

УДК 631.51

DOI 10.48612/vch/h7xk-2z6a-d9xu

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО ЗАЛЕЖНЫМ СЕРЫМ ЛЕСНЫМ ПОЧВАМ В
УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА****К. В. Шубина, В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, Ю. А. Богомолова, Л. К. Петров, С. М. Голубев***Нижегородский государственный агротехнологический университет
603107, г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Аннотация. Исследования проводили в 2016-2019 гг. в ООО «Агрофирма «Искра» Богородского района Нижегородской области. В работе показано влияние различных технологий разработки залежных земель на разных уровнях питания по фону возделывания сидератов и без них на отдельные элементы плодородия серой лесной почвы и уровень урожайности зерновых культур с расчетом энергетической и экономической эффективности их применения. Выявлено, что в среднем за три года наблюдений урожайность озимой пшеницы на вариантах без внесения минеральных удобрений, без применения горчичного пара, составляла 2,67 т/га при традиционной технологии возделывания, 1,92 т/га по Mini-till технологии и 1,31 т/га при технологии No-till. При применении горчицы белой в качестве сидеральной культуры урожайность озимой пшеницы возрастала соответственно до 3,07, 2,21, 1,52 т/га в зависимости от изучаемых технологий. Урожайность яровой пшеницы на вариантах без внесения минеральных удобрений по прямой обработке залежей без использования сидеральной культуры составляла 1,86 т/га при традиционной технологии, 1,76 т/га по Mini-till-технологии и 1,32 т/га при технологии No-till, а по сидеральному горчичному пару составила соответственно величину 2,21, 1,96, 1,56 т/га. На светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона с экономической точки зрения наиболее целесообразным будет возделывание зерновых культур по сидератам по ресурсосберегающим технологиям Mini-till и No-till, где рентабельность возделывания находится на уровне 22,7-55,4%.

Ключевые слова: No-till, Mini-till, традиционная технология, биологическая активность почвы, влажность почвы, плотность почвы, засоренность сорняками, урожайность, энергетическая и экономическая эффективность.

Введение. Фундаментальный принцип системы нулевой и минимальной обработки почвы складывается в использовании происходящих в почве естественных процессов. В необработанной почве остается большое количество энтомофагов – насекомых, уничтожающих насекомых-вредителей, а также дождевых червей – естественных рыхлителей почвы. Поэтому сторонники No-till считают традиционную плужную обработку не просто ненужной, но и вредной [4], [5], [10].

В настоящее время в России несколько десятков миллионов гектаров земель не используются в сельском хозяйстве, поэтому земли превратились в залежи. В Нижегородской области таких земель 531 тыс. га. В некоторых случаях эти земли начинают осваивать и вводить в пашню [9]. Однако для разработки залежных земель научных рекомендаций по системе обработки недостаточно [1], [12]. Современная система земледелия и ее звенья должны обеспечивать высокую продуктивность и экологическую безопасность производства растениеводческой продукции, а также экономическую стабильность, которая в условиях дороговизны минеральных удобрений, аграрной техники, горюче-смазочных материалов находится под угрозой. Решением оптимальной налаженности земледелия может служить возрастающий уровень биологизации растениеводческой отрасли [8], [13], [14], [15]. В настоящее время большую актуальность приобретает внедрение ресурсоэнергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе No-till [11]. При такой технологии сокращаются затраты при производстве продукции растениеводства, увеличивается конкурентоспособность ее на мировом рынке, идет сокращение диспаритета цен между промышленными товарами, потребляемыми в сельскохозяйственной отрасли, и сельскохозяйственной продукцией [2], [3].

Цель исследований - в изучении влияния различных технологий эффективного использования залежных земель при возделывании зерновых культур на изменение плодородия серых лесных почв с применением сидеральных культур по различным фонам минерального питания в Волго-Вятском регионе.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2016-2019 гг. на залежном поле ООО «Агрофирма «Искра» Богородского района Нижегородской области.

Почва опытного участка светло-серая лесная, легкосуглинистая по гранулометрическому составу, средней окультуренности, способная к заплыванию, с содержанием гумуса 1,79-1,90%, подвижного фосфора – 151,3-226,1 мг/кг почвы и обменного калия – 109,0-122,1 мг/кг почвы, рН_{KCl} – 5,8-6,3.

