

Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99
УДК 631.86: 631.894:631.51: 634.0.114

Научная статья / Research article

Влияние способа заделки органического удобрения на плодородие серой лесной почвы, урожайность и качество продукции

И.Г. Мельцаев*, С.Т. Эседуллаев

Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства —
филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»,
с. Богородское, Ивановская обл., Российская Федерация
*ivniicx@mail.ru

Аннотация. Изложены результаты многолетних полевых опытов по углублению пахотного горизонта серой лесной среднесуглинистой почвы для повышения ее плодородия путем внесения органического удобрения под ярусный плуг ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см. Установлено, что слабая минерализация органического удобрения при ярусной обработке в условиях дефицита кислорода способствует накоплению гумуса в почве на 6,6 т/га больше, чем при обычной вспашке, и на 7,5 т/га — чем при дисковании, улучшению водно-физических и биологических свойств почвы: увеличивает количество водопрочных агрегатов на 4,6 и 5,3 %, снижает плотность почвы на 0,03 и 0,04 г/см³, увеличивает количество дождевых червей на 3...6 особей, обеспечивает расширенное воспроизводство плодородия, повышает продуктивность пашни на 7,0 и 6,7 % и качество продукции, чем при обычной вспашке и дисковании соответственно. При глубокой заделке удлиняется срок действия органического удобрения до 5 лет, тогда как при обычной вспашке и дисковании этот процесс длится всего 2...3 года, что не выгодно экономически и экологически, поскольку при частом внесении затрачивается много топлива, а в окружающую среду сбрасывается большое количество вредных химических соединений, содержащихся в продуктах сгорания.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, глубокая ярусная обработка, плодородие, агрохимические свойства, агрофизические свойства, урожай, качество продукции

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи:

Поступила в редакцию: 6 мая 2020 г. Принята к публикации: 25 февраля 2021 г.

© Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Для цитирования:

Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т. Влияние способа заделки органического удобрения на плодородие серой лесной почвы, урожайность и качество продукции // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 86—99. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99

Influence of manure application method on gray forest soil fertility, crop yield and quality

Ivan G. Meltsaev*, Sabir T. Esedullaev

Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, *Ivanovo Region, Russian Federation*

*Corresponding author: ivniicx@mail.ru

Abstract. The article presents the results of field experiments on deepening the arable horizon of gray forest medium loamy soil to increase its fertility through applying organic fertilizer under PY-3-35 layer plow to a depth of 25...27 cm. Low mineralization of organic fertilizer during layer cultivation under oxygen deficiency conditions contributed to accumulation of humus in soil by 6.6 t/ha more than during conventional plowing, and by 7.5 t/ha — than during disking. It also improved water-physical and biological properties of soil: number of water-resistant aggregates increased by 4.6 and 5.3 %, soil density lowered by 0.03 and 0.04 g/cm³, number of earthworms increased by 3...6 individuals, expanded reproduction of fertility was provided, productivity of arable land increased by 7.0 and 6.7 % and crop quality increased compared to conventional plowing and disking, respectively. Deep manure incorporation extended life of organic fertilizer up to 5 years, while after conventional plowing and disking this process lasted only 2...3 years. It is not economically and environmentally beneficial, since frequent application requires a lot of fuel, and a large amount of harmful chemical compounds contained in combustion products is dumped into the environment.

Keywords: fertilizers, crop rotation, deep layer tillage, fertility, agrochemical characteristics, agrophysical characteristics, yield, product quality

Conflicts of interest. The authors declared that they have no conflict of interest.

Article history:

Received: 6 May 2020. Accepted: 25 February 2021

For citation:

Meltsaev IG, Esedullaev ST. Influence of manure application method on gray forest soil fertility, crop yield and quality. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):86—99. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99

Введение

Освоение современных систем земледелия предполагает воспроизводство и повышение плодородия почвы [1—4].

Плодородная почва отличается от неплодородной активностью и интенсивностью происходящих в ней биологических процессов. Плодородие — динамичный, изменчивый показатель, требующий постоянного его поддержания на необходимом уровне [5, 6]. Внесение небольших доз органических удобрений

ний и частые механические обработки приводят к быстрому его разложению и накоплению нитратного азота, который очень подвижен в почве и часто вымывается из пахотного слоя, что экономически не выгодно и экологически небезопасно.

Потери органического вещества почвы и элементов минерального питания можно компенсировать внесением органических, минеральных [7, 8] и сидеральных удобрений [9, 10]. Использование сидеральных удобрений ограничено из-за преимущественного применения растительной массы некоторых растений в качестве корма для с/х животных. По данным САС «Ивановская» для бездефицитного баланса гумуса на легкосуглинистых дерново-подзолистых и серых лесных почвах необходимо вносить 10...12 т/га, на среднесуглинистых — 8...10 т/га навоза хорошего качества [11, 12].

