

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

*Д.В. Дубовик, д.с.-х.н., Е.В. Дубовик, д.б.н., А.Н. Морозов, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
305021, г. Курск, ул. К.Маркса, 70б,
E-mail: dubovikdm@yandex.ru*

Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2024-0001

Выявлены изменения показателей плодородия чернозема типичного при возделывании озимой пшеницы по разным технологиям. Традиционная технология и прямой посев способствуют подкислению почвы до pH_{KCl} 5,2-5,3. Технология, ориентированная на отказ от обработки почвы, способствует повышению содержания гумуса на 2,0-4,5% (отн.), азота щелочногидролизуемого на 1,7-8,9, подвижного фосфора на 9,7-16,8, подвижного калия на 4,5-12,1%. При технологии прямого посева отмечается рост аммонийной формы азота на 0,13-0,25 мг/100 г почвы, но вместе с тем происходит снижение нитратной формы азота на 0,32-0,48 мг/100 г почвы. Уменьшение интенсивности обработки почвы в изучаемых технологиях ведет к аккумуляции гумуса, азота, подвижного фосфора и калия в верхнем 0-10 см слое.

Ключевые слова: чернозем типичный, технология, плодородие почвы, гумус, азот, подвижный фосфор, обменный калий, кислотность.

Для цитирования: Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Морозов А.Н. Изменение плодородия чернозема типичного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы // Плодородие. – 2024. – № 2. – С. 36-39. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.08.

Ведущей продовольственной культурой в России является озимая пшеница. При разработке агротехнологий особое внимание следует уделять их влиянию на почвенное плодородие [12]. Одним из основных элементов технологии возделывания озимой пшеницы, позволяющих направленно регулировать физические и химические показатели плодородия, является применяемая система обработки почвы [5]. В настоящее время наблюдается тенденция к минимизации обработки почвы, вплоть до полного ее отсутствия – прямого посева [8].

Среди достоинств минимизации обработки почвы ряд исследователей отмечает снижение темпов минерализации азота и предотвращение его потерь [7], повышение степени гумификации почвы и содержания в ней подвижного органического вещества [11, 1], увеличение содержания подвижного фосфора и калия в почве [3]. Очень важной характеристикой минимальных систем обработки почвы является способность противостоять эрозионным процессам за счет сохранения на поверхности почвы пожнивных остатков [4].

Недостатками минимальной обработки почвы являются увеличение степени засоренности посевов [2], снижение эффективности минеральных удобрений, связанное с глубиной их заделки [13], пространственная дифференциация пахотного слоя почвы по агрохимическим показателям плодородия [10].

Поэтому при выборе технологии возделывания озимой пшеницы необходимо учитывать влияние используемого в ней способа основной обработки почвы на показатели плодородия.

Цель исследований – изучить влияние технологий возделывания озимой пшеницы, основанных на различных способах основной обработки почвы, на изменение

агрохимических показателей, характеризующих почвенное плодородие.

Методика. Исследования проводили в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра (Курская обл., Курский район, п. Черемушки) в 2020–2024 г. в четырехпольном зерновом севообороте (горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень), развернутом в пространстве и во времени.

Изучали четыре технологии возделывания озимой пшеницы, основанные на различных способах основной обработки почвы (табл. 1).

1. Содержание технологий возделывания озимой пшеницы

Основные агроприемы	Технология			
	традиционная	дифференцированная	минимальная	прямой посев
Способ основной обработки	Вспашка	Чизель + дискование	Дискование	-
Глубина обработки, см	20-22	20-22 + 8-10	6-8	-
Основное удобрение, кг д.в./га	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₇ P ₄₅ K ₄₅	N ₇ P ₁₉ K ₁₉
Припосевное удобрение, кг д.в./га	-	-	-	N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆
Подкормка в фазе весеннего кущения, кг д.в./га	N ₅₁	N ₅₁	N ₅₁	N ₅₁
Защита растений: интегрированная (механические обработки + пестициды)	+	+	+	-
пестицидная	-	-	-	+

Варианты в опыте размещены систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100 м), повторность трехкратная. Сорт озимой пшеницы –

Безостая 100. Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый.

Методы определения агрохимических показателей плодородия: общий гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); щелочногидролизуемая фракция азота – по Корнфилду; подвижный фосфор и калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91); обменный кальций и магний – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85); pH_{KCl} – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность по – методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); нитратный азот – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26488-85); аммонийный азот – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85); степень подвижности фосфора и калия – Методические указания по определению степени подвижности фосфора и калия в почвах (1987). Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

Результаты и их обсуждение. Одним из важнейших показателей почвенного плодородия является кислотность, параметры которой могут изменяться в зависимости от технологии возделывания культуры. Так, в результате проведенных исследований установлено подкисление пахотного слоя почвы (0-20 см) до pH_{KCl} 5,21-5,29 при традиционной технологии и прямом посеве (табл.2). При дифференцированной и минимальной технологиях, наблюдается снижение уровня кислотности почвы в пахотном слое до pH_{KCl} 5,33-5,40. Кроме того, было установлено повышение pH на 0,04-0,11 ед. в слое 0-10 см по сравнению с нижним слоем, независимо от технологии возделывания озимой пшеницы.

