

УДК 631.51.01:631.452:631.445.4

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

© 2021 г. Д. В. Дубовик^{1,*}, Е. В. Дубовик¹, А. В. Шумаков¹, Б. С. Ильин¹

¹ Курский федеральный аграрный научный центр
305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70б, Россия

*E-mail: dubovikdm@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.04.2020 г.

После доработки 19.06.2020 г.

Принята к публикации 10.12.2020 г.

Изучено влияние приемов основной обработки почвы (вспашки, плоскорезной обработки, поверхностной обработки, прямого посева (No-till)) на показатели почвенного плодородия чернозема типичного Курской обл. Установлено, что при минимизации основной обработки проявлялась дифференциация плодородия почвы по глубине обрабатываемого слоя. При вспашке в слое 0–10 см отмечено снижение содержания гумуса, щелочногидролизующего азота, подвижных форм фосфора и калия по сравнению со слоем 10–20 см. При использовании безотвальных способов обработки почвы в слое 0–10 см происходило увеличение содержания гумуса, азота, фосфора и калия относительно слоя 10–20 см.

Ключевые слова: приемы основной обработки, плодородие почвы, чернозем типичный.

DOI: 10.31857/S0002188121030066

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства довольно остро встает вопрос не только о сокращении материальных затрат, но и о сохранении почвенного плодородия. Одним из путей решения этой проблемы многочисленные исследователи считают минимизацию механической обработки почвы, вплоть до ее крайней степени проявления – полном отказе от обработок (технологии No-till) или прямом посеве [1–3]. Отказ от обработки почвы позволяет сохранить продуктивную влагу, снизить развитие эрозионных процессов, особенно дефляции, сохранить органическое вещество почвы [4–6]. Вместе с тем при использовании прямого посева отмечено увеличение количества сорняков, распространение болезней и вредителей [7–10], что ведет к увеличению пестицидной нагрузки. Также наблюдают уплотнение почвы, повышение содержания почвенных агрегатов крупного размера (>10 мм) [11, 12].

Особо стоит проблема изменения почвенного плодородия при переходе на минимальные системы обработки. Например, при минимизации обработки почвы отмечено усиление дефицита минерального азота [13], снижение количества подвижного фосфора и калия [14], изменение азотного и углеродного режимов почвы [15].

В связи с этим проблема минимизации обработки почвы нуждается в глубоком и детальном изучении [16].

Актуальность исследований обусловлена необходимостью формирования систем земледелия нового поколения, обеспечивающих сохранение плодородия почв, эффективное использование природного потенциала агроландшафтов и антропогенных ресурсов, производство заданного количества и качества растениеводческой продукции. Цель работы – изучение влияния приемов основной обработки почвы на показатели почвенного плодородия чернозема типичного.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра (Курская обл., Курский р-н, п. Черемушки) в 2015–2019 гг. в четырехпольном плодосменном севообороте. Севооборот развернут в пространстве всеми 4-мя полями со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь – озимая пшеница – кукуруза – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20–22 см), комбинированная обработка (дискование 8–10 см + чизель 20–22 см), поверхностная обработка (диско-

Таблица 1. Содержание гумуса и щелочногидролизуемого азота в черноземе типичном

Прием основной обработки почвы	Глубина, см	Гумус, %	N _{щел. гидр.} , мг/100 г
Вспашка	0–10	5.38	14.9
	10–20	5.54	15.3
Комбинированная	0–10	5.60	14.4
	10–20	5.21	14.3
Поверхностная	0–10	5.67	15.3
	10–20	5.35	15.1
Без обработок (No-till)	0–10	5.58	14.7
	10–20	5.34	14.6
обработка глубина		0.21	0.36
		0.19	0.15

