

Научная статья
УДК 631.51:631.559
doi: 10.28983/asj.y2023i10pp66-73

Влияние различных технологий обработки почвы на плодородие почвы, засоренность и урожайность культур в севообороте

Вера Алексеевна Свирина, Виталий Геннадьевич Черногаев

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), Рязанская область, Рязанский район., п/о Подвязые, Россия
e-mail: svirina-vera@mail.ru

Аннотация. В результате исследований за третью ротацию севооборота (2008–2015 гг.), проведенных на базе ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в условиях Рязанской области, установлено влияние различных технологий обработки почвы на плодородие оподзоленного чернозема, засоренность посевов и продуктивность культур севооборота. Наименьшая численность сорняков наблюдалась на вариантах с комбинированными обработками – до 11,2–12,9 шт./м² на фоне применения гербицидов и 21,3–19,6 шт./м² на незащищенном фоне, что ниже по сравнению с контролем на 19,4–7,2 % в вариантах с защитой и на 28,3–34,0 % в вариантах без защиты. Также на этих вариантах наблюдалось снижение сырой массы сорняков – на 13,5–15,2 % на фоне с гербицидами соответственно, в то время как на фоне без защиты наблюдался рост сырой массы на 21,6–11,8 % соответственно. При плоскорезной обработке почвы отмечен рост засоренности посевов до 16,2 шт./м² с гербицидами и до 37,9 шт./м² на необработанном фоне, а также сырой массы сорняков до 110,4–108,2 г/м² соответственно. Максимальное количество усваиваемых форм нитратного азота наблюдается при применении глубоких комбинированных обработок: до 7,5–8,1 мг/кг почвы. Наибольшее повышение содержания гумуса в слое почвы 0–30 см отмечено по результатам применения 2-ярусной обработки почвы – до 3,99 %, что превышает исходное значение на 0,38 %. Наибольшая урожайность получена при использовании разноглубинных обработок – 5,19 т/га без защиты и 5,45–5,52 т/га с применением гербицидов. Максимальная продуктивность зерновых культур также получена на вариантах с комбинированными обработками и составляет на фоне без защиты 5,93 тыс. к.ед./га, на фоне химизации – 6,50 тыс. к.ед./га.

Ключевые слова: засоренность; способ обработки почвы; эффективное плодородие; урожайность; продуктивность.

Для цитирования: Свирина В. А., Черногаев В. Г. Влияние различных технологий обработки почвы на плодородие почвы, засоренность и урожайность культур в севообороте // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 66–73. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp66-73>.

AGRONOMY

Original article

The influence of various tillage technologies on soil fertility, weed infestation and crop productivity in crop rotation

Vera A. Svirina, Vitaly G. Chernogaev

Institute of Seed Production and Agrotechnology – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (ISA – a branch of the FGBNU FNAC VIM), Ryazan region, Ryazan district, p/o Podvazyze, Russia
e-mail: svirina-vera@mail.ru

Abstract. As a result of research for the third rotation of crop rotation (2008–2015), conducted on the basis of the ISA - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM in the conditions of the Ryazan region, the influence of various tillage technologies on the fertility of podzolized chernozem, weediness of crops and productivity of crop rotation crops was established. The smallest number of weeds was observed in the variants with combined treatments - up to 11.2-12.9 pcs/m² against the background of the use of herbicides and 21.3–19.6 pcs/m² against the unprotected background, which is lower compared to the control by 19.4–7.2 % in



variants with protection and by 28.3–34.0 % in variants without protection. Also in these variants, a decrease in the wet weight of weeds was observed – by 13.5–15.2 % against the background with herbicides, respectively, while against the background without protection, an increase in wet weight was observed by 21.6–11.8 %, respectively. With flat-cut tillage, an increase in weed infestation to 16.2 pcs/m² with herbicides and 37.9 pcs/m² on an untreated background, as well as a wet weight of weeds up to 110.4–108.2 g/m², respectively, was noted. The maximum amount of digestible forms of nitrate nitrogen is observed when using deep combined treatments up to 7.5–8.1 mg/kg of soil. The greatest increase in the content of humus in the soil layer of 0–30 cm was noted according to the results of the use of 2-tier tillage – up to 3.99 %, which exceeds the initial value by 0.38 %. The highest yield was obtained when using different-depth treatments – 5.19 t/ha without protection and 5.45–5.52 t/ha with the use of herbicides. The maximum productivity of grain crops was also obtained in variants with combined treatments and amounts to 5.93 thousand feed units/ha against the background without protection, and 6.50 thousand feed units/ha against the background of chemicalization.

