукратному снижению уровня гидролитической кислотности – с 2,28 до 1,30, что благоприятным образом должно было сказаться на фунгистазисе почвы.

По остальным агрохимическим показателям, которые приведены в таблице 6, можно сделать вывод о том, что существенных различий между этими показателями в зависимости от вида пара или используемого органического удобрения по всем годам исследований не отмечалось.

Таблица 4 – Изменение биологической активности почвы под посевами озимой пшеницы в севообороте с разными видами паров, в среднем за 2018–2020 гг.

Вид пара	Разложение льняного полотна по слоям почвы, %			
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
Чистый, без навоза (контроль)	17,6	18,9	16,9	17,9
Чистый + 40 т/га навоза	31,6	32,1	23,4	28,7
Горчичный	28,5	27,6	20,0	25,6
НСР ₀₅	0,32	0,38	0,27	0,34

Таблица 5 – Влияние паров на интенсивность разложения льняного полотна под ячменём (среднее за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Разложение льняного полотна по слоям почвы, %			
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
Чистый + 40 т/га навоза	31,8	29,6	24,0	28,5
Горчичный	32,2	30,5	25,7	29,6
НСР ₀₅	0,41	0,30	0,32	0,37

Таблица 6 – Изменение агрохимических показателей светло-серых лесных почв с различными парами

Показатель	Год	Вариант исследований	
		Чистый + 40 т/га навоза	Горчичный
рН солевое	2018	6,25	5,91
	2019	6,11	5,99
	2020	5,96	6,0
	Средняя за три года исследований	6,10	5,96
Гидролитическая кислотность	2018	2,29	2,01
	2019	2,28	1,56
	2020	2,27	0,34
	Средняя за три года исследований	2,28	1,30
Сумма поглощённых оснований, мг-экв на 100 г почвы	2018	16,02	14,51
	2019	13,65	15,48
	2020	14,20	16,37
	Средняя за три года исследований	14,62	15,45
Ёмкость поглощения, мг-экв на 100 г почвы	2018	18,55	17,16
	2019	17,16	18,02
	2020	16,83	18,37
	Средняя за три года исследований	17,51	17,85
Степень насыщенности оснований, %	2018	87,17	84,41
	2019	86,69	86,52
	2020	86,27	88,45
	Средняя за три года исследований	86,71	86,46

Применение горчичной сидерации в пожнивных посевах в звене севооборота, по сравнению с внесением органических удобрений в чистом пару, приводило к значительно большему изменению относительного содержания гумуса и его запасов в почве за ротацию. Таким же образом про-

исходит и увеличение энергопотенциала почвы (табл. 7).

Из данных, представленных в таблице 7, видно, что приём сидерации обеспечивает большую прибавку запаса гумуса в почве (на 5,16 т/га) за годы исследований (80 т/га) по сравнению

Таблица 7 – Изменение запасов гумуса и энергopotенциала за ротацию пятипольного севооборота, учхоз «Новинки», 1988–2020 гг.

Вид пара	Исходные данные (1988 г.)			Содержание гумуса в 1996 г. (Ф. П. Румянцев, 2000), %	Содержание гумуса в 2007 г. (А. Ю. Лисина, 2007), %	Среднее за 2018–2020 гг.		
	Содержание гумуса, %	Запас гумуса, т/га	Энергopotенциал почвы, ГДж/га			Содержание гумуса, %	Запас гумуса, т/га	Энергopotенциал почвы, ГДж/га
Чистый + 40 т/га навоза	1,68	65,86	1517,6	1,75	1,84	1,98	74,84	1724,7 (+207,1)
Горчичный	1,64	64,29	1481,5	1,78	1,90	2,04	80,0	1843,3 (+361,8)
В среднем	1,66	65,10	1499,5	1,77	1,87	2,01	77,42	1784,0 (+284,5)

с внесением навоза в чистом пару (74,84 т/га). То же самое можно сказать и об энергopotенциале почвы, показатели которого были максимальными в варианте с применением приёма сидерации в звене севооборота (1843,3 ГДж/га), что на 118,6 ГДж/га было больше, чем в варианте с внесением навоза в чистом пару (1724,7 ГДж).

Одним из важных критериев оценки плодородия почвы, помимо содержания гумуса, является показатель содержания нитратного азота в пахот-

ном слое. В ходе проведённых исследований изучалось влияние различных видов паров (и органических удобрений: навоза и сидеральной культуры) и фона минерального питания на динамику содержания нитратного азота в почве под озимой пшеницей, начиная от посева и до уборки (табл. 8).

Из данных, приведённых в таблице 8, видно, что по всем вариантам исследований отмечалось существенное различие по содержанию нитратно-

Таблица 8 – Влияние различных видов паров на изменение содержания нитратного азота в пахотном слое под озимой пшеницей (среднее за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Фон минеральных удобрений	Срок определения (среднее содержание нитратного азота, мг/1 кг почвы)		
		осень	весна	перед уборкой
Чистый + 40 т/га навоза	P ₆₀ K ₆₀	58	78	33
Горчичный		48	76	34
Чистый + 40 т/га навоза	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78	93	46
Горчичный		65	117	37
НСП ₀₅		1,4	0,95	0,82
НСП ₀₅ по парам (А)		0,81	0,23	0,29
НСП ₀₅ по удобрениям (В)		0,71	0,16	0,28
НСП ₀₅ (АВ)		0,75	0,19	0,27

го азота в почве на фоне внесения полного минерального удобрения (N₆₀P₆₀K₆₀).