Повторность – 4-кратная. Размещение вариантов – рендомизированное. Общая площадь делянок – 260 м², учетная – 150 м². Предшественником зерновых культур является залежь. Общий фон перед началом обработки залежей – опрыскивание гербицидом сплошного действия (глифосат). Сорта: озимая пшеница – Московская-39, норма высева – 3,2 млн всхожих семян, репродукция – ЭС элита; яровая пшеница – Злата, норма высева – 3,5 млн всхожих семян, репродукция – ЭС элита; овес Яков, норма высева – 3,5 млн всхожих

семян, репродукция – ЭС элита; ячмень Владимир, норма высева – 3,5 млн всхожих семян, репродукция – ЭС элита; горчица белая – Ария, норма высева – 1,8 млн всхожих семян, репродукция – ЭС.

Опыт закладывался по трехфакторной схеме:

Фактор А – фон минерального питания:

- 1) без удобрений (естественное плодородие почвы) (контроль);
- 2) с внесением азотных минеральных удобрений в дозе 50 кг/га д. в.

Фактор В – технология возделывания:

1) традиционная технология (контроль): вспашка осенью на глубину 23-25 см в агрегате с трактор Джон Дирр с 8-корпусным оборотным плугом Rade + дискование БДМ-6,4 на глубину 13-15 см + посев сеялкой Rapid A 600С;

2) технология Mini-till: дискование БДМ-6,4 на глубину 13-15 см в 2 следа + посев сеялкой Rapid A 600С;

3) технология No-till: обработка гербицидом сплошного действия Торнадо 500, в дозе 3 л/га (глифосадсодержащим) + посев сеялкой Gherardi.

Фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой):

- 1) без горчицы белой (контроль);
- 2) с посевом горчицы белой.

Общий фон перед началом обработки залежных земель – опрыскивание гербицидом сплошного действия Торнадо 500 в дозе 3 л/га. Семена сельскохозяйственных культур протравливали: Бункер – 0,6 л/т, Табу – 0,4 л/т. За месяц до сева озимой пшеницы высевали горчицу белую. Посев озимой пшеницы проводили 5 сентября. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, в дозе 34,4 кг/га д.в.) вносили в почву посевным агрегатом одновременно с посевом. В конце апреля – начале мая проводилась подкормка озимой пшеницы азотными удобрениями (карбамид, в дозе 8 кг/га д.в.) РУМ-800 с последующим боронованием БЗСС-1. Мероприятия по уходу за посевами – опрыскивание баковой смесью Балерина Микс + карбамид (доза 8кг/га д.в.) в фазу кушения; в фазу выхода в трубку обработка фунгицидом Колосаль Про и инсектицидом Борей.

При возделывании яровых зерновых культур по традиционной технологии осенью проводили зяблевую вспашку на 22-24 см трактором Джон Дирр с 8-корпусным плугом Rade; весной – дискование БДМ-6,4 на глубину 12-14 см; затем проводили обработку почвы согласно схеме опыта.

При технологии Mini-till проводилась обработка дискатором БДМ-6,4 в 2 следа осенью, а потом в весенний период на глубину 12-14 см.

При технологии No-till проводилась обработка согласно схеме опыта сеялкой Gherardi. Уборку проводили зерноуборочным комбайном Acros 580.

Данные по погодным условиям получены с метеостанции Vantage Pro2, установленной в ООО «Агрофирма «Искра». В целом 2017 год был более увлажненным – гидротермический коэффициент Селянинова составил величину (ГТК) 1,3, что выше средних многолетних значений (ГТК – 1,2). Погодные условия в 2018 году были близкими к средним многолетним данным, как по осадкам, так и по температуре: ГТК – 1,2. 2019 год был более увлажненным – ГТК – 1,4.

Методика исследований: влажности почвы определяли весовым методом в слое 0-50 см, послойно 0-10 см; плотность почвы – в образцах с ненарушенным сложением в слое 0-10; биологическую активность почвы определяли аппликационным методом. Льняное полотно укладывали на глубину 0-20 см, экспозиция продолжалась 60 суток; определение засоренности посевов зерновых культур проводили перед обработкой гербицидами и после обработки в конце их вегетации количественным методом, путем наложения рамок; урожай сельскохозяйственных культур учитывали сплошным методом, поделочно с пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность; энергетическую и экономическую эффективность производства рассчитывали согласно разработанных технологических карт под каждую культуру и методических указаний по расчету энергетической и экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ [7]. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist [6].

Результаты исследований и обсуждение. Влажность почвы – важный показатель плодородия почвы. Влажность почвы изменялась под влиянием технологии возделывания зерновых культур и уровня минерального питания.

По годам исследования максимальная влажность почвы (19,2%) была отмечена в варианте с внесением удобрений по прямой обработке залежных земель в посевах яровой пшеницы, а минимальная (14,4%) – в посевах озимой пшеницы.