По сведениям В.Н. Кудеярова в настоящее время в среднем на 1 га пашни вносится не более 1,0 т/га органических удобрений. Вынос макроэлементов компенсируется на 7...28 %, а с учетом органических удобрений — на 14...34 %. Ежегодное отрицательное сальдо баланса азота составляет 34...50 кг/га, фосфора — 9...16, калия — 38...64 кг/га. За последние два десятилетия почвы недополучили 845 кг/га азота, 260 кг/га фосфора и 990 кг/га калия [13].

Из-за увеличения площадей кислых почв в Нечерноземной зоне недобор урожая составляет 8...10 млн т, в целом по РФ — 16...18 млн т в пересчете на зерно, а в перспективе может достигнуть 20...22 млн т, при этом ухудшается качество продукции [14].

По данным Г.Н. Ненайденко отрицательный баланс главных элементов питания в почвах Ивановской и Владимирской областей составляет более 110 кг/га в д.в. [11, 12]. По расчетам А.А. Завалина, Г.Г. Благовещенской, за прошедшие 5 лет в земледелии России с удобрениями внесено 9,96 млн т питательных веществ, а с урожаем культур вынесено 45 млн т. Большая часть урожая формируется за счет мобилизации почвенного плодородия без компенсации выносимых элементов питания [15].

Экспериментами многих исследователей убедительно доказано преимущество глубокой ярусной заделки органических удобрений, при которой происходит углубление пахотного слоя, препятствующее вымыванию питательных веществ и его уплотнению, а также повышается коэффициент их использования. Глубокая ярусная вспашка с заделкой внесенного органического удобрения создает обратно гетерогенное по плодородию строение пахотного слоя почвы [16]. Для формирования этого слоя используются ярусные плуги, с помощью которых производят периодическое, раз в 4-5 лет, оборачивание пахотного горизонта в сочетании с мелким поверхностными обработками.

Цель исследования — изучить влияние глубокой ярусной заделки органического удобрения в 9-польном севообороте на плодородие серой лесной почвы и продуктивность севооборота.

Материалы и методы исследования

Полевой опыт закладывали в СПК «Племзавод им. Дзержинского» Гаврилово-Посадского района Ивановской области. Схема опыта включала заделку 100 т/га подстилочного навоза под ярусный плуг ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см, обычный плуг ПН-4-35 — на 20...22 см и дисковую борону БДТ-3 — на 15...18 см.

Опыт заложен в четырехкратной повторности в 9-польном севообороте на серой лесной среднесуглинистой почве, мощность пахотного слоя которого 21...22 см. Площадь опытной делянки 120 м². Кроме навоза вносили N₆₀P₆₀K₆₀ кг/га д.в. Содержание в пахотном слое гумуса составило 2,78...2,82 %, нитратного азота N–NO₃ — 15,4...16,9 мг/кг почвы, P₂O₅ и K₂O — 151...159 и 141...154 мг/кг почвы соответственно. Обменная кислотность рН_{KCl} — 5,9...6,1, гидролитическая Н_T — 2,43...2,32 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований — 18,3...18,9 мг-экв/100 г почвы. Опыты проводили, используя общепринятые методики¹.

Метеоусловия в годы исследований складывались по-разному. Так гидро-термический коэффициент Селянинова (ГТК) за вегетацию в 2008 г. составил 1,78, 2010 г. — 1,9, 2014 г. — 1,79, что соответствует влажному вегетационному периоду, в 2009 г. значения ГТК составили 0,93 — недостаточно увлажненный при норме 1,4. Оптимально увлажненными были годы 2011 г. — 1,47, 2012 г. — 1,12 и 2017 г. — 1,33. Как очень влажный характеризовался 2013 г. — ГТК составил 2,57, засушливыми оказались 2015 и 2016 гг., когда ГТК не превышал 0,75 и 0,72. Следовательно, в большинстве лет погода в периоды вегетации растений оказалась контрастной, что не совсем благоприятно сказалось на росте и развитии культур.

Результаты исследования и обсуждение

Изменение плодородия почвы по разным способам заделки подстилочного навоза происходило неодинаково. При всех способах внесения навоза отмечается положительный баланс гумуса и элементов минерального питания растений, за исключением содержания магния, дефицит которого в среднем по способам обработки составил 65,7 кг/га (табл. 1).

¹ ГОСТ 26213—91. Почвы. Методы определения органического вещества. М., 1991. 6 с.

ГОСТ 26951—86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М., 1986. 8 с.

ГОСТ 54650—2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М., 2019. 8 с.

ГОСТ 26212—91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М., 1992. 6 с.