Рассматривая данные по вариантам внесения органического удобрения (или по видам пара) по отдельности, как по фону P₆₀K₆₀, так и по фону N₆₀P₆₀K₆₀, можно заметить, что существенно стабильных различий между вариантами не наблюдалось как на фоне N₆₀P₆₀K₆₀ (или их не было), так и на фоне P₆₀K₆₀ – 78 мг/кг (весна), 33 мг/кг : 34 мг/кг (уборка).

При оценке эффективного плодородия почвы существенное значение имеет содержание фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O). Как известно, фосфор отвечает за метаболизм энергии в организме ра-

стения, участвуя в реакциях фосфорилирования (АМФ + Р → АДФ + Р → АТФ). Калий, в свою очередь, отвечает в растении за транспорт сахаров из зоны фотосинтеза в зоны роста или в семена, или в органы запасов. Поэтому указанным элементам питания (P₂O₅ и K₂O) также должно уделяться должное внимание.

Влияние различных паров (или различных видов органических удобрений) на изменение содержания фосфора и калия в пахотном слое почвы под озимой пшеницей представлено в таблице 9.

Содержание подвижного фосфора во всех видах паров находилось практически на одном уровне при всех сроках определения. Содержание P₂O₅

Таблица 9 – Влияние различных видов паров на изменение содержания фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в пахотном слое почвы под озимой пшеницей (среднее за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Фон минеральных удобрений	P_2O_5			K_2O		
		осень	весна	перед уборкой	осень	весна	перед уборкой
Чистый + 40 т/га навоза	$P_{60}K_{60}$	245	267	293	183	166	179
Горчичный		264	273	255	174	168	169
Чистый + 40 т/га навоза	$N_{60}P_{60}K_{60}$	293	270	276	208	178	197
Горчичный		249	236	257	191	167	195
HCP_{05}		0,57	0,57	0,59	0,41	0,37	0,40
HCP_{05} для паров (А)		0,13	0,13	0,14	0,68	0,57	0,67
HCP_{05} для удобрений (В)		0,12	0,13	0,14	0,69	0,55	0,67
HCP_{05} (АВ)		0,13	0,13	0,14	0,68	0,54	0,65

в почве было высоким – 245–293 мг на 1 кг почвы (табл. 9).

По содержанию в пахотном слое K_2O чётких и существенных различий по влиянию различных видов паров также не выявлено (табл. 9) [11].

Динамика продуктивности влаги под озимой пшеницей представлена в таблице 10.

Результаты показывают, что наибольший запас продуктивной влаги в пахотном слое перед посевом наблюдается в чистом пару с органическим удобрением.

Таблица 10 – Динамика продуктивной влаги под озимой пшеницей, мм (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Слой почвы	Срок определений (продуктивная влага, мм)		
		перед посевом	весна	перед уборкой
Чистый, без навоза (контроль)	0–30	46,9	58,9	29,8
	0–100	185,1	207,6	110,0
Чистый + 40 т/га	0–30	48,1	48,5	30,2
	0–100	186,9	185,3	115,9
Горчичный	0–30	41,2	37,6	43,9
	0–100	164,8	156,7	140,2
HCP_{05}		0,26	2,55	1,94
HCP_{05} по парам (А)		0,23	0,28	0,13
HCP_{05} по удобрениям (В)		0,23	0,22	0,13
HCP_{05} (АВ)		0,23	0,25	0,13

нием. Горчичный пар уступает ему незначительно – на 6,9 мм, или на 14,3%. В горчичном пару накопление влаги составляет 41,2 мм, что на 5,7 мм, или на 12,1% меньше, чем по чистому пару. В метровом слое разница составляет 22,1 мм, или 11,8%.

В период весенней вегетации влагообеспеченности в слое 0–30 см по чистому пару и пару с удобрением почти равны. По горчичному пару происходит снижение продуктивной влаги, это связано с ростом и развитием сидерата. Однако перед уборкой пшеницы наличие продуктивной влаги по горчичному пару увеличивается по сравнению со всеми парами.

Результаты исследований показали, что сидераты не оказывают отрицательного влияния на влагообеспеченность.

Урожайность озимой пшеницы по различным видам паров представлена в таблице 11.

Анализ урожайности зерна озимой пшеницы после действия сидерата показывает, что, несмотря на колебания по годам, связанные с изменениями погодных условий, горчичный пар обеспечивал высокий урожай озимой пшеницы 39,7–46,9 ц/га на минеральном фоне без азотных удобрений и 37,7–42,1 ц/га – на том же фоне с внесением 60 кг/га действующего вещества минерального азота.

Таблица 11 – Урожайность озимой пшеницы по различным видам паров за 2018–2020 гг., ц/га

Вид пара	Минеральное удобрение	Урожайность, ц/га			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя за три года исследований
Чистый, без навоза (контроль)	P ₆₀ K ₆₀	30,8	29,8	32,4	31,0
Чистый +40 т/га навоза		41,3	36,4	43,5	40,4
Горчичный		38,8	32,3	37,8	36,3
Чистый, без навоза (контроль)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,4	31,7	35,8	34,3
Чистый +40 т/га навоза		44,2	39,7	46,9	43,6
Горчичный		42,1	34,7	40,9	39,2
НСП ₀₅		0,95	0,84	0,95	–
НСП ₀₅ по парам (А)		0,47	0,33	0,47	–
НСП ₀₅ по удобрениям (В)		0,46	0,36	0,46	–
НСП ₀₅ (АВ)		0,45	0,37	0,44	–

Однако как с азотом, так и без него урожайность по сидеральным парам была ниже на 6,1 ц/га, или на 3%, чем по чистому пару с внесением 40 т/га навоза. Это различие связано с тем, что в сидеральном пару водный режим к моменту посева и осенней вегетации растений озимой пшеницы складывается менее благоприятно, чем в пару с удобрением.