При выращивании ячменя наименьшая влажность почвы составляла 14,9% в вариантах без внесения минеральных удобрений, что на 3,7% ниже, чем наибольшая влажность по занятому сидеральному горчичному пару по естественному минеральному фону (18,6%). В посевах овса наиболее высокая влажность почвы (18,6%) выявлена в вариантах с внесением минеральных удобрений, а наименьшая (16,3%) по традиционной технологии его возделывания (табл. 1).

Таблица 1 – Влажность почвы под зерновыми культурами в среднем за 2016-2019 гг. в начале их вегетации в слое 0-30 см, %

Технология возделывания (фактор В)	Озимая пшеница		Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой)							
	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)								
Традиционная	14,4	15,6	17,3	17,4	14,9	17,8	16,6	16,9
Mini-till	16,3	16,9	18,9	19,1	16,6	18,6	17,8	18,2
No-till	15,7	16,0	17,1	17,6	15,4	18,1	17,0	17,2
с внесением минеральных удобрений (фактор А)								
Традиционная	15,7	14,9	17,4	17,3	15,6	16,6	17,8	16,3
Mini-till	16,5	16,6	19,2	18,9	16,9	17,8	18,6	17,8
No-till	16,4	15,4	17,6	17,1	16,0	17,0	18,1	16,5

Плотность сложения почвы также является одним из важных показателей ее плодородия. Это динамический показатель плодородия почвы, зависящий от гранулометрического состава, типа и влажности почвы, способа и глубины обработки, вида возделываемой культуры. Плотность серых лесных почв Нижегородской области колеблется на уровне 1,45-1,50 г/см³, что выше оптимальной (1,00-1,20 г/см³), которая нужна для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур.

За все годы исследований минимальная плотность почвы была отмечена на вариантах без внесения минеральных удобрений – 1,18 г/см³ при возделывании озимой, яровой пшениц и овса по сидеральному горчицному пару по традиционной технологии их возделывания. По минеральному фону минимальная плотность почвы выявлена в посевах озимой пшеницы и ячменя (1,16 г/см³) на вариантах по традиционной технологии их возделывания с использованием сидерального пара (табл. 2).

Показатель плотности почвы снижается от технологии прямого сева через минимальную технологию к традиционной. Оптимальные условия для роста и развития растений всех изучаемых культур по данному показателю плодородия почвы создает традиционная технология их производства (табл. 2).

Таблица 2 – Плотность почвы под зерновыми культурами в конце их вегетации в среднем за 2016-2019 гг., г/см³

Технология возделывания (фактор В)	Озимая пшеница		Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой)							
	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)								
Традиционная	1,24	1,18	1,20	1,18	1,21	1,20	1,19	1,18
Mini-till	1,31	1,28	1,28	1,25	1,25	1,23	1,29	1,26
No-till	1,37	1,29	1,34	1,31	1,34	1,30	1,35	1,33
с внесением минеральных удобрений (фактор А)								
Традиционная	1,25	1,16	1,22	1,20	1,17	1,16	1,23	1,19
Mini-till	1,35	1,25	1,25	1,21	1,22	1,21	1,26	1,25
No-till	1,39	1,31	1,33	1,30	1,30	1,30	1,30	1,28

Результаты наших исследований по изучению биологической активности почвы показали, что она зависела от всех изучаемых нами факторов и погодных условий, складывающихся в годы исследований. При рассмотрении технологий производства изучаемых зерновых культур максимальные значения биологической активности почвы выявлены в вариантах их производства по технологии No-till. Данная технология обеспечила условия для максимального развития почвенной биоты: биологическая активность почвы составляла 39,8-83,1% на варианте с внесением минеральных удобрений и 40,1-77,9% на вариантах без их внесения. Внесение минеральных удобрений повышало показатель биологической активности почвы на 4,1% при традиционной технологии возделывания зерновых культур, на 5,7% при обработке почвы по технологии Mini-till и на 8,9% при обработке почвы по No-till технологии.

Наиболее низкие значения биологической активности почвы выявлены при традиционной технологии производства. На естественном плодородии почвы изучаемый показатель изменялся в пределах 40,0-66,9%, а на минеральном фоне был выше и составлял интервал 40,1-71,0%. При обработке почвы по технологии Mini-till биологическая активность на нулевом фоне изменялась в пределах 33,1-69,8%, а на минеральном – 49,9-75,1%.

Из данных, приведенных в таблице 3, видно, что общая засоренность посевов сорной растительностью в начале вегетации (в фазе кушения изучаемых зерновых культур) была высокой, в том числе и по многолетним

сорнякам.