Таблица 2. Кислотно-основные свойства почвы

Прием основной обработки почвы	Глубина, см	pH _{KCl}	H _г	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			мг-экв/100 г почвы		
Вспашка	0–10	5.8	3.32	22.2	4.5
	10–20	5.3	4.62	21.8	4.5
Комбини- рованная	0–10	5.5	4.14	23.1	4.5
	10–20	5.3	4.64	22.7	4.5
Поверхностная	0–10	5.5	3.64	22.2	4.5
	10–20	5.4	4.10	22.7	4.1
Без обработок (No-till)	0–10	5.2	4.92	21.8	4.5
	10–20	5.3	4.60	22.7	4.5
HCP ₀₅					
обработка глубина		0.3	0.68	0.8	0.5
		0.2	0.43	0.7	0.3

вание) до 8 см, без обработки (прямой посев – No-till). Вариант без обработки (или No-till) осуществляли без какой-либо обработки почвы, сеялкой прямого посева “Дон 114”. Резак прямого посева (колтер) сеялки обеспечивал прорезание пожнивных остатков, создание борозды на линии посева. Двухдисковый сошник укладывал семена на установленную глубину. Приемы обработки почвы применяли систематически в каждом варианте.

Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 × 100 м), повторность трехкратная. Отбор проб проводили ежегодно после уборки озимой пшеницы.

Технология возделывания озимой пшеницы – общепринятая для региона. Технология возделывания в вариантах не различалась, за исключени-

ем основной обработки почвы. Возделывали сорт озимой пшеницы Немчиновская-17. Норма высева – 5 млн всхожих семян/га. Основное внесение удобрений не проводили, т.к. это могло изменить физико-химические свойства почвы, урожайность культур севооборота, зависящие непосредственно от влияния обработки почвы. Для поддержания культур севооборота удобрения вносили в весеннюю подкормку (N_{аа}150). Были также проведены обработки посевов гербицидами, фунгицидами и инсектицидами.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляло 5.40–5.51%, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 15.7–19.3 и 10.8–11.7 мг/100 почвы соответственно. Реакция почвенной среды – слабо кислая (pH 5.3–5.6).

Агрохимические показатели плодородия почвы определяли по следующим методикам: общий гумус – ГОСТ 26213-91, азот щелочногидролизуемый – по Корнфилду, подвижный фосфор и калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91), обменный кальций и магний – ГОСТ 26487-85, pH_{KCl} – ГОСТ 26483-85, гидролитическая кислотность – ГОСТ 26212-91, нитратный азот – ГОСТ 26488-85, степень подвижности фосфора и калия – по [17]. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные приемы основной обработки почвы оказали влияние на изменение ряда показателей почвенного плодородия. Например, в слое почвы 0–10 см наименьшее содержание гумуса отмечено в варианте с отвальной обработкой – 5.38% (табл. 1). Наиболее высокое содержание гумуса в верхнем слое почвы было в варианте с поверхностной обработкой – 5.67%.

В нижележащем слое почвы 10–20 см выявлена обратная тенденция. При использовании отвальной обработки содержание гумуса увеличивалось по сравнению с остальными изученными приемами обработки почвы. Очевидно, что такая тенденция к распределению содержания гумуса в почве связана с тем, что при отвальной обработке (вспашке), растительные остатки заделывают в более глубокие слои почвы, а в верхнем слое процессы минерализации гумуса происходят интенсивнее.

Распределение содержания щелочногидролизуемого азота в почве было аналогично содержанию гумуса, т.к. эти показатели связаны друг с

Таблица 3. Фосфатно-калийный режим чернозема типичного

Прием основной обработки почвы	Глубина, см	P ₂ O ₅	K ₂ O	Степень подвижности	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г		мг/л	
Вспашка	0—10	15.0	10.8	0.11	3.3
	10—20	16.4	12.6	0.18	4.3
Комбинированная	0—10	18.1	14.1	0.21	4.4
	10—20	14.9	8.8	0.13	2.6
Поверхностная	0—10	17.1	13.2	0.21	4.1
	10—20	15.6	8.4	0.14	2.5
Без обработок (No-till)	0—10	20.4	14.2	0.41	5.2
	10—20	18.1	8.8	0.18	2.7
HCP ₀₅					
обработка		2.5	2.9	0.18	1.6
глубина		1.2	1.8	0.09	1.0

другом и находятся в прямой тесной зависимости ($r = 0.45$).