Урожайность ячменя по различным видам паров представлена в таблице 12.

Азотное удобрение проявилось и на ячмене. Ячмень увеличивал урожайность после азотного минерального удобрения в среднем на 13,2 ц/га, или на 3,5%.

Горчичный пар на светло-серых лесных легко-суглинистых почвах имеет большое положитель-

Таблица 12 – Урожайность ячменя по различным видам паров за 2018–2020 гг., ц/га

Вид пара	Минеральное удобрение	Урожайность, ц/га			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя за три года исследований
Чистый, без навоза (контроль)	P ₆₀ K ₆₀	26,9	25,1	28,4	26,8
Чистый +40 т/га навоза		35,6	46,1	46,2	42,6
Горчичный		33,1	43,9	42,6	40,0
Чистый, без навоза (контроль)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	33,6	31,7	31,6	32,3
Чистый +40 т/га навоза		40,0	48,0	48,2	45,4
Горчичный		37,7	45,2	45,4	42,8
НСП ₀₅		0,85	0,99	1,00	–
НСП ₀₅ по парам (А)		0,35	0,50	0,53	–
НСП ₀₅ по удобрениям (В)		0,37	0,49	0,49	–
НСП ₀₅ (АВ)		0,36	0,49	0,49	–

ное влияние на продуктивность полевых севооборотов. Это подтверждается и результатами оценки общей продуктивности севооборотов.

Влияние зелёного удобрения на качество зерновых культур представлено в таблице 13.

По содержанию белка в зерне озимой пшеницы горчичный пар уступал чистому пару с внесением 40 т/га навоза на фоне без азота, разница в содержании белка составляет 1,4%. На фоне азотного удобрения это различие несколько уменьшилось – до 1,2%. Наивысшее содержание белка в

озимой пшенице было в чистом унавоженном паре на фоне азотного удобрения.

Результаты засорённости посевов озимой пшеницы представлены в таблице 14.

Результаты этих исследований показали, что засорённость посевов озимой пшеницы в начале вегетации (в фазу кущения) была достаточно высокой, как в целом, так и по многолетним сорнякам в том числе.

В среднем за три года по вариантам внесения минеральных удобрений общая засорён-

Таблица 13 – Влияние паров на качество зерна зерновых культур (содержание белка, %), в среднем за 2018–2020 гг.

Виды паров	Минеральные удобрения	% содержания белка
Чистый	P ₆₀ K ₆₀	13,1
Чистый +40 т/га навоза		14,2
Горчичный		12,8
Чистый	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,2
Чистый +40 т/га навоза		14,5
Горчичный		13,3

Таблица 14 – Засорённость посевов озимой пшеницы, шт./м³ (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Минеральное удобрение	Осень		Весна		Перед уборкой	
		Всего	в т.ч. мног.	Всего	в т.ч. мног.	Всего	в т.ч. мног.
Чистый, без навоза (контроль)	P ₆₀ K ₆₀	26,7	1,3	41,2	6,1	41,3	7,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30,4	1,4	42,2	6,4	49,5	9,2
Чистый + 40 т/га	P ₆₀ K ₆₀	31,7	1,6	52,0	6,5	50,4	7,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	37,4	2,8	40,4	6,8	62,9	9,1
Горчичный	P ₆₀ K ₆₀	22,8	1,1	30,9	4,1	38,9	7,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,4	1,2	36,0	4,4	42,1	8,8
НСР ₀₅		0,72	0,31	0,8	1,1	0,97	0,16
НСР ₀₅ по парам (А)		0,31	0,67	0,42	0,87	0,57	0,18
НСР ₀₅ по удобрениям (В)		0,24	0,65	0,43	0,83	0,60	0,18
НСР ₀₅ (АВ)		0,25	0,66	0,42	0,82	0,60	0,17
r		-0,46	-0,43	-0,49	-0,64	-0,34	-0,05

ность посевов изменялась по горчицному пару с 42,1 шт./м² на варианте с азотным удобрением, 38,9 шт./м² – на фоне без азотного удобрения. На различных фонах удобрений наибольшая за-

сорённость отмечалась по унавоженному пару, которая превышала общую засорённость посевов озимой пшеницы перед уборкой засорённости по чистому пару на 4%.

Таблица 15 – Масса сорняков в посевах озимой пшеницы перед уборкой, г/м³ (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Минеральное удобрение	Масса сорняков, г/м ³	
		сырая	воздушно-сухая
Чистый, без навоза (контроль)	P ₆₀ K ₆₀	41,6	27,9
Чистый + 40 т/га навоза		106,9	46,3
Горчичный		59,0	30,2
Чистый, без навоза (контроль)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	62,9	40,6
Чистый + 40 т/га навоза		125,7	59,4
Горчичный		112,1	40,1
НСР ₀₅		1,92	0,87
НСР ₀₅ по парам (А)		2,03	0,45
НСР ₀₅ по удобрениям (В)		2,03	0,46
НСР ₀₅ (АВ)		2,03	0,46
r		+0,95	+0,87

Данные по массе сорняков в посевах озимой пшеницы перед уборкой представлены в таблице 15.