Наши исследования показали, что в среднем за годы наблюдений внесение фона минерального питания не повлияло как на общую засоренность, так и на засоренность многолетними сорняками в посевах изучаемых культур в начале их вегетации (табл. 3). В среднем за три года наблюдений на вариантах без внесения минеральных удобрений общая засоренность посевов изменялась в пределах 34 шт./м² на варианте с традиционной технологией, 47 шт./м² на варианте с Mini-till технологией и 194 шт./м² на варианте с No-till технологией, а при внесении минеральных удобрений до 38 шт./м² на варианте с традиционной технологией, 56 шт./м² на варианте с Mini-till технологией и 168 шт./м² на варианте с No-till технологией.

Таблица 3 – Засоренность посевов зерновых культур в начале вегетации в среднем за 2016-2019 гг., шт./м²

Технология возделывания (фактор В)	Озимая пшеница		Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	количество сорняков, шт./м ²							
	общее	много-летних	общее	много-летних	общее	много-летних	общее	много-летних
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)								
Традиционная	34	24	25	19	27	11	28	11
Mini-till	47	34	49	22	42	26	43	24
No-till	119	63	189	89	194	95	130	68
с внесением минеральных удобрений (фактор А)								
Традиционная	38	23	42	15	29	13	37	15
Mini-till	45	35	56	32	47	21	42	26
No-till	126	67	156	74	168	77	116	75

Минимальная засоренность посевов в конце вегетации изучаемых зерновых культур отмечалась при традиционной технологии. Так, на вариантах без внесения минеральных удобрений максимальная засоренность многолетними сорняками составляла 24 шт./м² на варианте с традиционной технологией, 34 шт./м² на варианте с Mini-till технологией и 95 шт./м² на варианте с No-till технологией, а на вариантах с внесением минеральных удобрений соответственно 23, 35 и 77 шт./м². Засоренность многолетними сорняками снижалась на вариантах с внесением минеральных удобрений до 19 шт./м² при традиционной обработке почвы, до 30 шт./м² при обработке почвы по Mini-till технологии и до 41 шт./м² при технологии No-till, а на вариантах по нулевому минеральному фону соответственно до 17, 33, и 44 шт./м² (табл. 4).

Таблица 4 – Засоренность посевов зерновых культур по сидеральному горчиному пару в конце их вегетации в среднем за 2016-2019 гг., шт./м²

Технология возделывания (фактор В)	Озимая пшеница		Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	количество сорняков, шт./м ²							
	общее	много-летних	общее	много-летних	общее	много-летних	общее	много-летних
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)								
Традиционная	25	17	32	10	20	6	21	8
Mini-till	32	23	48	22	32	5	29	17
No-till	89	59	81	42	91	23	89	23
с внесением минеральных удобрений (фактор А)								
Традиционная	25	18	18	8	17	8	23	7
Mini-till	38	25	39	20	23	12	28	10
No-till	100	57	110	35	110	56	72	20

Урожайность – важнейший результативный показатель сельскохозяйственного производства. В среднем за три года наблюдений урожайность озимой пшеницы на вариантах без внесения минеральных удобрений и без применения горчиного пара составляла 2,67 т/га при традиционной технологии возделывания, что на 0,75 т/га выше, чем по Mini-till технологии (1,92 т/га), и на 1,36 т/га, чем по технологии No-till (1,31 т/га). При применении горчицы белой в качестве сидеральной культуры урожайность озимой пшеницы возрастала соответственно до 3,07, 2,21, 1,52 т/га в зависимости от изучаемых технологий (табл. 5).

Урожайность яровой пшеницы на вариантах без внесения минеральных удобрений по прямой обработке залежей, без использования сидеральной культуры, составляла 1,86 т/га при традиционной технологии, 1,76 т/га по Mini-till технологии и 1,32 т/га при технологии No-till, а по сидеральному горчиному пару составила соответственно 2,21, 1,96, 1,56 т/га (табл. 5).