Keywords: weed infestation; method of tillage; effective fertility; crop yield; productivity.

For citation: Svirina V. A., Chernogaev V. G. The influence of various tillage technologies on soil fertility, weed infestation and crop productivity in crop rotation // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(10):66–73. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp66-73>.

Введение. Возросший уровень сельскохозяйственного производства, химизации, внедрение новой техники открыли новые возможности для поиска и разработки новых технологий воспроизводства плодородия почвы, что предусматривает дальнейшее совершенствование технологии обработки почвы с разным уровнем плодородия, засоренности, набора возделываемых культур в севооборотах [4].

Повышение эффективности использования систем природоохранного земледелия стало результатом совокупного эффекта повышения продуктивности земель (на 25 %) и снижения энергозатрат за счет меньшего количества электроэнергии и необходимых удобрений [6]. Оптимальная технология способствует росту и развитию культурных растений, предупреждает засоренность, обеспечивает равномерное распределение и заделку растительных остатков [9].

Поиск путей совершенствования технологий земледелия направлен на разработку прогрессивных ресурсосберегающих способов, приемов и систем обработки для защиты почвы от эрозии, повышения эффективности плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. Основная обработка почвы – один из ключевых агротехнических факторов, воздействующих на эти условия.

На малогумусных почвах невозможно получить стабильно высокие урожаи возделываемых культур, поэтому важно сохранить почвенное плодородие при интенсивном ведении сельскохозяйственного производства [8]. Известно, что урожайность культур может меняться в зависимости от способа основной обработки почвы, а также от внесения минеральных и бактериальных удобрений [3].

Одно из важных направлений экологизации земледелия связано с минимизацией воздействия на почву и применением различных сочетаний глубоких, мелких, отвальных, ярусных, безотвальных и других приемов обработки почвы [7]. В системе мероприятий по окультуриванию почв Нечерноземной зоны при обработке многолетних трав и заделке навоза получила распространение двухъярусная вспашка [4].

В технологии возделывания любой культуры обработка почвы является наиболее энергоемким и затратным агротехническим приемом, на долю которой приходится до 40 % всех затрат [2]. В условиях различных форм землепользования и резкого удорожания гербицидов обработка почвы остается основным способом борьбы с сорняками. Сорные растения в значительной степени влияют на баланс элементов питания в почве.

Известно, что обеспеченность доступными формами питательных элементов зависит от содержания в почве органического вещества, а также уровня применения удобрений [2]. Внесение в почву растительной биомассы в виде соломы, пожнивного сидерата, позволяет увеличить положительный баланс гумуса, улучшить агрохимические свойства почвы, её биологическую активность [1].

Однако степень адаптивности различных технологий обработки почвы к конкретным зональным особенностям и агрохимическим характеристикам, в том числе трансформации форм азотного питания, требует глубокого изучения [7].





Объективную оценку влияния технологии обработки при длительном применении на питательный режим почвы можно сделать по результатам наблюдений в условиях многолетнего стационарного опыта путем изучения физико-химических процессов в пахотном профиле, их почвозащитной и фитосанитарной роли [5].

Цель исследований – выявить влияние различных технологий обработки почвы на засоренность посевов, эффективное плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте.

Новизна работы заключается в том, что впервые на оподзоленном черноземе в условиях Рязанской области дана оценка фитосанитарного состояния по отдельным культурам в звене севооборота, изучены показатели питательного режима почвы под влиянием различных технологий обработки почвы.

Методика исследований. Изучение влияния технологий обработки почвы на засоренность посевов, плодородие почвы и урожайность культур в севообороте проходило в стационарном двухфакторном опыте, заложенном в 1992 г., на примере третьей ротации (2008–2015 гг.). В качестве фактора А была принята система химической защиты растений, в качестве фактора В – технологии обработки почвы. Способы основной обработки почвы и структура восьмипольного севооборота представлены в табл. 1.