Уровень кислотности почвы значительно зависит от приема основной обработки почвы, особенно в верхнем слое почвы (табл. 2). Например, в слое почвы 0–10 см наименее кислой была почва при использовании в качестве приема основной обработки вспашки — pH 5.8 (близкий к нейтральному [17]).

Наиболее кислой реакцией почвенного раствора характеризовался слой 0–10 см при прямом посеве (No-till) — pH 5.2 (слабо кислый). Очевидно, это было связано с более высоким содержанием CO₂ в почве, выделяемом при разложении растительных остатков, сконцентрированных на поверхности почвы. При использовании комбинированной и поверхностной обработок почвы pH_{KCl} в слое 0–10 см составил 5.5 ед. Слой 10–20 см характеризовался практически одинаковыми показателями pH во всех вариантах приемов обработки почвы. Характер изменения гидролитической кислотности почвы был аналогичен показателям pH, т.к. между ними существует обратная прямая зависимость ($r = -0.95$).

Содержание обменного кальция и магния незначительно различалось в зависимости от глубины слоя почвы и приемов основной обработки. Можно отметить тенденцию к снижению содержания кальция при увеличении уровня кислотности чернозема типичного, что объясняется повышением его растворимости в кислой почве и соответственно большей доступностью для потребления растениями.

При изучении фосфатного режима чернозема типичного в зависимости от приемов основной

обработки почвы установлены следующие закономерности. В слое 0–10 см при применении отвальной вспашки отмечено наименьшее содержание подвижных форм фосфора, чем в других вариантах с безотвальными обработками (табл. 3). Наиболее высокое содержание подвижного фосфора было в слое 0–10 см почвы при прямом посеве (No-till) — 20.4 мг/100 г. Также в этом варианте в верхнем слое почвы отмечена наибольшая степень подвижности фосфора — 0.410 мг/л.

В слое 10–20 см почвы в варианте с отвальной обработкой (при вспашке) отмечен рост содержания подвижных форм фосфора на 1.4 мг/100 г по сравнению с верхним слоем. Также происходило повышение степени подвижности этого элемента. При использовании других изученных приемов обработки почвы наблюдали снижение содержания подвижных форм фосфора и калия в слое 10–20 см по сравнению с верхним слоем почвы. При этом наиболее высокое содержание фосфора выявлено в варианте с прямым посевом (No-till) — 18.1 мг/100 г. Также в этом варианте отмечена наиболее высокая степень подвижности фосфора. При использовании других изученных приемов обработки почвы происходило снижение содержания фосфора в слое 10–20 см по сравнению с верхним слоем почвы на 1.5–3.2 мг/100 г.

Установлено, что содержание подвижного фосфора в почве тесно связано со степенью его подвижности ($r = 0.92$). В свою очередь степень подвижности элемента обусловлена наличием в почве катионов кальция и реакцией почвенного раствора. Известно, что преобладающим типом фосфатов в почвенном растворе при кислом pH является монофосфат (PO₄³⁻), и при подкислении