Таблица 5 – Средняя урожайность зерновых культур в зависимости от технологии их производства за 2016-2019 гг., т/га

Технология возделывания (фактор В)	Озимая пшеница		Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой)							
	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)								
Традиционная	2,67	3,07	1,86	2,21	1,49	1,86	2,15	2,32
Mini-till	1,92	2,21	1,76	1,96	1,33	1,56	1,59	1,97
No-till	1,31	1,52	1,32	1,56	1,08	1,29	1,24	1,46
с внесением минеральных удобрений (фактор А)								
Традиционная	2,98	3,36	2,05	2,36	2,04	2,25	2,39	2,87
Mini-till	2,87	3,12	1,86	2,12	1,98	2,05	2,26	2,57
No-till	1,65	1,89	1,66	1,86	1,69	1,89	1,68	1,88

При выращивании овса урожайность на вариантах без внесения удобрений по прямой обработке залежей составила 2,15 т/га при традиционной технологии, 1,59 т/га по Mini-till-технологии и 1,24 т/га при технологии No-till, а по сидератам соответственно 2,32, 1,97, 1,46 т/га (табл. 5).

На вариантах без внесения удобрений урожайности ячменя по прямой обработке залежей (без горчицы белой) составляла 1,49 т/га при традиционной технологии, 1,33 т/га по Mini-till-технологии и 1,08 т/га при обработке почвы по технологии No-till, а по сидерату соответственно 1,86, 1,56, 1,29 т/га (табл. 5).

Нами были проведены расчеты зависимости урожайности изучаемых культур и сопутствующими показателями. Выявлена обратная тесная связь между урожайностью и засоренностью посевов озимой пшеницы, линейный коэффициент корреляции, как при прямой обработке залежей, так и по сидератному горчицному пласту, составил 0,90. Выявлена обратная тесная зависимость между урожайностью и плотностью почвы в посевах озимой пшеницы, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства – 0,69, а по сидеральному горчицному пласту – 0,86. Между урожайностью и биологической активностью почвы под посевами озимой пшеницы зависимость выявлена прямая умеренная, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства 0,46, а по сидеральному горчицному пласту – 0,40.

Связь между урожайностью и засоренностью посевов яровой пшеницы выявлена обратная тесная, линейный коэффициент корреляции как при прямой обработке залежей, так и по сидератному горчицному пласту составил 0,90. Между урожайностью и плотностью почвы в посевах яровой пшеницы зависимость выявлена обратная тесная, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства – 0,84, а по сидеральному горчицному пласту – 0,91.

Связь между урожайностью и засоренностью посевов ячменя выявлена обратная умеренная, при прямой обработке залежей линейный коэффициент корреляции равен – 0,47, а по сидератному горчицному пласту обратная средняя, коэффициент корреляции составил 0,61. Между урожайностью и плотностью почвы под посевами ячменя зависимость выявлена обратная тесная, как при прямой обработке залежей, так и по сидеральному горчицному пласту коэффициент корреляционного равенства – 0,70. Между урожайностью и биологической активностью почвы под посевами ячменя выявлена умеренная прямая связь, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства – 0,35, а по сидеральному горчицному пласту очень слабая прямая – коэффициент корреляции равен 0,18.

Связь между урожайностью и засоренностью посевов овса выявлена обратная тесная, линейный коэффициент корреляции, как при прямой обработке залежей, так и по сидератному горчицному пласту, составил 0,85. Между урожайностью и плотностью почвы под посевами овса зависимость выявлена обратная тесная, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства – 0,86, а по сидеральному горчицному пласту – 0,83. Между урожайностью и биологической активностью почвы под посевами овса выявлена прямая слабая связь, при прямой обработке залежей коэффициент корреляционного равенства – 0,24, а по сидеральному горчицному пласту связь прямая, очень слабая: коэффициент корреляции составил 0,19.

Энергетическая эффективность – важный показатель эффективности той или иной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющий увидеть энергетическую окупаемость затрат. Традиционная технология при прямой обработке залежных земель (без возделывания сидерата) по естественному плодородию с энергетической точки зрения более окупаемая технология производства зерновых культур: энергетический коэффициент выше на 5,9% по сравнению с Mini-till-технологией и на 15,2% по сравнению с нулевой обработкой залежных земель. При внесении минеральных удобрений этот показатель снизился.

Энергетическая эффективность изучаемых технологий с применением сидерального горчичного пара подчинена той же тенденции, что и без его возделывания (табл. 6).

Таблица 6 – Энергетическая эффективность технологий возделывания зерновых культур при использовании залежных земель

Технология возделывания (фактор В)	Суммарный валовой выход энергии, МДж		Суммарные совокупные затраты, МДж		Энергетический коэффициент	
	фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой)					
	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)						
Традиционная	487,67	564,70	321,12	376,68	1,51	1,50
Mini-till	394,67	460,43	277,20	332,76	1,42	1,38
No-till	296,10	348,73	231,64	287,20	1,28	1,21
с внесением минеральных удобрений (фактор А)						
Традиционная	564,88	647,30	395,28	450,71	1,43	1,44
Mini-till	537,05	590,33	395,36	406,92	1,36	1,45
No-till	398,62	448,76	305,80	361,36	1,30	1,24

Процесс производства и реализации продукции требует наиболее выгодных затрат и материальных средств. Совокупность этих затрат представляет себестоимость производимой продукции. Расчетная стоимость урожая на 1 га была определена с учетом затрат и цен реализации ООО «Агрофирма «Искра» и составила 10 000 руб. за 1 т продукции.