Таблица 1

Схема опыта

Культуры севооборота	Системы обработки почвы				
	Вариант 1*. Отвальная	Вариант 2. Минимальная Л-16, ЧП-2,5 – 27 см	Комбинированная		Вариант 5. Плоскорезная Д-10+П-20
			Вариант 3. В-27 + ЧП-2,5 – 30 см	Вариант 4. В-30 – двухъярусный плуг	
Вико-овес	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Л-16
Кукуруза	В-20	Л-16 + ЧП-2,5 – 27 см	В-27 + ЧП-2,5 – 30 см	В-30 двухъяру- сный плуг	Д-10 + П-20
Ячмень + многолетние травы	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Д-10 + П-20
Многолетние травы 1-го г.п.	–	–	–	–	–
Многолетние травы 2-го г.п.	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	В-20	Л-16 + ПЧ-2,5 – 27 см	В-27 + ПЧ-2,5 – 30 см	В-30 двухъяру- сный плуг	Л-16
Яровой ячмень	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Д-10 + П-20

*Вариант 1. Отвальная система обработки почвы – вспашка на 20 см выполнялась плугом ПЛН-3-35 под все культуры севооборота.

Вариант 2. Минимальная с сочетанием отвального лущения на 16 см и дополненная два раза за ротацию севооборота (под кукурузу) и после уборки многолетних трав 2-го года пользования обработкой чизелем ЧП-2,5 на 27 см.

Вариант 3. Комбинированная система – периодическая глубокая вспашка на 20 см, с дополнительным рыхлением чизелем ЧП-2,5 до 30 см (два раза за ротацию севооборота под кукурузу и после уборки многолетних трав 2-го года пользования).

Вариант 4. Комбинированная система – вспашка на глубину 30 см двухъярусным плугом ПЯ-3-35.

Вариант 5. Плоскорезная обработка на 20 см (4 раза за ротацию севооборота) с предварительным дискованием БДТ на 10 см и КППГ-2,2 (Д-10+П-20).

Объектом изучения на оподзоленном черноземе были 5 почвозащитных технологий обработки почвы, система гербицидов, 8 культур севооборота.

Плодородие исходной почвы в слое 0–30 см: содержание гумуса – 3,66 %, подвижного фосфора – 157 мг/кг почвы, обменного калия – 124 мг/кг почвы, нитратного азота – 4,0 мг/кг почвы, общего азота – 0,206 %, рН_{сол.} – 6,0, Н_г – 1,64 мг-экв /100 г почвы.

Содержание гумуса определяли по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), обменного калия – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), содержание в почве нитратного азота (N-NO₃) проводили ионометрическим методом, общего азота – по Къельдалю (ГОСТ 26951), рН солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26212-91), Н_г – по Каппену (ГОСТ 26212-91).

Повторность в опыте – 4-кратная. Размещение вариантов по главным делянкам – рендомизированное. Учетная площадь делянок – 150 м². Учет урожайности культур осуществляли сплошным методом. Уборку зерновых культур проводили специализированным комбайном «САМПО-130» с измельчением соломы. Обработку результатов исследований осуществляли по Б.А. Доспехову (1985 г.). Технология возделываемых культур – общепринятая для зоны.

Минеральные удобрения (NPK)₉₀ вносили под зерновые культуры и кукурузу осенью под основную обработку почвы в виде нитрофоски (16:16:16). Навоз в севообороте вносили в количестве 50,0 т/га под кукурузу и 30 т/га под озимую пшеницу (7-я культура севооборота). Всего за ротацию в среднем поступало по 67,5 кг д.в.

В опыте на ½ площади вариантов против двудольных и злаковых сорняков использовали баковые смеси гербицидов в фазе кущения озимой пшеницы: Балерина супер – 0,4 л/га + Мортира – 20 г/га + инсектицид Борей – 100 г/га. На ячмене применяли гербицид Гербитокс в дозе 1,2 л/га. На кукурузе в фазу 3–5 листьев Балерина супер 0,3–0,4 л/га. На многолетних травах гербициды не применяли.