Воздушно-сухая масса сорняков в посевах озимой пшеницы перед уборкой по горчицному пару на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ на $0,5 \text{ г/м}^3$, или на $0,2\%$, превышала массу сорняков в варианте с чистым паром. На фоне $P_{60}K_{60}$ эти отличия составили $2,3 \text{ г/м}^3$, или 1% .

Распространение корневых гнилей озимой пшеницы показано в таблице 16.

По сидеральному пару распространённость корневых гнилей у растений перед уборкой уменьшилась в 2,2 раза, по сравнению с чистым паром, и в 1,2 раза – по чистому унавоженному пару.

Результаты засорённости посевов ячменя представлены в таблице 17.

Результаты проведённых исследований показали, что засорённость посевов ячменя в начале вегетации (в фазу кущения) была достаточно высокой, как в целом, так и по многолетним сорнякам в том числе.

Таблица 16 – Влияние различных видов паров на распространённость корневых гнилей озимой пшеницы, %

Вид пара	Срок определения (поражение корневыми гнилями, %)	
	по всходам	перед уборкой
Чистый, без навоза (контроль)	11,9	18,7
Чистый + 40 т/га навоза	4,7	10,3
Горчицный	3,4	8,6

Таблица 17 – Засорённость посевов ячменя, шт./м³ (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Минеральное удобрение	Осень		Весна		Перед уборкой	
		Всего	В т.ч. мног.	Всего	В т.ч. мног.	Всего	В т.ч. мног.
Чистый, без навоза (контроль)	$P_{60}K_{60}$	45,6	2,1	89,7	5,0	24,6	7,0
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	44,1	2,8	86,8	5,5	25,7	7,7
Чистый + 40 т/га	$P_{60}K_{60}$	46,7	3,7	93,3	5,3	28,9	8,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	50,1	3,1	89,8	6,0	27,3	7,5
Горчицный	$P_{60}K_{60}$	43,8	2,2	86,4	3,7	22,8	5,5
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	42,6	2,7	84,9	4,9	24,9	6,8
HCP_{05}		0,89	0,58	1,74	0,10	0,51	0,14
HCP_{05} по парам (А)		0,53	0,20	2,06	0,72	1,80	0,17
HCP_{05} по удобрениям (В)		0,54	0,21	2,05	0,64	1,71	0,12
HCP_{05} (АВ)		0,53	0,21	2,025	0,66	1,69	0,12
r		-0,59	+0,14	-0,47	+0,46	+0,20	-0,28

В среднем за три года по вариантам внесения минеральных удобрений общая засорённость посевов изменялась по горчицному пару с $22,8 \text{ шт./м}^2$ на варианте с безазотным удобрением, $84,9 \text{ шт./м}^2$ – на фоне азотного удобрения. Чистый пар оказался наиболее действенным в борьбе за чистоту посевов от сорняков. На различных фонах удобрений наибольшая засорённость отмечалась по унавоженному пару, которая превышала общую засорённость посевов ячменя перед уборкой засорённости по чистому пару на 1% .

Воздушно-сухая масса сорняков в посевах озимой пшеницы перед уборкой по горчицному пару на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ на $18,8 \text{ г/м}^3$, или на $31,6\%$, превышала массу сорняков в варианте с чистым

паром. На фоне $P_{60}K_{60}$ эти отличия составили $18,4 \text{ г/м}^3$, или $39,7\%$ (табл. 18).

Распространённость корневых гнилей в посевах ячменя представлена в таблице 19.

По сидеральному пару распространённость корневых гнилей у растений перед уборкой уменьшилась в 2,2 раза, по сравнению с чистым паром, и в 1,2 раза – по чистому унавоженному пару.

Результаты исследований урожайности органической массы горчицы белой на светло-серых лесных легкосуглинистых почвах представлены в таблице 20.

В среднем за три года исследований наивысшая урожайность горчицы белой при запахивании всех частей урожая культуры на фоне сырой

Таблица 18 – Масса сорняков в посевах ячменя перед уборкой, г/м³ (в среднем за 2018–2020 гг.)

Вид пара	Минеральное удобрение	Масса сорняков, г/м ³	
		сырая	воздушно-сухая
Чистый, без навоза (контроль)	P ₆₀ K ₆₀	45,4	23,7
Чистый + 40 т/га навоза		56,8	34,9
Горчичный		34,2	16,4
Чистый, без навоза (контроль)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	52,3	26,1
Чистый + 40 т/га навоза		54,6	28,1
Горчичный		50,1	25,8
НСР ₀₅		0,98	0,64
НСР ₀₅ по парам (А)		0,63	0,21
НСР ₀₅ по удобрениям (В)		0,62	0,20
НСР ₀₅ (АВ)		0,63	0,20
r		+0,25	+0,28

Таблица 19 – Распространенность корневых гнилей на ячмене, %

Вид пара	Срок определения (поражение корневыми гнилями, %)	
	по всходам	перед уборкой
Чистый, без навоза (контроль)	23,6	38,9
Чистый + 40 т/га навоза	21,9	33,2
Горчичный	18,7	27,6