ГОСТ 27821—88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М., 1988. 6 с.

Таблица 1

Баланс питательных веществ в севообороте (2008–2016 гг.)

Элемент плодородия	Единицы измерения	Способ внесения органического удобрения		
		ПН-4-35, 20...22 см	ПЯ-3-35, 25...27 см	БДТ-3, 15...18 см
Поступление питательных веществ из органического удобрения, ПКО и НРК				
Выход гумуса	т/га	13,6	13,7	13,7
Азот	кг/га	1069	1127	1090
Фосфор	кг/га	750	782	781
Калий	кг/га	1115	1111	1110
Кальций	кг/га	505	542	504
Магний	кг/га	243	246	242
Вынос питательных веществ с урожаем				
Выход гумуса	т/га	9,58	9,61	9,61
Азот	кг/га	1012	1068	1002
Фосфор	кг/га	715	754	716
Калий	кг/га	946	996	947
Кальций	кг/га	495	532	495
Магний	кг/га	305	323	300
Сальдо питательных веществ в почве				
Выход гумуса	т/га	4,02	4,09	4,09
Азот	кг/га	57,0	59	88
Фосфор	кг/га	35,0	28	65,0
Калий	кг/га	169	115	16,
Кальций	кг/га	10,0	10,0	9,0
Магний	кг/га	-62,0	-77,0	-58,0

Table 1

The balance of nutrients in crop rotation (2008–2016)

Fertility element	Units	Manure incorporation method		
		PN-4-35, 20-22 cm	PYA-3-35, 25-27 cm	BDT-3, 15-18 cm
Nutrient intake from manure, crop-root residues and NPK				
Humus output	t/ha	13.6	13.7	13.7
Nitrogen	kg/ha	1069	1127	1090
Phosphorus	kg/ha	750	782	781
Potassium	kg/ha	1115	1111	1110
Calcium	kg/ha	505	542	504
Magnesium	kg/ha	243	246	242
Crop nutrient removal				
Humus output	t/ha	9.58	9.61	9.61
Nitrogen	kg/ha	1012	1068	1002
Phosphorus	kg/ha	715	754	716
Potassium	kg/ha	946	996	947
Calcium	kg/ha	495	532	495
Magnesium	kg/ha	305	323	300
Soil nutrient balance				
Humus output	t/ha	4.02	4.09	4.09
Nitrogen	kg/ha	57.0	59	88
Phosphorus	kg/ha	35.0	28	65.0
Potassium	kg/ha	169	115	16.
Calcium	kg/ha	10.0	10.0	9.0
Magnesium	kg/ha	-62.0	-77.0	-58.0

Также выявлено, что баланс фосфора при ярусной обработке значительно ниже, чем при других приемах обработки. Накопление фосфора с учетом потерь по обычной вспашке составило 35,0 кг/га, поверхностной обработке — 65,0 кг, ярусной — 28,0 кг/га. На сальдо питательных веществ в почве большое влияние оказал вынос питательных веществ с урожаяев.

В целом же отмечено расширенное воспроизводство плодородия по всем работкам. Если при расчете содержание гумуса по системам обработки получены близкие данные — около 4,02 и 4,09 т/га, то по результатам лабораторного анализа почвенных образцов обнаружены значительные расхождения, особенно при глубокой ярусной заделке навоза (табл. 2). Так при дисковании прирост гумуса по сравнению с исходным показателем составил 6,9 т/га, при традиционной вспашке — 7,8 т/га, ярусной — 14,4 т/га. При глубокой ярусной обработке гумуса накопилось на 6,6 т/га (или 1,85 раза) больше, чем при обычной вспашке, и на 7,5 т/га (2,1 раза), чем при дисковании. Процесс гумусообразования успешнее протекал при ярусной обработке, о чем свидетельствуют коэффициент гумификации органического вещества, который составил 60...70 %, тогда как в вариантах дисковой и обычной заделки он не превышал 25 и 30 %.

По данным С.С. Сдобникова из 1 т полуперепревшего навоза при запашке на 20...22 см обычным плугом образуется 35...50 кг [17] гумуса, по данным А.Н. Жукова и П.Д. Попова — 60 кг [18].

Для интенсивного формирования гумуса необходимо, чтобы процесс минерализации органического вещества происходил при разных условиях: в аэробных и анаэробных. На это в своих трудах указывал П.А. Костычев [19].

Аэробные и анаэробные условия создаются при проведении глубокой запашки навоза ярусным плугом ПЯ-3-35 на 25...27 см. Если по мелким заделкам органическое вещество практически полностью разлагалось почвенной биотой в течение 2–3 лет, то глубокой запашке на дно борозды оно сохранялось около пяти лет.