Учеты сорной растительности проводили после опрыскивания количественным методом и до уборки количественно-весовым методом в фазу начало восковой спелости.

Гидротермические условия в третьей ротации 2008–2015 гг. существенно варьировали в течение вегетационных периодов по температурному режиму и количеству выпавших осадков при среднемноголетнем значении ГТК = 0,69. Очень засушливыми условиями характеризовались 2008–2009–2010–2011 гг. (ГТК = 0,53–0,60–0,46–0,30); также засушливым был 2013 г. (ГТК = 0,72). Наиболее благоприятные условия вегетационного периода сложились в 2012–2014–2015 гг., гидротермический коэффициент (по Селянинову) в эти годы составил 1,12; 1,1; 1,07 соответственно.

Результаты исследований. Известно, что засоренность оказывает большое влияние на развитие сельскохозяйственных культур. Снизить отрицательное воздействие сорных видов можно с помощью различных агроприемов, в том числе применения в севообороте гербицидов.

Проведенные исследования показали, что изучаемые технологии обработки почвы по-разному влияли на засоренность культур севооборота. При количественно-весовом методе учета выявлена следующая засоренность (табл. 2).

Таблица 2

Засоренность посевов (среднее за третью ротацию)

Виды сорняков	Системы защиты	Система обработки почвы								
		1. В-20 см (контроль)	2. Л-16+ ЧП-2,5 на 27 см	3. В-27+ЧП-2,5 на 27 см		4. Вспашка – 30 см с 2-ярусным плугом	5. Д-10+ П-20			
Малолетники, шт./м ²	–	16,0	30,1	15,3		13,9		16,9		
	Защита	9,6	5,6	6,2		8,7		9,2		
НСР ₀₅ A = 0,32, НСР ₀₅ A = 0,51										
Многолетники, шт./м ²	–	13,7	7,7	6,0		5,7		19,1		
	Защита	4,3	6,7	4,0		5,7		7,0		
НСР ₀₅ A = 0,32, НСР ₀₅ A = 0,54										
Всего*	–	<u>29,7</u>	<u>37,0</u>	(+24,6)	<u>21,3</u>	(–28,3)	<u>19,6</u>	(–34,0)	<u>37,9</u>	(+27,6)
		90,4	122	(+35,0)	109,9	(+21,6)	101,1	(+11,8)	110,4	(+22,1)
	Защита	<u>13,9</u>	<u>14,8</u>	(+6,5)	<u>11,2</u>	(–19,4)	<u>12,9</u>	(–7,2)	<u>16,2</u>	(+16,5)
		75,0	99,0	(+32,0)	64,9	(–13,5)	63,6	(–15,2)	108,2	(+44,3)

* В графе всего: в числителе – число сорняков, шт./м²; в знаменателе – их сырая масса, г/см²; в скобках – ± % к контролю.

За все годы проведения исследований выявлено, что посеы были засорены как однолетними, так и многолетними корнеотпрысковыми сорняками. Преобладающие сорняки в посевах сельскохозяйственных культур из малолетников: марь белая, ромашка непахучая, щирица запрокинутая, редька дикая. Многолетники представлены осотом и бодяком полевым.



Результаты многолетнего полевого опыта показали, что наибольшее положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов оказывают комбинированные вспашки, которые по эффективности превосходят как отвальные, так и минимальные способы обработки почвы.

Общее число сорных растений по вспашке 20 см (контроль) на варианте без средств химизации составляло 29,7 и 13,9 шт./м² с применением средств защиты растений.

Численность сорняков по комбинированным обработкам (3-й и 4-й варианты) уменьшалась на фоне применения гербицидов до 11,2–12,9 шт./м² против 21,3–19,6 шт./м² на незащищенном от сорняков фоне, что ниже по сравнению с контролем на 19,4–7,2 % на вариантах с защитой и на 28,3–34,0 % на вариантах без защиты. Примечательно, что только на 3-м и 4-м вариантах с защитой наблюдалось снижение сырой массы сорняков на 13,5–15,2 % соответственно.