Таблица 20 – Урожайность горчицы белой в сидеральном пару на светло-серых лесных легкосуглинистых почвах, т/га

Часть урожая	Масса	Урожайность органической массы, т/га			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Надземная масса	Сырая	18,3	17,2	22,6	19,37
	Абсолютно сухая	3,2	3,18	3,3	3,23
Подземная масса	Сырая	5,5	5,1	6,8	5,8
	Абсолютно сухая	1,02	1,02	1,05	1,03
Всего	Сырая	23,8	22,3	29,4	25,17
	Абсолютно сухая	4,22	4,2	4,35	4,26
НСР ₀₅		0,83	0,58	0,79	–
НСР ₀₅ по парам (А)		0,62	0,21	0,54	–
НСР ₀₅ по удобрениям (В)		0,41	0,18	0,47	–
НСР ₀₅ (АВ)		0,52	0,20	0,51	–

массы – 25,17 т/га, что в 1,3 раза выше, чем при запахивании надземной массы урожая при тех же условиях, и в 4,3 раза больше, чем при запахивании подземной массы урожая на фоне сырой массы.

Наименьшая урожайность горчицы белой при запахивании подземной массы урожая на фоне абсолютно сухой массы – 1,03 т/га.

Энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы и ячменя по различным видам паров представлена в таблицах 21 и 22.

Наибольший энергетический коэффициент озимой пшеницы был отмечен в варианте с горчицей по парам на фоне с внесением азотосодержащих удобрений (2,6), а также с фосфорнокалийным удобрением (2,4).

Таблица 21 – Энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы по различным видам паров

Показатель	Фон минеральных удобрений	Вид пара		
		чистый, без навоза (контроль)	чистый + 40 т/га навоза	горчичный
Урожайность, т/га	$P_{60}K_{60}$	3,10	4,04	3,63
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,43	4,36	3,92
Валовой выход энергии, МДж	$P_{60}K_{60}$	499,1	650,44	584,43
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	552,23	697,6	631,12
Совокупные затраты, МДж	$P_{60}K_{60}$	236,75	372,3	239,3
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	241,11	376,66	243,66
Энергетический коэффициент	$P_{60}K_{60}$	2,1	1,7	2,4
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,3	1,9	2,6

Таблица 22 – Энергетическая оценка возделывания ячменя по различным видам паров

Показатель	Фон минеральных удобрений	Вид пара		
		чистый, без навоза (контроль)	чистый + 40 т/га навоза	горчичный
Урожайность, т/га	$P_{60}K_{60}$	2,68	4,26	4,0
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,23	4,54	4,28
Валовой выход энергии, МДж	$P_{60}K_{60}$	463,64	737,0	692,0
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	558,79	785,4	732,0
Совокупные затраты, МДж	$P_{60}K_{60}$	236,75	372,3	239,3
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	241,11	376,66	243,66
Энергетический коэффициент	$P_{60}K_{60}$	1,95	1,98	2,89
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,3	2,1	3,0

В варианте с чистым унавоженным паром энергетический коэффициент минимальный на фоне обоих видов удобрения (1,7 и 1,9).

Наименьший энергетический коэффициент был отмечен в варианте с чистым паром и унавоженным паром по фону с внесением фосфорнокалийного удобрения (1,95 и 1,98). С применением азотосодержащего удобрения по чистому и унавоженному пару коэффициент составил 2,3 и 2,1 соответственно.

После действия сидерального пара энергетический коэффициент достигает максимума и почти одинаков как на фоне фосфорнокалийного удобрения, так и азотосодержащего и составляет 2,89 и 3,0.

Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и ячменя по различным видам паров представлена в таблицах 23 и 24.

Наибольшая стоимость продукции за три года исследований была получена в варианте по чистому унавоженному пару на фоне с внесением азотосодержащих удобрений – 52,32 тыс. руб./га, минимальная – по чистому пару с внесением фосфорнокалийных удобрений – 37,2 тыс. руб./га.

По горчичному пару стоимость продукции почти одинакова по обоим фонам удобрения – 43,56 и 47,04 тыс. руб./га.

Наибольшие материально-денежные затраты составили в варианте по пару с навозом – 19,97 тыс. руб./га. Это связано с дополнительными затратами на внесение органического удобрения на поля. Наименьшие затраты – по сидеральному пару с внесением фосфорнокалийных удобрений (15,71 тыс. руб./га).

Чистый доход, полученный от условной реализации урожая с 1 га, в вариантах по унавоженному пару и горчичному почти одинаков: 30,52 тыс. руб./га – по горчичному с внесением $P_{60}K_{60}$ и 27,85 тыс. руб./га – по пару с навозом. Разница составляет лишь 4,14 тыс. руб./га. Наименьший чистый доход (19,74 тыс. руб./га) – по чистому пару.