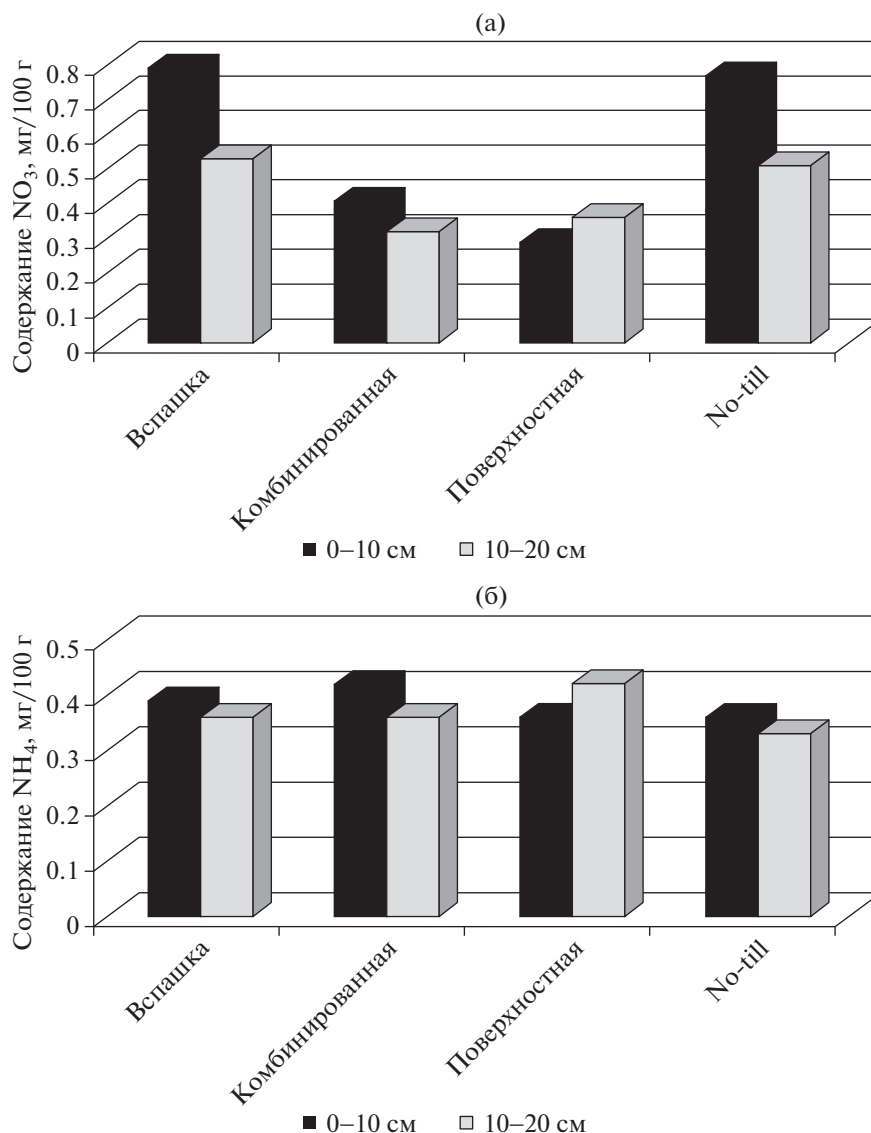


Рис. 1. Влияние приемов обработки почвы на содержание в почве: (а) – нитратного азота (HCP_{05} : обработка – 0.25, глубина – 0.15 мг/100 г почвы), (б) – аммонийного азота (HCP_{05} : обработка – 0.11, глубина – 0.08 мг/100 г почвы).

почвы подвижность фосфатов увеличивается. Это подтверждено в наших исследованиях наличием обратной корреляционной связи между степенью подвижности фосфора и величиной pH ($r = -0.52$), а также с содержанием обменного кальция ($r = -0.43$).

Характер изменения калийного режима чернозема типичного в зависимости от использованных приемов основной обработки почвы имел следующие закономерности. Например, в слое 0–10 см при вспашке отмечено снижение содержания подвижного калия на 2.4–3.4 мг/100 г, по сравнению с вариантами с другими обработками. Наиболее высокое содержание подвижного калия выявлено в слое 0–10 см почвы при прямом

посеве (No-till) – 14.2 мг/100 г. Также в этом варианте в верхнем слое почвы отмечена наибольшая степень подвижности калия – 5.2 мг/л.

В слое 10–20 см почвы в варианте с отвальной обработкой (при вспашке) отмечали рост содержания подвижных форм калия на 1.8 мг/100 г по сравнению с верхним слоем. Также происходило повышение степени подвижности калия на 1.0 мг/л. При использовании других изученных приемов обработки почвы наблюдали снижение содержания калия в слое 10–20 см по сравнению с верхним слоем почвы на 4.8–5.4 мг/100 г. При этом наиболее высокое содержание калия отмечено в варианте с прямым посевом (No-till) – 14.2 мг/100 г. Также в этом варианте выявлена наиболее высо-