Пожнивно-корневые остатки (ПКО) заделывали при помощи тяжелой дисковой бороны на глубину 16...18 см. При такой заделке ярусная вспашка создавала как бы «слоенный пирог» — внизу навоз, а сверху органические остатки. Распределенное таким образом органическое вещество в почвенной толще при глубокой заделке формировало обратное гетерогенное строение пахотного слоя, в некоторые годы нижний слой оказывался плодороднее верхнего. Ярусный плуг, благодаря мощному предплужнику, точно укладывает на заданную глубину верхний слой почвы, богатый органическим веществом, загрязненный семенами сорняков и болезнями, что не наблюдалось при вспашке обычным плугом, даже с предплужниками производившим обычное перемешивание верхней части пашни на глубину 16...18 см.

Анализ динамики показателей плодородия почвы показал, что обменная кислотность несколько снизилась по всем технологиям заделки навоза по сравнению с исходными данными (табл. 2). Если по уравнительному посеву она не превышала 6,05 и 6,08 рН, то в конце опыта составила по дискованию — 6,11, ярусному плугу — 6,18 и обычному плугу — 6,15, т.е. снизилась на 0,07, 0,13 и 0,03 единиц соответственно.

Таблица 2

Изменение плодородия почвы при разных способах заделки навоза

№ п/п	Элемент плодородия	Год	ПН-4-33 (20...22 см)	ПЯ-3-35 (25...27 см)	БДТ-3 (15...18 см)
1	Обменная кислотность рН _{ксл}	2007	6,08	6,05	6,08
		2008	6,10	6,08	6,10
		2016	6,15	6,18	6,11
2	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы	2007	17,3	17,4	17,1
		2008	17,9	18,1	18,0
		2016	21,7	23,6	21,9
3	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	2007	160	161	166
		2008	172	168	174
		2016	180	210	189
4	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	2007	161	160	158
		2008	172	183	176
		2016	186	208	184
5	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	2007	18,3	18,7	18,8
		2008	20,6	22,0	20,2
		2016	23,0	25,3	21,8
6	Содержание гумуса, %	2007	2,81	2,83	2,80
		2008	2,84	2,87	2,85
		2016	3,01	3,20	2,99
Прирост гумуса, %, (т/га)			0,2 (7,8)	0,37(14,4)	0,19 (6,9)

Примечание. 2007 г. – уравнительные посевы овса (исходные данные).

Table 2

Changes in soil fertility depending on manure application method

No. p / p	Soil parameter	Year	PN-4-33 (20-22 cm)	PY-3-35 (25-27 cm)	BDT-3 (15-18 cm)
1	Exchange acidity (рН _{ксл})	2007	6.08	6.05	6,08
		2008	6.10	6.08	6,10
		2016	6.15	6.18	6,11
2	N-NO ₃ , mg/kg	2007	17.3	17.4	17,1
		2008	17.9	18.1	18,0
		2016	21.7	23.6	21,9
3	P ₂ O ₅ , mg/kg	2007	160	161	166
		2008	172	168	174
		2016	180	210	189
4	K ₂ O, mg/kg	2007	161	160	158
		2008	172	183	176
		2016	186	208	184
5	Total absorbed bases, mEq/100 g	2007	18.3	18.7	18,8
		2008	20.6	22.0	20,2
		2016	23.0	25.3	21,8
6	Humus, %	2007	2.81	2.83	2,80
		2008	2.84	2.87	2,85
		2016	3.01	3.20	2,99
Humus growth, %, (t / ha)			0,2 (7,8)	0.37 (14.4)	0.19 (6.9)

Note. 2007 – leveling crops of oats (source data).

Вероятно, снижение кислотности происходило из-за выноса посевами клевера из нижнего слоя в верхний кальция и магния.

Что касается $N-NO_3$, то к концу ротации севооборота его содержание увеличилось на 25,4 % при заделке обычным плугом, на 35,6 % при ярусной запашке и на 28,1 % при дисковой обработке.

К завершению ротации севооборота содержание в почве P_2O_5 на варианте ярусного плуга возросло на 30,4 %, обычного плуга ПН-4-35 — на 12,5 %, дискования — на 13,8 %. Прирост K_2O по вспашке на 20...22 см 15,5 %, на 25...27 см — 30,0 %, по дискованию на 15...18 см — 16,4 %.

Сумма поглощенных оснований увеличилась на 25,7 и 12,6 % при применении традиционного плуга, на 35,3 и 17,1 % двухъярусного и на 16,0 и 7,4 % дисковой бороны. В улучшении этих показателей, немаловажную роль сыграли посевы клевера.