Наибольшая засоренность отмечена при плоскорезной и минимальной обработках (варианты 2 и 5), где увеличение числа сорняков по сравнению с контролем наблюдается даже при применении гербицидов. Рост числа сорняков составил до 16,2 шт./м² на фоне с гербицидами и 37,9 шт./м² на необработанном фоне, их сырой фитомассы – до 110,4–108,2 г/м² соответственно. При этом усиление засоренности наблюдалось не только в первые годы применения технологий обработки почвы, но и в течение всего периода исследований.

Максимальное число сорняков было выявлено на варианте 5 на фоне без гербицидов – 37,9 шт./м², что превосходит контрольный вариант на 27,6 %. На фоне с защитой этот показатель составил 16,2 шт./м² (+16,5 % к контролю), при этом количество фитомассы сорняков – 108,2 г/см² – превысило контрольный вариант на 44,3 %. В абсолютном отношении наибольшая сырая масса сорных растений наблюдалась на варианте 2 на фоне без защиты – 122 г/см² (+35,0 % к контролю).

Следует отметить, что при значительной засоренности вариантов опыта многолетними двудольными сорняками (5,7–19,1 шт./м²) на варианте с применением гербицидов их количество было меньше и составляло 4,3–7,0 шт./м².

Известно, что для большинства культур ведущим элементом питания является азот. Биологическая продуктивность в значительной мере зависит от обеспеченности почв усваиваемыми формами азота и, прежде всего, наиболее доступного для растений нитратного азота, расположенного в зоне корневой системы.

Из всех изучаемых вариантов наименьшие показатели содержания нитратного азота в профиле почвы (4,49 мг/кг почвы) наблюдались по плоскорезной обработке (табл. 3). При минимальной и отвальной технологиях обработки почвы уровень азотного режима был одинаковым – 5,8 мг/кг почвы.

Таблица 3

Влияние различных технологий обработки почвы на содержание нитратного (N-NO₃) азота в слое почвы 0–30 см, мг/кг почвы

Ротация	Система обработки почвы					НСП ₀₅
	1. В-20 см (контроль)	2. Л-16+ЧП-2,5 на 27 см	Комбинированная		5. Д-10+П-20	
3. В-27+ЧП-2,5 на 27 см			4. Вспашка – 30 см с 2-ярусным плугом			
Исходный (1992 г.)	4,9	5,2	6,1	7,1	4,0	0,31
III ротация (2008–2015 гг.)	5,8	5,8	7,53	8,6	4,49	0,13
± к исх.	+0,9	+0,6	+1,43	+1,5	+0,49	–

При комбинированных обработках (варианты 3 и 4) обобщенные показатели содержания нитратного азота в слое почвы 0–30 см за три ротации находились в диапазоне 7,53–8,6 мг/кг почвы; прибавка к исходному значению составила 1,43–1,5 мг/кг почвы соответственно.

В рамках исследований была определена динамика гумуса в слое почвы 0–30 при различных системах обработки почвы (табл. 4).

После трех ротаций наименьшее содержание гумуса отмечено в варианте с системой ми-



нимальной обработки почвы – 3,80 %, показывая наименьшую прибавку к исходному значению – 0,12 %, наибольшее – по последствию глубоких комбинированных обработок (варианты 3 и 4) является более высокое содержание гумуса в почве по 2-ярусной обработке – 3,99 %, что на 0,38 % больше исходного значения; чуть меньшее значение получено на варианте с глубокой вспашкой и чизелеванием – 3,98 % (превышение исходного значения на 0,36 %).

Таблица 4

Влияние различных технологий обработки почвы на содержание общего гумуса в почве (слой 0–30 см), %

Ротация	Системы обработки почвы					НСП ₀₅
	1. В-20 см (контроль)	2. Л-16 + ЧП-2,5 на 27 см	Комбинированная		5. Д-10+ П-20	
			3. В-27+ЧП-2,5 на 27 см	4. Вспашка – 30 см с 2-ярусным плугом		
Исходный (1992 г.)	3,60	3,68	3,62	3,61	3,66	0,05
III ротация (2008–2015 гг.)	3,87	3,80	3,98	3,99	3,87	0,085
± к исх.	+0,17	+ 0,12	+0,36	+0,38	+0,21	–

Вспашка на 20 см (контрольный вариант) и плоскорезная обработка показывают идентичные результаты – содержание гумуса к концу третьей ротации на обоих вариантах достигает 3,87 %, прибавка к исходному значению составляет 0,17 и 0,21 % соответственно (см. табл. 4).