Таблица 4. Содержание микробной биомассы в черно-земе типичном

Прием основной обработки почвы	Глубина, см	$C_{\text{микр}}$, мг/кг почвы	Влажность, %
Вспашка	0–10	860	10.4
	10–20	689	12.2
Комбинированная	0–10	750	10.7
	10–20	730	14.2
Поверхностная	0–10	990	11.5
	10–20	720	14.5
Без обработок (No-till)	0–10	930	13.1
	10–20	890	15.2
HCP_{05}			
обработка		160	1.5
глубина		130	1.3

кая степень подвижности калия. Между содержанием калия в почве и степенью его подвижности установлена высокая корреляционная зависимость – $r = 0.97$.

Такой характер изменения содержания калия в почвенных слоях, очевидно, связан с распределением в почве растительных остатков. Калий не образует стойких органических соединений, и его органические формы преимущественно содержатся в составе свежей биомассы, в процессе минерализации которой калий быстро переходит в почвенный раствор. При безотвальной обработке основная часть пожнивно-корневых остатков распределяется в верхнем слое почвы, что способствует большему накоплению подвижного калия. Это частично подтверждено высокой корреляционной связью между содержанием в почве органического вещества и содержанием калия ($r = 0.91$), а также степенью подвижности калия ($r = 0.86$).

При минимизации основной обработки почвы особый интерес вызывает вопрос изменения азотного режима, в особенности обеспеченность минеральными формами азота – нитратами и обменным аммонием. В результате исследования выявлено, что наибольшее количество нитратного азота после уборки озимой пшеницы содержалось в почве при использовании в качестве приемов основной обработки вспашки и прямого посева (рис. 1а). При этом в слое 0–10 см нитратов было больше в 1.5 раза, чем в слое 10–20 см.

То, что абсолютно противоположные по характеру воздействия на почву приемы обработки повлияли на характер накопления нитратного азота, связано с различными физико-химическими процессами, происходящими в почве. С одной стороны, при вспашке происходило разрушение

почвенных агрегатов и обнажение защищенного органического вещества, делая его доступным для микроорганизмов, тем самым стимулируя их активность [18]. Кроме этого, при вспашке улучшался воздушный режим почвы, что активизировало почвенные микроорганизмы [19]. С другой стороны, в отсутствии обработок, за счет более высокой влажности почвы создавались условия для активного разложения пожнивных остатков на поверхности почвы [13]. В результате возрастала нитрифицирующая активность почв при использовании технологии No-till [20]. Исследование накопления обменного аммония в почве не обнаружили значимых различий в его содержании в зависимости от изученных приемов обработки (рис. 1б).