Важную роль в повышении плодородия почвы играют водно-физические и биологические свойства почвы: содержанию влаги, водопроходной структуры, плотности сложения, наличию дождевых червей. Изучаемые агрокультуры имеют свой оптимальный диапазон плотности: для озимых зерновых — 1,20...1,40 г/см³, яровых зерновых — 1,15...1,30 г/см³. Важна плотность и для формирования гумуса — лучше всего этот процесс происходит при плотности 1,30...1,35 г/см³.

В исследованиях средняя плотность в слое 0—30 см под озимой пшеницей при обработке двухъярусным плугом не превышала 1,23, обычным плугом — 1,26 и БДТ-3 — 1,27 г/см³. Под яровыми культурами она составила 1,21, 1,25 и 1,27 г/см³ соответственно. Больше водопроходных агрегатов под озимыми культурами наблюдалась при глубокой вспашке — 57,6 %, меньше по обычной — 53,0 % и дискованию — 55,4 %, под яровыми соответственно — 55,2, 53,0 и 52,3 %.

Дождевые черви улучшают физические свойства почвы, участвуют в разложении органического вещества, обеспечивая растения элементами минерального питания, в частности азотом, фосфором и кальцием.

В опытах количество дождевых червей под озимой пшеницей на варианте обычной вспашки составило 44 экз./м², ярусной — 47 и дисковой обработке — 41 экз./м², их общая масса соответственно — 1,80, 1,83 и 1,68 кг/га. При этом ими было выделено капролита — 13,00, 13,84 и 12,07 т/га соответственно.

Благоприятные условия роста и развития растений позволили обеспечить урожай озимой пшеницы после занятого пара по двухъярусному плугу 4,56 т/га, обычному плугу — 4,35, дискованию — 4,36 т/га, после многолетних трав — 4,59, 4,43 и 4,41 т/га соответственно (табл. 3).

Урожайность и качество зерновых культур при различных способах заделки навоза (2008–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Сырой белок, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Азот общий, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %
Озимая пшеница после занятого пара							
1	4,35	12,2	28,2	56,2	2,45	0,52	0,54
2	4,56	13,6	31,2	59,0	2,58	0,53	0,59
3	4,36	12,3	29,4	56,3	2,41	0,52	0,54
НСР ₀₅	0,16						
Озимая пшеница после многолетних трав							
1	4,43	14,9	36,4	54,8	2,28	0,46	0,57
2	4,59	15,4	37,6	56,3	2,31	0,50	0,60
3	4,41	14,9	36,2	54,3	2,18	0,47	0,57
НСР ₀₅	0,14						
Яровая пшеница							
1	3,23	14,9	36,4	54,8	2,28	0,46	0,57
2	3,58	15,4	37,6	56,3	2,31	0,50	0,60
3	3,15	14,9	36,2	54,3	2,18	0,47	0,57
НСР ₀₅	0,13						
Яровой ячмень							
1	3,42	13,4	3,68*	60,0	2,15	0,78	0,92
2	3,67	14,2	3,64*	63,0	2,23	0,95	0,94
3	3,10	13,3	3,67*	59,0	2,09	0,77	0,90
НСР ₀₅	0,15						
Овес							
1	3,85	12,8	28,2	40,1	2,37	0,67	0,55
2	4,65	14,3	30,9	43,9	2,44	0,74	0,59
3	4,46	13,2	29,8	42,6	2,43	0,68	0,57
НСР ₀₅	0,14						

Примечание. * – Содержание клетчатки.

Условные обозначения: 1 – ПН-4-35 на 20...22 см, 100 т/га; 2 – ПЯ-3-35 на 25...27 см; 3 – БДТ-3 на 15...18 см.

Grain yield and quality depending on manure application method (2008–2016)

Variant	Yield, t/ha	Crude protein, %	Gluten, %	Starch, %	Total nitrogen, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %
Winter wheat after full fallow							
1	4.35	12.2	28.2	56.2	2.45	0.52	0.54
2	4.56	13.6	31.2	59.0	2.58	0.53	0.59
3	4.36	12.3	29.4	56.3	2.41	0.52	0.54
LSD ₀₅	0.16						
Winter wheat after perennial grasses							
1	4.43	14.9	36.4	54.8	2.28	0.46	0.57
2	4.59	15.4	37.6	56.3	2.31	0.50	0.60
3	4.41	14.9	36.2	54.3	2.18	0.47	0.57
LSD ₀₅	0.14						
Spring wheat							
1	3.23	14.9	36.4	54.8	2.28	0.46	0.57
2	3.58	15.4	37.6	56.3	2.31	0.50	0.60
3	3.15	14.9	36.2	54.3	2.18	0.47	0.57
LSD ₀₅	0.13						
Spring barley							
1	3.42	13.4	3.68*	60.0	2.15	0.78	0.92
2	3.67	14.2	3.64 *	63.0	2.23	0.95	0.94
3	3.10	13.3	3.67 *	59.0	2.09	0.77	0.90
LSD ₀₅	0.15						
Oats							
1	3.85	12.8	28.2	40.1	2.37	0.67	0.55
2	4.65	14.3	30.9	43.9	2.44	0.74	0.59
3	4.46	13.2	29.8	42.6	2.43	0.68	0.57
LSD ₀₅	0.14						

Note. 1 – PN-4-35 at 20...22 cm, 100 t/ha; 2 – PY-3-35 at 25...27 cm; 3 – BDT-3 at 15...18 cm; * – fiber content.