Важное место при изучении показателей почвенного плодородия занимает гидролитическая кислотность, которую необходимо учитывать при рассмотрении технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Анализ гидролитической кислотности показал весьма высокую ее корреляционную связь с уровнем pH ($r = -0,99$, $\alpha = 0,05$). Максимальный уровень гидролитической кислотности отмечен при технологии прямого посева, наименьший – при дифференцированной технологии. При всех изучаемых технологиях в верхнем слое почвы (0-10 см) наблюдается увеличение уровня гидролитической кислотности на 0,13-0,47 мг-экв/100 г, относительно слоя 10-20 см, причем наибольшее повышение отмечено при прямом посеве.

Среди обменных катионов в почвенном растворе находятся кальций и магний, содержание которых необходимо учитывать при разработке агроприемов в изучаемых технологиях возделывания озимой пшеницы. Так, установлено, что изучаемые технологии возделывания культуры не оказали существенного влияния на изменение содержания катионов как кальция, так и магния (табл. 2). При этом, из всех изучаемых технологий только при дифференцированной в слое 0-10 см по сравнению со слоем 10-20 см имелось существенное преобладание содержания обменного кальция (0,75 мг-экв/100 г). Установлена тенденция к росту содержания кальция при уменьшении уровня pH ($r = -0,95$, $\alpha = 0,05$). Это обусловлено вытеснением катионами кальция ионов водорода из почвенного поглощающего комплекса с последующей нейтрализацией кислотности.

Важнейший показатель плодородия почвы – содержание органического вещества (гумуса). Технология

прямого посева обеспечила наиболее высокое содержание гумуса в пахотном слое почвы – 5,33% (табл. 3). В зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы количество гумуса снижалось в ряду: минимальная технология → дифференцированная технология → традиционная технология.

2. Кисотно-основные свойства почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (среднее за 5 лет)

Технология	Глубина, см	pH_{KCl}	мг-экв/100 г почвы		
			Hг	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Традиционная	0-10	5,27	4,86	20,40	4,55
	10-20	5,31	4,73	20,55	4,50
Дифференцированная	0-10	5,34	4,49	20,60	4,70
	10-20	5,45	4,20	21,35	4,50
Минимальная	0-10	5,29	4,79	20,55	4,65
	10-20	5,37	4,49	20,65	4,65
Прямого посева	0-10	5,16	5,33	20,05	4,60
	10-20	5,26	4,86	20,40	4,65
НСП ₀₅ :	технология	0,06	0,31	0,66	0,44
	слой	0,04	0,22	0,47	0,27

3. Гумусный и азотный режимы чернозема типичного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (среднее за 5 лет)

Технология	Слой почвы, см	Гумус, %	мг/100 г		
			N _{щел.гид}	N-NO ₃	N-NH ₄
Традиционная	0-10	5,13	15,21	1,22	0,85
	10-20	5,07	14,80	1,19	0,62
Дифференцированная	0-10	5,27	15,50	1,33	0,70
	10-20	5,13	15,00	1,28	0,54
Минимальная	0-10	5,41	16,17	1,21	0,81
	10-20	5,16	15,68	1,08	0,64
Прямого посева	0-10	5,46	16,57	0,88	0,97
	10-20	5,20	16,11	0,77	0,77
НСП ₀₅ :	технология	0,12	0,31	0,06	0,07
	слой	0,10	0,27	0,04	0,05

При возделывании озимой пшеницы в слое 0-10 см по сравнению со слоем 10-20 см, вне зависимости от технологии ее возделывания отмечается аккумуляция гумуса на 0,06-0,26%, разница содержания гумуса по слоям увеличивается по мере минимизации технологии.

Такой характер накопления гумуса в технологиях возделывания озимой пшеницы обусловлен уменьшением минерализации органического вещества при минимизации обработки [9]. Это подтверждается снижением количества CO₂, выделяемого почвой при минимальных технологиях возделывания озимой пшеницы (рис.).

Как видно из рисунка, при прямом посеве уровень выделения CO₂ ниже в 2,4-2,9 раза, по сравнению с другими технологиями. Между содержанием гумуса в почве и эмиссией CO₂ выявлена обратная высокая корреляционная связь ($r = -0,79$, $\alpha = 0,05$).