Наиболее высокий уровень рентабельности производства получен в варианте по горчичному пару на фоне с внесением $P_{60}K_{60}$ – 177%, что на 7 процентных пунктов выше, чем при унавоженном паре, и в 1,6 раза выше, чем по чистому пару при тех же условиях. Такая же ситуация наблюдается

Таблица 23 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по различным видам паров

Показатель	Фон минеральных удобрений	Вариант исследований		
		чистый, без навоза (контроль)	чистый + 40 т/га навоза	горчичный
Урожайность, т/га	$P_{60}K_{60}$	3,10	4,04	3,63
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,43	4,36	3,92
Стоимость продукции в расчёте на 1 га, тыс. руб.	$P_{60}K_{60}$	37,2	48,48	43,56
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	41,16	52,32	47,04
Материально-денежные затраты в расчёте на 1 га, тыс. руб.	$P_{60}K_{60}$	17,46	17,96	15,71
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	19,47	19,97	17,71
Условно-чистый доход в расчёте на 1 га, руб.	$P_{60}K_{60}$	19,74	30,52	27,85
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,69	32,35	29,3337
Уровень рентабельности производства, %	$P_{60}K_{60}$	113	170	177
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	111	162	166

Таблица 24 – Экономическая эффективность возделывания ячменя по различным видам паров

Показатель	Фон минеральных удобрений	Вариант исследований		
		чистый, без навоза (контроль)	чистый + 40 т/га навоза	горчичный
Урожайность, т/га	$P_{60}K_{60}$	2,68	4,26	4,22
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,23	4,54	4,46
Стоимость продукции в расчёте на 1 га, тыс. руб.	$P_{60}K_{60}$	26,8	42,6	42,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	32,3	45,4	44,6
Материально-денежные затраты в расчёте на 1 га, тыс. руб.	$P_{60}K_{60}$	17,46	17,96	15,71
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	19,47	19,97	17,71
Условно-чистый доход в расчёте на 1 га, руб.	$P_{60}K_{60}$	9,34	24,64	26,49
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	12,83	25,43	26,89
Уровень рентабельности производства, %	$P_{60}K_{60}$	53	137	169
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	66	127	152

и на фоне с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ по горчичному пару – 166%, что на 4,0 п.п. выше, чем по пару с навозом, и в 1,5 раза выше, чем по чистому пару при тех же условиях.

Экономическая эффективность возделывания ячменя по различным видам паров отражена в таблице 24.

Анализ экономической эффективности возделывания ячменя по различным видам паров показывает, что наиболее высокая стоимость продукции в расчёте на 1 га была получена в варианте по чистому унавоженному пару на фоне с внесением азотосодержащих удобрений – 45,4 тыс. руб., минимальная – по чистому пару с внесением фосфорнокалийных удобрений (26,8 тыс. руб./га).

По горчичному пару стоимость продукции почти одинакова по обоим фонам удобрения – 40,0 и 42,8 тыс. руб./га.

Максимальный чистый доход от условной реализации продукции был получен по чистому пару с навозом на фоне внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 25,43 тыс. руб./га, а наименьший – в варианте по чистому пару (9,34 тыс. руб./га) на фоне внесения фосфорнокалийного удобрения.

Наиболее высокий уровень рентабельности производства наблюдается в варианте по горчичному пару на фоне с внесением $P_{60}K_{60}$ – 169%, что на 32,0 п.п. выше, чем в варианте при унавоженном паре, и в 3,2 раза, чем по чистому пару при тех же условиях. Такая же ситуация и на фоне с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ по горчичному пару – 152%, что в 1,2 раз выше, чем по пару с навозом, и в 2,3 раза выше, чем по чистому пару при тех же условиях.

Экономическая оценка выращивания озимой пшеницы и ячменя подтверждается энергетической оценкой [12; 14].

Выводы. 1. Горчица белая даёт высокий урожай зелёной массы высокой органической ценности. В среднем за три года исследований урожайность горчицы белой составила от 22,3–25,17 т/га сырой, или 4,2–4,35 т/га абсолютно сухой органической массы.

2. Органическая масса горчицы белой имеет высокую удобрительную ценность. При ежегодной запашке 11,2 т/га органического вещества горчицы белой содержание гумуса повышалось с 1,97 до 2,04%.

3. Использование горчичного пара повышает биологическую активность слоя почвы 0–30 см под озимой пшеницей на 30% и на 28% – под ячменём. Включение приёма сидерации вместо внесения навоза привело к почти двукратному снижению уровня гидролитической кислотности – с 2,28 до 1,30, что благоприятным образом должно было сказаться на фунгистазисе почвы.

4. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое перед посевом составляют в горчичном пару 41,2 мм, что на 5,7 мм, или на 12,1% меньше, чем по чистому пару. В метровом слое разница составляет 22,1 мм, или 11,8%.

5. Засорённость посевов озимой пшеницы изменялась по горчичному пару с 42,1 шт./м² на варианте с азотным удобрением, 38,9 шт./м² – на фоне без азотных удобрений. Засорённость посевов ячменя изменялась по горчичному пару с 22,8 шт./м² на варианте с безазотным удобрением, 84,9 шт./м² – на фоне азотного удобрения. При

использовании горчицы белой в сидеральном пару растения озимой пшеницы в весенний период поражались корневыми гнилями в 2,2 раза меньше, чем по чистому пару без удобрения, и в 1,2 раза – по чистому пару с навозом.

6. Урожайность озимой пшеницы за период опыта изменялась в пределах 39,7–46,9 ц/га на минеральном фоне без азотных удобрений и 37,7–42,1 ц/га – на том же фоне с внесением 60 кг/га действующего вещества минерального азота. Урожайность данной культуры по сидеральным парам была ниже на 6,1 ц/га, или на 3%, чем по чистому пару с внесением 40 т/га навоза. Ячмень увеличивал урожайность после азотного минерального удобрения в среднем на 2,4 ц/га, или на 5,7%.