Общий сбор зерна с 1 га севооборотной площади при обычной запашке составил 19,4 или 3,87 т зерновых единиц, при глубокой ярусной заделке — 20,1 т или 4,21 т/га з.е., по дискованию соответственно 19,5 т и 3,90 т/га. По ярусному

плугу урожайность зерновых культур по сравнению с обычной вспашкой была выше на 1,77 т/га, или на 8,4 %, с дискованием — на 1,57, или на 7,5 %.

При этом содержание сырого белка составило 13,6 и 14,5 %, клейковины — 31,2 и 37,6 %, крахмала — 59 и 56,3 %. При ярусной обработке в зерне больше содержалось фосфора и калия. Содержание общего азота варьировало от 2,31 до 2,58 %.

Урожайность яровой пшеницы с подсевом многолетних трав по ярусной обработке составила 3,58 т/га, что выше обычной вспашки на 0,35 т/га, дискования — на 0,43 т/га. При запашке ярусным плугом в зерне содержалось: белка — 15,4, клейковины — 37,6, крахмала — 56,3, фосфора и калия — 0,50...0,60 % (см. табл. 3). В то же время в вариантах заделки ПН-4-35 и БДТ-3 зерно содержало: белка — 14,9, клейковины — 36,4 и 36,2, крахмала — 54,8 и 54,3, фосфора — 0,57, калия — 0,46...0,47 %.

По глубокой обработке урожай ячменя достиг 3,67, по плугу ПН-4-35 — 3,42, БДТ-3 — 3,10 т/га с содержанием белка — 14,2, 13,4 и 13,3 %, общего азота — 2,23, 2,15 и 2,09 %, фосфора — 0,94, 0,92 и 0,90, калия — 0,95, 0,78 и 0,77 % соответственно (см. табл. 3).

Продуктивность овса на участке ярусной обработки почвы оказалась 4,65, БДТ-3 — 4,46 и ПН-4-35 — 3,85 т/га с содержанием в зерне белка соответственно — 14,3, 12,8 и 13,2 %, клейковины — 30,9, 28,2 и 29,8 %, крахмала — 43,9, 40,1 и 42,6 %, общего азота — 2,44, 2,37 и 2,43 %, калия — 0,74, 0,67 и 0,68 %, фосфора — 0,59, 0,55 и 0,57 % (см. табл. 3). Таким образом, при глубокой ярусной обработке культур севооборота были выше продуктивность и качество продукции.

Заключение

1. Запашка навоза плугом ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см повысила:
 - содержание гумуса по сравнению с обычной вспашкой на 6,6 т/га, с дискованием — на 7,5 га/га;
 - количество дождевых червей на 3 и 6 особей;
 - общую биологическую активность почвы.
2. Заделка подстильного навоза на дно борозды двухъярусным плугом улучшила водно-физические свойства пахотного слоя, увеличила накопление влаги в пахотном слое, количество водопрочных агрегатов на 4,6 % по отношению к обычной вспашке и на 5,3 % по дискованию, снизила плотность сложения на 0,03 и 0,04 г/см³ соответственно.
3. Глубокая ярусная запашка органического удобрения повысила на 7,0 % продуктивность возделываемых культур по отношению к обычной вспашке и на 6,7 % — к дискованию, улучшила качество продукции.

Библиографический список

1. Верховец И.А., Малыгина Н.С., Тихойкина И.М., Тучкова Л.Е., Чувашева Е.С. Влияние плодородия серых лесных почв на урожайность и качество зерна пшеницы // Вестник сельского развития и социальной политики. 2015. № 4(8). С. 22—26.
2. Зинякова Н.Б., Семенов В.М. Влияние разных систем удобрения на содержание и качество органического вещества в серой лесной почве // Системы использования органических удобрений и возоб-

новляемых ресурсов в ландшафтном земледелии : сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященный 100-летию Судогорского опытного поля : в 2-х т. 2013. Т. 1. С. 93—102.

3. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Влияние удобрений на содержание подвижных форм азота и урожайность овса на серых лесных почвах Верхневолжья // *Агрохимия*. 2020. № 2. С. 3—13. doi: 10.31857/S0002188120020118

4. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Удобрения и модели их влияния на продуктивность и плодородие серых лесных почвах Верхневолжья // *Владимирский земледелец*. 2019. № 2 (88). С. 4—11. doi: 10.24411/2225-2584-2019-10057

5. Платонычева Ю.Н., Полякова Н.В., Володина Е.Н. Значение удобрений в повышении урожайности зерновых культур и оптимизации плодородия серых лесных почв // *Агрохимический вестник*. 2009. № 2. С. 24—26.

6. Хазиев Ф.Х., Багаутдинов Ф.Я., Рамазанов Р.Я., Габбасова И.М., Агафарова Я.М. Влияние органических удобрений на плодородие серых лесных почв Башкирии // *Почвоведение*. 1995. № 4. С. 465—471.

7. Котова Е.О. Перспективы применения в качестве органических удобрений на серых лесных почвах Центрально-Черноземной зоны сидеральных сельскохозяйственных культур // *Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Н.Г. Власенко и др.* 2019. С. 150—154.

8. Корчагин А.А., Окорков В.В., Окоркова Л.А., Рагимов А.О. Влияние систем удобрения на содержание и качество гумуса серых лесных почв Владимирского ополья // *Владимирский земледелец*. 2013. № 1 (63). С. 6—10.

9. Gordon B.W., Murphy L., Wiatrak P. Improving phosphorus nutrition of corn // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2014. № 9 (3). P. 294—298. doi: 10.3844/ajabssp.2014.294.298

10. Shahbazi S., Bagheri H., Farboudi M., Shahrokh S. The Effect of Sowing Dates and Different Levels of Nitrogen on Yield and Yield Components of Second Crop Corn Var. 704-KSC in Miyaneh County // *Adv. Biores.* 2016. Vol 7[3]. P. 119—125. doi: 10.15515/abr.0976-4585.7.3.119125

11. Баусов А.М., Борин А.А., Ненайденко Г.Н. Рациональное применение удобрений в условиях рыночной экономики. Иваново, 2007. С. 43—82.

12. Ненайденко Г.Н., Мазиров М.А. Плодородие и эффективное применение удобрений в агроценозах Верхневолжья. Владимир, 2002. 290 с.

13. Кудеяров В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // *Вестник РАН*. 2015. Т. 85. № 9. С. 771—775. doi: 10.7868/S0869587315090078

14. Темников В.Н. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв Центрального района НЗ России // *Агрохимические технологии, приемы и способы увеличения объемов производства высококачественной с/х продукции 21—22 мая 2008 г. : материалы Междунар. науч.-практ. конф. М., 2008. 232 с.*

15. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России // *Агрохимия*. 2012. № 6. С. 32—37.

16. Мельцаев И.Г., Зинченко С.И., Эседуллаев С.Т., Лоцинина А.Э. Севооборот и система обработки — основы повышения плодородия почв и урожайности в Верхневолжье. Иваново : ПресСто, 2019. 392 с.

17. Сдобников С.С. Пахать или не пахать : монография. М. : Брукс. 1994, 232 с.

18. Жуков А.И., Попов П.Д. Регулирование баланса гумуса в почве. М. : Росагропромиздат, 1988. 39 с.

19. Костычев П.А. Почвоведение. М. : Сельхозиздат, 1940. 300 с.

References

1. Verkhovets IA, Malygina NS, Tikhoikina IM, Tuchkova LE, Chuvashева ES. Influence of gray forest soil fertility on wheat grain yield and quality. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noi politiki* [Bulletin of Rural Development and Social Policy]. 2015; 4:22—26. (In Russ).

2. Zinyakova NB, Semenov VM. Influence of different fertilizer systems on the content and quality of organic matter in gray forest soil. In: *Sistemy ispol'zovaniya organicheskikh udobrenii i vozobnovlyaemykh*

resursov v landshaftnom zemledelii. T. 1 [Systems for the use of organic fertilizers and renewable resources in landscape agriculture. Vol. 1]. 2013. p. 93–102. (In Russ).

3. Okorkov VV, Fenova OA, Okorkova LA. Influence of fertilizers on the content of mobile forms of nitrogen and oat yield on gray forest soils of the Upper Volga region. *Agrohimia*. 2020; (2):3–13. (In Russ). doi: 10.31857/S0002188120020118

4. Okorokov VV, Fenova OA, Okorkova LA. Fertilizers and their impact on productivity and fertility of gray forest soils of the upper Volga region. *Vladimir agricolist*. 2019; (2):4–11. (In Russ). doi: 10.24411/2225-2584-2019-10057

5. Platonycheva YN, Polyakova NV, Volodina EN. Importance of fertilizers in increasing yield of grain crops and optimizing fertility of gray forest soils. *Agrochemical Herald*. 2009; (2):24–26. (In Russ).