Максимальная стоимость урожая на изучаемых фонах возделывания зерновых культур была получена при традиционной технологии возделывания: 23,6 и 27,1 тыс. руб. при использовании сидерального горчичного пара, без него – 20,4 и 23,6 тыс. руб. Но при этом и производственные затраты самые высокие в полевом опыте. Таким образом, дополнительная прибавка урожая, получаемая при традиционной технологии производства, окупается в меньшей степени, чем при возделывании по ресурсосберегающим технологиям (Mini-till и No-till). Рентабельность производства по традиционной технологии при использовании сидерального пара на 12,9% ниже, чем при технологии Mini-till, и на 37,3%, чем при технологии прямого сева (No-till) по естественному плодородию почвы, и на 5,05 и 37,7% соответственно по минеральному фону (табл. 7). Таким образом, меньший урожай, получаемый при ресурсосберегающих технологиях, экономически более выгоден.

Применение в технологиях производства зерновых культур сидерального горчичного пара (все дополнительные вложения окупаются более эффективно по сравнению с производством зерновых культур без дополнительного внесения органической массы в виде горчичного сидерата) позволило повысить их рентабельность производства на естественном плодородии почвы на 15,9% по традиционной технологии их производства, на 29,0% при минимальной технологии (Mini-till) и на 23,5% при технологии прямого сева (No-till), по азотному минеральному фону – на 15,2, 10,9 и 14,4% соответственно изучаемым технологиям (табл. 7).

Таблица 7 – Экономическая оценка технологий возделывания зерновых культур

Технология возделывания (фактор В)	Урожайность, т/га		Стоимость урожая, тыс. руб.		Производственные затраты, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.		Уровень рентабельности, %	
	фактор С – применение сидеральной культуры (горчицы белой)								
	без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом		без сидерата (контроль)	с сидератом	без сидерата (контроль)	с сидератом
без внесения минеральных удобрений (контроль) (фактор А)									
Традиционная	2,04	2,36	20,4	23,6	20,12	0,28	3,48	1,40	17,30
Mini-till	1,65	1,92	16,5	19,20	14,74	1,76	4,46	1,20	30,20
No-till	1,23	1,45	12,3	14,50	9,38	2,92	5,12	31,10	54,60
с внесением минеральных удобрений (фактор А)									
Традиционная	2,36	2,71	23,60	27,10	23,03	0,57	4,07	2,50	17,70
Mini-till	2,24	2,46	22,40	24,60	20,04	2,36	4,56	1,18	22,70
No-till	1,67	1,88	16,70	18,80	12,10	4,60	6,70	38,0	55,40

Внесение минеральных удобрений мало влияет на показатель рентабельности производства зерновых культур при использовании промежуточной сидеральной культуры (горчицы белой): при их внесении, в зависимости от технологии производства, данный показатель находится в интервале 17,7-55,4%, а без внесения – 17,3-54,6%. А без выращивания горчицы белой в качестве сидеральной культуры применение минеральных удобрений выгодно: уровень рентабельности с их применением составил 2,5-38,0%, без их применения – 1,4-31,1% (табл. 7). С экономической точки зрения применение технологии прямого сева и минимальной

технологии с применением дискования как по минеральному фону, так по естественному плодородию почв более выгодно по сравнению с традиционной технологией производства зерновой продукции.

Выводы. На светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона с экономической точки зрения наиболее целесообразным будет возделывать зерновые культуры по сидератам по ресурсосберегающим технологиям Mini-till и No-till, где рентабельность возделывания находится на уровне 22,7-55,4%