Изучение содержания микробной биомассы в почве при использовании различных приемов основной обработки почвы показало, что ее содержание (по углероду) в слое 0–10 см почвы было больше, чем в слое 10–20 см во всех вариантах (табл. 4). Наиболее высокое содержание микробной биомассы отмечено при использовании поверхностной обработки почвы и прямом посеве. Это связано с тем, что в данных вариантах основная часть растительных остатков, являющаяся питательной средой для микроорганизмов, сосредоточена в верхнем горизонте почвы. Также можно отметить, что влажность почвы при поверхностной обработке и прямом посеве была больше, чем при комбинированной обработке и вспашке. Очевидно, это было связано с мульчирующим эффектом растительных остатков в этих вариантах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно отметить явную дифференциацию плодородия почвы по глубине обрабатываемого слоя. При использовании отвальных способов основной обработки (вспашки) в слое 0–10 см почвы отмечено снижение содержания гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия, но происходило улучшение кислотного режима почвы по сравнению со слоем 10–20 см. При использовании безотвальных, роторных и комбинированных способов обработки почвы в верхнем слое 0–10 см происходило увеличение содержания гумуса, азота, фосфора и калия относительно слоя 10–20 см. Кислотность почвы снижалась, кроме варианта с прямым посевом. Использование прямого посева не уменьшало количество минерального азота в почве, усиливая микробиологическую активность почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дридигер В.К., Невечера А.Ф., Токарев И.Д., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. Р. 16–19.
2. Soane B., Ball B., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment // Soil Till. Res. 2012. № 118. Р. 66–87.
3. Тихонов Н.И., Кочетов Р.А. Влияние новых агротехнических приемов в технологии возделывания гибридов подсолнечника по No-Till в зоне черноземных почв Волгоградской области // Международ. сел.-хоз. журн. 2018. № 2. С. 49–51.
4. Романов В.Н., Ивченко В.К., Ильченко И.О., Луганцева М.В. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Достиж. науки и техн. АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 32–34.
5. Комиссаров М.А., Клик А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии // Почвоведение. 2020. № 4. С. 473–482.
6. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Курлов А.П., Русакова И.В. Динамика органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки почвы и применении средств химизации // Плодородие. 2015. № 2. С. 34–36.
7. Турусов В.И., Гармашов В.И., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от приемов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов // Защита и карантин раст. 2018. № 10. С. 13–15.
8. Белошапкина О.О., Акимов Т.А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы // Изв. ТСХА. 2016. № 3. С. 47–60.
9. Гребенников А.М., Белобров В.П., Кутовая О.В. Микробиологическая активность миграционно-мицелиарных агрочерноземов при применении различных способов их основной обработки // Агрохимия. 2018. № 3. С. 19–25.
10. Глазунова Н.Н., Безгина Ю.А., Пашкова Е.В., Волосова Е.В., Шипуля А.Н. Влияние способов обработки почвы на численность вредителей пшеницы и их энтомофагов // Усп. совр. естествознания. 2018. № 12(2). С. 277–282.
11. Синещиков В.Е. Агрофизические свойства черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки почвы // Агрохимия. 2017. № 7. С. 19–25.
12. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного в условиях нулевой технологии // Агрофизика. 2017. № 1. С. 1–10.
13. Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516.
14. Коротких Н.А., Власенко Н.Г. Влияние технологии No-till на содержание подвижных форм калия и фосфора в почве // Плодородие. 2015. № 3. С. 23–26.
15. Malhi S.S., Legere A., Vanasse A., Parent G. Effects of long-term tillage, terminating no-till and cropping system on organic C and N, and available nutrients in a Gleysolic soil in Quebec, Canada // J. Agricult. Sci. 2018. V. 156. Р. 472–480.
16. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследования // Земледелие. 2013. № 7. С. 3–6.
17. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
18. Doran J.W., Smith M.S. Organic matter management and utilization soil and fertilizer nutrients // Soil fertility and organic as critical component of production systems. Soil Sci. Soc. Am.: Special Publication. 1987. № 19. Р. 53–72.
19. Neborg M., Malhi S.S. Effect of zero and conventional tillage on barley yield and N-NO₃ content, moisture and temperature of soil in north-central Alberta // Soil Till. Res. 1989. № 15. Р. 1–9.
20. Минникова Т.В., Мокриков Г.В., Казеев К.Ш. Влияние технологии No-till на нитрифицирующую активность черноземов Ростовской области // Агрохимия. 2017. № 9. С. 33–38.

Effect of Minimizing Primary Tillage on the Fertility of Typical Chernozem

D. V. Dubovik^{a,*}, E. V. Dubovik^a, A. V. Shumakov^a, and B. S. Ilyin^a^a Federal Agricultural Kursk Research Center
ul. Karla Marxa 70b, Kursk 305021, Russia

*E-mail: dubovikdm@yandex.ru

As the result of the research the effect of primary tillage methods, i.e. plowing, subsoil tillage, surface tillage, direct seeding (No-till), on the indicators of soil fertility of typical chernozem is studied in Kursk region. It is found out that differentiation of soil fertility by the depth of the tilled layer is identified when minimizing primary tillage. Decreased content of humus, alkali-hydrolyzable nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium in the plowed layer of 0–10 cm as compared with that in the layer of 10–20 cm is noted. When non-plow methods of primary tillage are used increase of the content of humus, nitrogen, phosphorus and potassium as related to the layer of 10–20 cm takes place.

Key words: primary tillage methods, soil fertility, typical chernozem.