Известно, что урожай является итоговым показателем влияния всех формирующих его природных и технологических факторов (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность сельскохозяйственных культур, т/га (2008–2015 гг.)

Культура	Защита	Система обработки почвы					НСП ₀₅
		1. В-20 см (контроль)	2. Л-16 + ЧП-2,5 на 27 см	3. В-27 + ЧП-2,5 на 27 см	4. Вспашка – 30 см с 2-ярусным плугом	5. Д-10 + П-20	
Вико-овес	–	21,7	20,0	22,0	21,7	18,0	1,048
	Защита	21,7	19,8	21,8	21,7	19,5	1,656
Озимая пшеница	–	3,64	4,69	4,89	5,19	4,37	0,043
	Защита	3,73	4,76	5,17	5,36	4,59	0,058
Кукуруза	–	41,1	42,3	44,2	45,3	41,0	0,186
	Защита	44,7	45,1	47,4	48,5	44,5	0,294
Ячмень + клевер	–	4,52	4,38	5,25	5,22	4,82	0,028
	Защита	5,01	5,35	5,75	5,72	5,35	0,044
Многолетние травы 1-го г.п.	–	32,1	37,7	38,0	40,4	34,2	0,329
	Защита	32,2	37,9	38,4	38,2	36,7	0,521
Многолетние травы 2-го г.п.	–	29,8	36,6	40,3	40,1	38,2	0,48
	Защита	30,6	37,6	38,4	38,2	38,7	0,63
Озимая пшеница	–	4,53	4,51	4,96	5,16	4,37	0,047
	Защита	4,90	4,69	5,17	5,36	4,45	0,074
Ячмень яровой	–	5,05	5,25	5,68	5,21	5,04	0,058
	Защита	5,24	5,50	5,70	5,65	5,34	0,091
В среднем по зерновым культурам	–	4,79	4,70	5,19	5,19	4,65	0,113
	Защита	5,13	5,07	5,45	5,52	4,93	0,142

Наибольшая урожайность получена при использовании разноглубинных обработок (3-й и 4-й варианты) – 5,19 т/га без защиты и 5,45–5,52 т/га с применением гербицидов (см. табл. 5).

Использование комплексного подхода – применение переменной разноглубинной отвальной обработки почвы с внесением средств химизации – положительно сказалось на продуктивности большинства культур в севообороте.

Наибольшая продуктивность озимой пшеницы в севообороте в варианте с 2-ярусным плугом составила без применения защиты 5,50 тыс. к.ед./га, с защитой – 5,68 тыс. к.ед./га. Продуктивность ячменя увеличилась при последствии глубоких комбинированных вспашек



(варианты 3 и 4) и составила 5,93 тыс. к.ед./га без гербицидов и 6,50 тыс. к.ед./га с гербицидами (табл. 6).

Таблица 6

Продуктивность сельскохозяйственных культур, тыс. к.ед./га (2008–2015 гг.)

Культура	Защита	Система обработки почвы					НСР ₀₅
		1. В-20 см (контроль)	2. Л-16 + ЧП-2,5 на 27 см	3. В-27 + ЧП-2,5 на 27 см	4. Вспашка – 30 см с 2-ярусным плугом	5. Д-10+П-20	
Вико-овес	–	3,91	3,60	3,96	3,91	3,24	0,19
	Защита	3,91	3,56	3,92	3,91	3,51	0,30
Озимая пшеница	–	3,86	4,97	5,18	5,50	4,63	0,58
	Защита	3,95	5,05	5,48	5,68	4,87	0,54
Кукуруза	–	55,07	56,68	59,23	60,70	54,94	2,57
	Защита	59,90	60,43	63,52	64,99	59,63	0,39
Ячмень+ клевер	–	5,11	4,95	5,93	5,90	5,45	0,33
	Защита	5,66	6,05	6,50	6,46	6,05	0,58
Многолетние травы 1 г.п.	–	7,06	8,29	8,36	8,89	7,52	0,72
	Защита	7,08	8,34	8,45	8,40	8,07	1,15
Многолетние травы 2 г.п.	–	6,56 ³	8,05	8,87	8,82	8,40	0,64
	Защита	6,73	8,27	8,45	8,40	8,51	0,76
Озимая пшеница	–	4,80	4,78	5,26	5,47	4,63	0,55
	Защита	5,19	4,97	5,48	5,68	4,72	0,82
Ячмень яровой	–	5,71	5,93	6,42	5,89	5,70	0,67
	Защита	5,92	6,22	6,44	6,38	6,03	1,03
В среднем по зерновым культурам	–	14,91	15,46	16,40	16,69	15,07	1,95
	Защита	16,13	16,54	17,48	17,84	16,26	1,62