7. Высокий энергетический эффект горчичного пара подтверждается их энергетическим коэффициентом. У озимой пшеницы он составляет 2,4 и 2,6 по разным фонам минеральных удобрений, что в 1,5 раза больше, чем по унавоженному пару, и в 1,2 раза – по чистому пару. У ячменя коэффициент последствий сидерата равен 2,89 и 3,0 по разным фонам внесения минеральных удобрений, что в 2,5 раза больше по чистому и унавоженному парам с внесением фосфорнокалийных удобрений, и в 1,5 раза – при внесении азотосодержащих удобрений.

8. Уровень рентабельности производства озимой пшеницы после действия горчичного пара составляет 177 и 166% в зависимости от вида минерального удобрения, под ячменём – 169 и 152%.

Список источников

1. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Гамзиков Г. П. [и др.] *Агрохимия* : учебник / под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с. ISBN 978-5-9238-0236-8.
2. Ашаева О. В., Шахалов В. Н. *Практикум по растениеводству. I часть: Зерновые культуры* : учебно-метод. пособие. Нижний Новгород : Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. 2014.
3. Ашаева О. В. Влияние норм высева и доз удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук : специальность 06.01.09 – Растениеводство. Н. Новгород, 2000. 19 с.
4. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Ивенин А. В. [и др.] Влияние минимизации обработки почвы на урожайность яровых зерновых культур и зараженность их корневыми гнилями // *Земледелие*. № 1. 2009. С. 28–29. ISSN 0044-3913.
5. Ивенин В. В. Эффективность использования сидеральных паров в земледелии Нижегородской области // *Слагаемые агротехники, новые культуры и гибриды*. Н. Новгород, 1996. С. 13–18.
6. Румянцев Ф. П. Научное обоснование использования зеленого удобрения в севооборотах на серых лесных почвах Волго-Вятского экономического района : дис. ... д-ра с.-х. наук : специальность 06.01.01 – Общее земледелие. Н. Новгород, 2000. 402 с.
7. Платонычева Ю. Н., Малышева Ю. А., Крюкова С. В. Влияние сидеральных культур на динамику гумуса светло-серой лесной почвы // *Стратегия развития научного проекта в АПК* : материалы науч.-практ. конф. преподавателей и студентов. Н. Новгород, 2008. С. 58–60.
8. Беленков А. Ю., Лисина А. Ю., Тощева О. С. Зависимость между количеством водопрочных агрегатов и сравнительной водопрочностью светло-серой лесной почвы // *Научные основы систем земледелия и их совершенствование* : материалы междунаро. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. П. Нарцисова. Н. Новгород, 2007. С. 342–343.

9. Заикин В. П., Матвеев В. В., Комарова Н. А. Сидерация – важный биологический фактор повышения продуктивности пашни // Агрехимия и экология: история и современность : мат. междуна. науч.-практ. конф. Т. 1. Н. Новгород : ВВАГС, 2008. С. 32–35.

10. Малышева Ю. А., Полякова Н. В., Платонычева Ю. Н. Влияние сидеральных культур на биологическую активность светло-серой лесной почвы и урожайность озимой ржи // Почвы и приемы повышения эффективности их использования : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Киров : Вятская ГСХА, 2008. С. 30–33.

11. Лисина А. Ю. Влияние предшественника на засоренность и урожайность озимой пшеницы на серых лесных почвах Нижегородской области // Научные основы систем земледелия и их совершенствование : материалы междунауд. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. П. Нарциссова. Н. Новгород, 2007. С. 54–55.

12. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Ивенин А. В. [и др.] Экономическая и энергетическая эффективность биодобрений при выращивании картофеля // Вестник Казанского ГАУ. 2011. Т. 6, № 3 (21). С. 121–124. ISSN 2073-0462.

13. Михалев Е. В., Орлов П. В. К вопросу об эффективности утилизации соломы злаковых культур в качестве удобрения // Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений : материалы междунауд. науч.-практ. конф. Н. Новгород : ВВАГС, 2011. С. 48–52. ISBN 978-5-85152-866-8.

14. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Ивенин А. В. Использование биологических отходов сельскохозяйственного производства в качестве органического удобрения // Агрехимический вестник. 2011. № 4. С. 26–28. ISSN 1029-2551.

References

1. Mineev V. G., Sychev V. G., Gamzikov G. P. [i dr.] Agrohimiya : uchebnik / pod red. V. G. Mineeva. M. : Izd-vo VNIIA im. D. N. Pryanishnikova, 2017. 854 s. ISBN 978-5-9238-0236-8.

2. Ashaeva O. V., Shakhlov V. N. Praktikum po rastenievodstvu. I chast': Zernovye kul'tury : uchebno-metod. posobie. Nizhnij Novgorod : Nizhegorodskaja gosudarstvennaja sel'skhozjajstvennaja akademija. 2014.

3. Ashaeva O. V. Vlijanie norm vyseva i doz udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna jarovoj pshenicy na svetlo-seryh lesnyh pochvah Volgo-Vjatskogo regiona : avtoferat dis. ... kand. s.-h. nauk : special'nost' 06.01.09 – Rastenievodstvo. N. Novgorod, 2000. 19 s.