6. Khabirov IK, Khaziev FK, Bagautdinov FY, Ramazanov RY, Gabbasova IM, Agafarova YM. The effect of organic fertilizers on fertility of gray forest soils in Bashkiria. *Eurasian Soil Science*. 1995; (4):465–471. (In Russ).

7. Kotova EO. Prospects of application of sideral agricultural crops as organic fertilizers on gray forest soils of the Central Chernozem zone. In: *Noveishie napravleniya razvitiya agrarnoi nauki v rabotakh molodykh uchennykh* [The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists]. Novosibirsk: Zolotoi kolos publ.; 2019. p. 150–154. (In Russ).

8. Korchagin AA, Okorkov VV, Okorkova LA, Ragimov AO. Influence of fertilizer systems on humus content and quality in gray forest soils of the Vladimir Opolye. *Vladimir agricolist*. 2013; (1):6–10. (In Russ).

9. Gordon BW, Murphy L, Wiatrak P. Improving phosphorus nutrition of corn. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2014; 9(3):294–298. doi: 10.3844/ajabssp.2014.294.298

10. Shahbazi S, Bagheri H, Farboudi M, Shahrokhi S. The effect of sowing dates and different levels of nitrogen on yield and yield components of second crop corn var. 704-KSC in Miyaneh County. *Advances in Bioresearch*. 2016; 7(3):119–125. doi: 10.15515/abr.0976-4585.7.3.119125.

11. Bausov AM, Borin AA, Nenaidenko GN. *Ratsional'noe primeneniye udobrenii v usloviyakh rynochnoi ekonomiki* [Rational use of fertilizers in a market economy]. Ivanovo; 2007. (In Russ).

12. Nenaidenko GN, Mazirov MA. *Plodorodie i effektivnoe primeneniye udobrenii v agrotsenozakh Verkhnevolzh'ya* [Fertility and effective application of fertilizers in agrocenoses of the Upper Volga region]. Vladimir; 2002. (In Russ).

13. Kuderyarov VN. Assessment of nutritional degradation of arable soils in Russia. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2015; 85(9):771–775. (In Russ). doi: 10.7868/S0869587315090078

14. Temnikov VN. Agrochemical ways of increasing the fertility of sod-podzolic soils in the Central region of the NZ of Russia. In: *Agrokhimicheskie tekhnologii, priemy i sposoby uvelicheniya ob'emov proizvodstva vysokokachestvennoi s/kh produktsii* [Agrochemical technologies, techniques and methods of increasing the volume of production of high-quality agricultural products]. Moscow; 2008. (In Russ).

15. Zavalin AA, Blagoveshchenskaya GG. Contribution of leguminous biological nitrogen to the nitrogen budget of Russian agriculture. *Eurasian Soil Science*. 2012; (6):32–37. (In Russ).

16. Meltsaev IG, Zinchenko SI, Eseduллаev ST, Loshchinina AE. *Sevooborot i sistema obrabotki — osnovy povysheniya plodorodiya pochv i urozhnosti v Verkhnevolzh'e* [Crop rotation and processing system—the basis for increasing soil fertility and yield in the Upper Volga region]. Ivanovo: PresSto publ.; 2019. (In Russ).

17. Sdobnikov SS. *Pakhat' ili ne pakhat'* [Plow or not plow]. Moscow: Bruks publ.; 1994. (In Russ).

18. Zhukov AI, Popov PD. *Regulirovaniye balansa gumusa v pochve* [Regulation of humus balance in soil]. Moscow: Rosagropromizdat publ.; 1988. (In Russ).

19. Kostychev PA. *Pochvovedeniye* [Soil Science]. Moscow: Selkhozizdat publ.; 1940. (In Russ).

Об авторах:

Мельцаев Иван Григорьевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела кормопроизводства и агрохимии, Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 153506, Ивановская область, Ивановский р-н, с. Богородское, ул. Центральная, д. 2; e-mail: ivniicx@mail.ru

Эседуллаев Сабир Тюменбекович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 153506, Ивановская область, Ивановский р-н, с. Богородское, ул. Центральная, д. 2; e-mail: ivniicx@mail.ru

About authors:

Meltsaev Ivan Grigoryevich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, leading researcher, Department of feed production and Agrochemistry, Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, 2 Tsentralnaya st., Bogorodskoe village, Ivanovo district, Ivanovo region, 153506, Russian Federation; e-mail: ivniicx@mail.ru

Esedullaev Sabir Tyumenbegovich — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director, Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, 2 Tsentralnaya st., Bogorodskoe village, Ivanovo district, Ivanovo region, 153506, Russian Federation; e-mail: ivniicx@mail.ru