Литература

10. Влияние технологии возделывания залежных земель на урожайность и энергетическую эффективность выращивания зерновых культур в условиях юго-востока Волго-Вятского / А. В. Ивенин, В. В. Ивенин, К. В. Шубина, А. П. Саков // Аграрная наука. – 2022. – № 7-8. – С. 121-125.
11. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов / А. П. Карабутов, В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин, Е. В. Навольнева // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 3–7.
12. Гостев А. В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях / А. В. Гостев // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 16-20.
13. Двуреченский, В. И. Нулевые технологии: повышение эффективности производства зерна и почвенного плодородия / В. И. Двуреченский // Агро XXI. – 2007. – № 1-3. – С. 19-22.
14. Дей С. Опыт Канады: особенности прямого посева / С. Дей // Ресурсосберегающее земледелие. – 2012. – № 2(14). – С. 7-12.
15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат. – 2011. – 251 с.
16. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ. – Киров : НИИСХ Северо-Востока. – 2008. – 66 с.
17. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России / Л. М. Козлова, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, В. Л. Иванов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 3(58). – С. 43-48.
18. Ушаче, И. Сельскохозяйственные угодия России: состояние, проблемы и пути решения / И. Ушаче, А. Югай // АПК: Экономика, управление. – 2008. – № 10. – С. 12-18.
19. Черкасов, Г. Н. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 30(1). – С. 5-8.
20. Шаповалова, Н. Н. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. А. Менькина // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – № 5(73). – С. 43-46.
21. Эффективность использования залежных земель под озимую пшеницу при различных технологиях возделывания на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, К. В. Шубина, Н. А. Минеева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1(8). – С. 17–21.
22. Эффективность применения разных технологий возделывания при выращивании зерновых культур на залежных почвах в условиях Волго-Вятского региона // В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, В. Л. Строкин, К. В. Шубина // Известия Оренбургской ГАУ. – 2020. – № 3(83). – С. 28-33.
23. Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies in the cultivation of spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas / L. M. Kozlova, F. A. Popov, E. N. Noskova, et al. // Collection of articles. Warsaw: Institute of technology and science Valenth.- 2018.-P. 67–74
24. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review [Electronic resource]/ edited by P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran: Molecules, 2016. Vol. 21. P. 1–17.

Сведения об авторах

1. **Шубина Ксения Вячеславовна**, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, Россия.
2. **Ивенин Валентин Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, Россия.
3. **Ивенин Алексей Валентинович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – отдел ФГБОУ ВО Нижегородский ГАУ; профессор кафедры земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, Россия.

4. **Богомолова Юлия Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – отдел ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ, 607686, Нижегородская область, Кстовский район, пос. Селекционной станции, ул. Центральная, 38, Россия.

5. **Петров Леонид Кириллович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – отдел ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ, 607686, Нижегородская область, Кстовский район, пос. Селекционной станции, ул. Центральная, 38, Россия.

6. **Голубев Сергей Михайлович**, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, Нижегородский государственный агротехнологический университет, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, Россия.

THE POSSIBILITIES OF USING RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN THE CULTIVATION OF GRAIN CROPS ON FALLOW GRAY FOREST SOILS IN THE CONDITIONS OF THE VOLGA-VYATKA REGION

K. V. Shubina, V. V. Ivenin, A. V. Ivenin, Yu. A. Bogomolova, L. K. Petrov, S. M. Golubev

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,

603107, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract. *The research was conducted in 2016-2019 in LLC Agrofirma Iskra Bogorodsky district of Nizhny Novgorod region. The paper shows the influence of various technologies for the development of fallow lands at different nutrition levels according to the background of cultivation of siderates and without them on individual elements of the fertility of gray forest soil and the level of grain yield with the calculation of the energy and economic efficiency of their application. It was revealed that, on average, over three years of observations, the yield of winter wheat on variants without mineral fertilizers, without the use of mustard steam, was 2.67 t/ha with traditional cultivation technology, 1.92 t/ha with Mini-till technology and 1.31 t/ha with No-till technology. When using white mustard as a sideral crop, the yield of winter wheat increased to 3.07, 2.21, 1.52 t/ha respectively, depending on the technologies studied. The yield of spring wheat on variants without mineral fertilizers for direct processing of deposits without the use of sideral culture was 1.86 t/ha with traditional technology, 1.76 t/ha with Mini-till technology and 1.32 t/ha with No-till technology, and for sideral mustard steam was 2.21, 1.96, 1.56 t/ha respectively. From an economic point of view, on the light gray forest soils of the Volga-Vyatka region, the cultivation of grain crops using siderates using resource-saving technologies Mini-till and No-till, where the profitability of cultivation is at the level of 22.7-55.4%, will be most expedient.*

Keywords: *No-till, Mini-till, traditional technology, soil biological activity, soil moisture, soil density, weed infestation, yield, energy and economic efficiency.*