4. Ivenin V. V., Mikhalev E. V., Ivenin A. V. [i dr.] Vlijanie minimizacii obrabotki pochvy na urozhajnost' jarovyh zernovyh kul'tur i zarzhennost' ih kornevymi gnijami // Zemledelie. № 1. 2009. S. 28–29. ISSN 0044-3913.

5. Ivenin V. V. Jefferktivnost' ispol'zovanija sideral'nyh parov v zemledelii Nizhegorodskoj oblasti // Slagaemye agrotehniki, novye kul'tury i gibridy. N. Novgorod, 1996. S. 13–18.

6. Rummyantsev F. P. Nauchnoe obosnovanie ispol'zovanija zelenogo udobrenija v sevooborotah na seryh lesnyh pochvah Volgo-Vjatskogo jekonomicheskogo rajona : dis. ... d-ra s.-h. nauk : special'nost' 06.01.01 – Obshee zemledelie. N. Novgorod, 2000. 402 s.

7. Platonycheva Yu. N., Malysheva Yu. A., Kryukova S. V. Vlijanie sideral'nyh kul'tur na dinamiku gumusa svetlo-seroj lesnoj pochvy // Strategija razvitija nauchnogo proekta v APK : materialy nauch.-prakt. konf. prepodavatelej i studentov. N. Novgorod, 2008. S. 58–60.

8. Belenkov A. Yu., Lisina A. Yu., Toshcheva O. S. Zavisimost' mezhdru kolichestvom vodoprochnyh agregatov i sravnitel'noj vodoprochnost'ju svetlo-seroj lesnoj pochvy // Nauchnye osnovy sistem zemledelija i ih sovershenstvovanie : materialy mezhdunarod. nauch. konf., posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija V. P. Nartsissova. N. Novgorod, 2007. S. 342–343.

9. Zaikin V. P., Matveev V. V., Komarova N. A. Sideracija – vazhnyj biologicheskij faktor povyshenija produktivnosti pashni // Agrohimiya i jekologija: istorija i sovremennost' : mat. mezhdun. nauch.-prakt. konf. T. 1. N. Novgorod : VVAGS, 2008. S. 32–35.

10. Malysheva Yu. A., Pol'jakova N. V., Platonycheva Yu. N. Vlijanie sideral'nyh kul'tur na biologicheskiju aktivnost' svetlo-seroj lesnoj pochvy i urozhajnost' ozimoj rzhi // Pochvy i priemny povyshenija jefferktivnosti ih ispol'zovanija : materialy Vseross. nauch.-prakt. konf. Kirov : Vjatskaja GSHA, 2008. S. 30–33.

11. Lisina A. Yu. Vlijanie pedshestvennika na zasorennost' i urozhajnost' ozimoj pshenicy na seryh lesnyh pochvah Nizhegorodskoj oblasti // Nauchnye osnovy sistem zemledelija i ih sovershenstvovanie : materialy mezhdunarod. nauch. konf., posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija V. P. Nartsissova. N. Novgorod, 2007. S. 54–55.

12. Ivenin V. V., Mikhalev E. V., Ivenin A. V. [i dr.] Jekonomicheskaja i jenergeticheskaja jefferktivnost' bioudobrenij pri vyrashhivanii kartofelja // Vestnik Kazanskogo GAU. 2011. T. 6, № 3 (21). S. 121–124. ISSN 2073-0462.

13. Mikhalev E. V., Orlov P. V. K voprosu ob jefferktivnosti utilizacii solomy zlakovyh kul'tur v kachestve udobrenija // Netradicionnye istochniki i prijomny organizacii pitaniya rastenij : materialy mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. N. Novgorod : VVAGS, 2011. S. 48–52. ISBN 978-5-85152-866-8.

14. Ivenin V. V., Mikhalev E. V., Ivenin A. V. Ispol'zovanie biologicheskikh othodov sel'skhozajstvennogo proizvodstva v kachestve organicheskogo udobrenija // Agrohimicheskij vestnik. 2011. № 4. S. 26–28. ISSN 1029-2551.

Сведения об авторах

Наталья Николаевна Шершнева – аспирант, старший преподаватель кафедры геодезии и землеустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», nshersneva@list.ru, ORCID 0000-0001-9876-1331.

Наталья Алексеевна Минеева – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», mineevanatalya93@mail.ru, ORCID 0000-0002-7648-9602.

Валентин Васильевич Ивенин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5321-7140, ORCID 0000-0001-6903-8312.

Евгений Васильевич Михалев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 1925-1548, ORCID 0000-0003-4320-8410.

Анна Владимировна Климова – кандидат экономических наук, доцент, декан агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5667-4952, ORCID 0000-0003-0753-2483.

Information about the authors

Natalia N. Shersneva – Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Department of Geodesy and Land Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Agricultural Academy", nshersneva@list.ru, ORCID 0000-0001-9876-1331.

Natalia A. Mineeva – Postgraduate Student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Agricultural Academy", mineevanatalya93@mail.ru, ORCID 0000-0002-7648-9602.

Valentin V. Ivenin – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Department of Agriculture and Crop Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Agricultural Academy", spin-код: 5321-7140, ORCID 0000-0001-6903-8312.

Evgeny V. Mikhalev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany and Plant Protection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Agricultural Academy", spin-код: 1925-1548, ORCID 0000-0003-4320-8410.

Anna V. Klimova – Candidate of Economic Sciences, Docent, Dean of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Agricultural Academy", spin-код: 5667-4952, ORCID 0000-0003-0753-2483.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.