В среднем по зерновым культурам наибольшая продуктивность получена на варианте 4: на фоне без защиты – 16,69 тыс. к.ед./га, на фоне химизации – 17,84 тыс. к.ед./га.

Использование обработки без оборота пласта (плоскорезная технология) привело к снижению сбора продукции до 15,07 тыс. к.ед./га без защиты 16,26 тыс. к.ед./га и с защитой соответственно, что обусловлено более высокой засоренностью.

На вариантах с отвальной и минимальной обработками показатель продуктивности практически одинаковый и составил без защиты 14,91 и 15,07·10 тыс. к.ед./га, с защитой – 16,13 тыс. и 16,26 тыс. к.ед./га соответственно (см. табл. 6).

Энергетическая эффективность (биоэнергетический КПД) определяется отношением количества энергии, накопленной в урожае, к энергетическим затратам при внесении удобрений и системах обработки почвы.

Наибольший коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) установлен при возделывании культур на оподзоленном черноземе на вариантах 3 и 4: 4,31–4,40 ед. без защиты и 4,39–4,38 ед. с применением средств химизации, превышая результат, полученный при традиционной обработке на 9,5–10,0 % и 10,8–13,6 %.

Заключение. Результаты исследований, полученные в третьей ротации севооборота (2008–2015 гг.), показывают, что общее количество сорняков и их биомасса в значительной степени зависели от способа обработки почвы. Наименьшая засоренность отмечена при разноглубинных обработках – варианты 3 и 4, в то время как плоскорезная, минимальная и отвальная обработки ведут к возрастанию числа сорняков и их биомассы.

Под влиянием комбинированных обработок происходит более интенсивное окультуривание почвы в слое 0–30 см, что приводит к увеличению содержания гумуса до 3,88–3,89 %.

Наименьшие показатели содержания азота в профиле почвы (4,5 мг/кг почвы) наблюдались в варианте с плоскорезной обработкой.

Установлена сравнительно высокая эффективность действия комбинированных обработок на содержание минерального азота в слое почвы 0–30 см – 7,53–8,6 мг/кг почвы; прибавка к исходному значению составила 1,43–1,45 мг/кг почвы соответственно.



Наибольшая продуктивность озимой пшеницы в севообороте в варианте с 2-ярусным плугом составила без защиты 5,50 тыс. к.ед./га, с защитой растений – 5,68 тыс. к.ед./га. Продуктивность ячменя выше при комбинированной обработке (варианты 3 и 4) и составляет 5,93 тыс. к.ед./га без гербицидов и 6,50 тыс. к.ед./га с гербицидами.