References

1. Vliyanie tekhnologii vozdeleyvaniya zaleznyh zemel' na urozhajnost' i energeticheskuyu effektivnost' vyrashchivaniya zernovyh kul'tur v usloviyah yugo-vostoka Volgo-Vyatskogo / A. V. Ivenin, V. V. Ivenin, K. V. Shubina, A. P. Sakov // *Agrarnaya nauka.* – 2022. – № 7-8. – S. 121-125.
2. Vosproizvodstvo plodorodiya pochvy, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov / A. P. Karabutov, V. D. Solovichenko, V. V. Nikitin, E. V. Navol'neva // *Zemledelie.* – 2019. – № 2. – S. 3–7.
3. Gostev A. V. Usloviya formirovaniya zerna vysokogo kachestva v vysokoproduktivnyh resursoberegayushchih agrotekhnologiyah / A. V. Gostev // *Zemledelie.* – 2019. – № 6. – S. 16-20.
4. Dvurechenskij, V. I. Nulevye tekhnologii: povyshenie effektivnosti proizvodstva zerna i pochvennogo plodorodiya / V. I. Dvurechenskij // *Agro XXI.* – 2007. – № 1-3. – S. 19-22.
5. Dej S. Opyt Kanady: osobennosti pryamogo poseva / S. Dej // *Resursoberegayushchee zemledelie.* – 2012. – № 2(14). – S. 7-12.
6. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) / B. A. Dospekhov. – Moskva : Agropromizdat. – 2011. – 251 s.
7. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom hozyajstve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skih rabot dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti RF. – Kirov : NIISH Severo-Vostoka. – 2008. – 66 s.
8. Uluchshennaya resursoberegayushchaya tekhnologiya obrabotki pochvy i primeneniya biopreparatov pod yarovye zernovye kul'tury v usloviyah central'noj zony Severo-Vostoka evropejskoj chasti Rossii / L. M. Kozlova, F. A. Popov, E. N. Noskova, V. L. Ivanov // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* – 2017. – № 3(58). – S. 43-48.
9. Ushache, I. Sel'skohozyajstvennye ugodiya Rossii: sostoyanie, problemy i puti resheniya / I. Ushache, A. Yugaj // *APK: Ekonomika, upravlenie.* – 2008. – № 10. – S. 12-18.
10. Cherkasov, G. N. Sovremennyy podhod k sistemizatsii obrabotok pochvy v agrotekhnologiyah novogo pokoleniya / G. N. Cherkasov, I. G. Pyhtin, A. V. Gostev // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* – 2016. – № 30(1). – S. 5-8.

11. Shapovalova, N. N. Agrohimičeskoe sostoyanie i biologičeskaya aktivnost' pochvy v posledejstvii dlitel'nogo primeneniya mineral'nyh udobrenij / N. N. Shapovalova, E. A. Men'kina // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2018. – № 5(73). – S. 43-46.

12. Effektivnost' ispol'zovaniya zaleznyh zemel' pod ozimuyu pshenicu pri razlichnyh tekhnologiyah vozdelevaniya na svetlo-seryh lesnyh pochvah Volgo-Vyatskogo regiona / V. V. Ivenin, A. V. Ivenin, K. V. Shubina, N. A. Mineeva // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 1(8). – S. 17–21.

13. Effektivnost' primeneniya raznyh tekhnologij vozdelevaniya pri vyrashchivanii zernovyh kul'tur na zaleznyh pochvah v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona // V. V. Ivenin, A. V. Ivenin, V. L. Strokin, K. V. Shubina // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2020. – № 3(83). – S. 28-33.

14. Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies in the cultivation of spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas / L. M. Kozlova, F. A. Popov, E. N. Noskova, et al. // Collection of articles. Warsaw: Institute of technology and science Valenth.- 2018.-P. 67–74

15. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review [Electronic resource]/ edited by P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran: Molecules, 2016. Vol. 21. P. 1–17.

Information about authors

1. **Shubina Ksenia Vyacheslavovna**, postgraduate student of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, 97 Gagarin Ave., Russia.

2. **Ivenin Valentin Vasilyevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, 97 Gagarin Ave., Russia.

3. **Ivenin Alexey Valentinovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture – Department of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University; Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, 97 Gagarin Ave., Russia.

4. **Bogomolova Yulia Alexandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture – Department of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 607686, Nizhny Novgorod region, Kstovsky district, Selekcionnoj stancii village, Tsentralnaya str., 38, Russia.

5. **Petrov Leonid Kirillovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture – Department of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 607686, Nizhny Novgorod region, Kstovsky district, Selekcionnoj stancii village, Tsentralnaya str., 38, Russia.

6. **Golubev Sergey Mikhailovich**, postgraduate student of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, 97 Gagarin Ave., Russia.