Наибольшая экономическая эффективность наблюдается при использовании систем комбинированной обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота // *Плодородие*. 2019. № 5(110). С. 41–45. DOI 10.25680/S19948603.2019.110.12. – EDN WGYZER.
2. Гладышева О. В., Свирина В. А., Артюхова О. А. Влияние разных по интенсивности приемов основной обработки оподзоленного чернозема на состояние плодородия и продуктивность культур // *Аграрная наука*. 2020. № 7–8. С. 99–102. DOI 10.32634/0869-8155-2020-340-7-99-102. – EDN ILXNQE.
3. Денисов К. Е., Поletaев И. С., Гераскина А. А. Влияние различных схем питания на урожайность яровой твердой пшеницы при разных способах основной обработки почвы // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 5. С. 10–12. DOI 10.28983/asj.y2022i5pp10-12. – EDN AZILRK.
4. Мазиров М. А., Матюк М. С., Мазиров И. М. Перспективы внедрения ресурсосберегающих технологий в земледелии России // *Владимирский земледелец*. 2011. № 2. С. 34–37. – EDN OGYPCX.
5. Митрофанов Д. В. Зависимость урожайности зерна мягкой пшеницы от неустойчивого увлажнения почвы // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 1. С. 28–33.
6. Особенности применения ресурсосберегающих технологий сельского хозяйства / У. Ч. Юсубова [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 7. С. 56–58. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp56-58. – EDN NKGTV.
7. Пестряков А. М. Действие приемов основной обработки оподзоленного чернозема на содержание в почве разных форм азота // *Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях: материалы науч. конф. М.: ВНИИА, 2013. С. 148–150.*
8. Рабинович Г. Ю., Трешкин И. А. Влияние органических компостов на продуктивность звена севооборота и их окупаемость прибавкой урожая // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021. № 3. С. 61–65. DOI 10.30850/vrsn/2021/3/61-65. – EDN NYPRMY.
9. Шевченко В. А., Соловьев А. М., Бубер А. Л. Влияние приемов обработки почвы на агрофизические показатели плодородия при возделывании ячменя на мелиорированных землях Верхневолжья // *Плодородие*. 2018. № 4(103). С. 40–43. EDN YCMYQX.

REFERENCES

1. Akhmetzyanov M.R., Talanov I.P. The influence of methods of basic soil cultivation and plant biomass on the productivity of crops in the crop rotation. *Soil Fertility*. 2019; 5(110): 41–45. DOI 10.25680/S19948603.2019.110.12. – EDN WGYZER. (In Russ.)
2. Gladysheva O. V., Svirina V. A., Artyukhova O. A. The influence of different intensity methods of the main processing of podzolized chernozem on the state of fertility and productivity of crops. *Agricultural Science*. 2020; 7-8: 99–102. DOI 10.32634/0869-8155-2020-340-7-99-102. EDN ILXNQE. (In Russ.)
3. Denisov K. E., Poletaev I. S., Geraskina A. A. The influence of different nutritional schemes on the yield of spring durum wheat with different methods of basic soil cultivation. *The agrarian scientific journal*. 2022; 5: 10–12. DOI 10.28983/asj.y2022i5pp10-12. EDN AZILRK. (In Russ.)
4. Mazirov M. A., Matyuk M. S., Mazirov I. M. Prospects for the introduction of resource-saving technologies in Russian agriculture. *Vladimir Farmer*. 2011; 2: 34–37. EDN OGYPCX. (In Russ.)
5. Mitrofanov D.V. Dependence of grain yield of soft wheat on unstable soil moisture. *The agrarian scientific journal*. 2023; 1: 28–33. (In Russ.)
6. Features of the application of resource-saving technologies in agriculture / U. Ch. Yusubova et al. *The agrarian scientific journal*. 2022; 7: 56–58. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp56-58. EDN NKGTV. (In Russ.)
7. Pestryakov A.M. Effect of methods of basic processing of podzolized chernozem on the content of different forms of nitrogen in the soil. *Prospects for the use of chemical agents in resource-saving technologies: scientific materials. conf. Moscow: VNIIA, 2013: 148–150.* (In Russ.)
8. Rabinovich G. Yu., Treshkin I. A. The influence of organic composts on the productivity of the crop rotation link and their payback in increased yield. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2021; 3: 61-65. DOI 10.30850/vrsn/2021/3/61-65. – EDN NYPRMY. (In Russ.)
9. Shevchenko V. A., Solovyov A. M., Buber A. L. The influence of soil cultivation techniques on agrophysical indicators of fertility when cultivating barley on reclaimed lands of the Upper Volga region. *Soil Fertility*. 2018; 4(103): 40–43. EDN YCMYQX. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 3.02.2023; одобрена после рецензирования 3.04.2023; принята к публикации 15.04.2023.
The article was submitted 3.02.2023; approved after reviewing 3.04.2023; accepted for publication 15.04.2023.