Уровень содержания щелочногидролизуемой фракции азота непосредственно связан с количеством гумуса ($r = 0,87$, $\alpha = 0,05$), поэтому характер их распределения сходен. Технология прямого посева обеспечивала максимальный уровень содержания щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы 16,34 мг/100 г. Но при этом по отношению к данной технологии возделывания озимой пшеницы отмечается снижение щелочногидролизуемой фракции азота при применении традиционной технологии на 1,34 мг/100 г почвы, дифференцированной технологии – на 1,09, минимальной технологии – на 0,41 мг/100 г почвы.

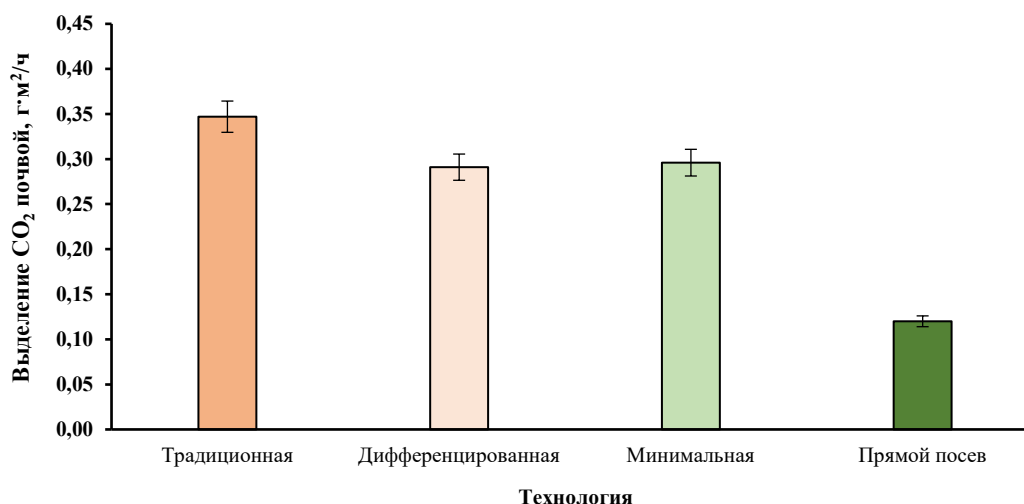


Рис. Эмиссия CO₂ почвой в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы

При рассмотрении изменения щелочногидролизуемого азота по слоям почвы, было установлено его преобладание в слое 0-10 см по отношению к нижнему слою на 0,41-0,50 мг/100 почвы вне зависимости от технологии возделывания.

Анализ содержания нитратного азота в слое 0-20 см показал его наименьшее количество при технологии прямого посева – 0,83 мг/100 г почвы, а наибольшее – при дифференцированной технологии – 1,31 мг/100 г почвы. Изменения нитратного азота были обусловлены не только технологией возделывания озимой пшеницы, но и глубиной изучаемого слоя почвы. Так, в слое 0-10 см по отношению к слою 10-20 см содержание данной формы азота было значительно выше ($HSP_{05}=0,04$) при минимальной технологии и при прямом посеве – на 0,13-0,11 мг/100 г почвы. В то же время при возделывании озимой пшеницы по традиционной и дифференцированной технологиям изменение нитратного азота по слоям почвы было несущественным.

Такой характер распределения нитратного азота связан с тем, что при технологиях, основанных на безотвальных обработках и прямом посеве, растительные остатки распределяются в верхней части пахотного слоя, а также на поверхности почвы, что снижает темпы их разложения и уменьшает скорость высвобождения из них азотсодержащих веществ [6].

Выявлено, что в слое 0-20 см количество аммонийного азота было максимальным и в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы содержание данной фракции азота снижалось в ряду: минимальная → традиционная технологии → дифференцированная технология. Вместе с тем, независимо от изучаемой технологии, аммонийная форма азота превалировала в слое 0-10 см на 0,16-0,23 мг/100 г почвы, по сравнению с нижележащим слоем.

Участие аэробных и анаэробных микроорганизмов в процессе аммонификации в верхнем слое почвы объясняет повышение содержания аммонийной формы азота. При этом сформировавшиеся анаэробные условия в нижних слоях почвы значительно снижают аммонификацию [7].

Выявлено, что технологии, ориентированные на минимизацию обработки почвы, способствуют росту подвижного фосфора при возделывании озимой пшеницы. Так, в пахотном слое чернозема типичного подвижного

фосфора содержалось больше при дифференцированной технологии на 2,2 мг/100 г, минимальной – на 1,8, прямом посеве – на 3,1 мг/100 г (табл.4) по отношению к традиционной технологии возделывания озимой пшеницы. При этом количество подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см. При традиционной технологии эта разница была незначительной – 0,6 мг/100 г, а при минимальной, дифференцированной технологиях и прямом посеве она увеличивается до 3,2 мг/100 г почвы.

Содержание подвижных форм фосфора находится в прямой связи с фактором «интенсивности» или степенью подвижности фосфатов ($r = 0,96$, $\alpha = 0,05$). В пахотном слое 0-20 см чернозема типичного «интенсивность» фосфора была выше при технологии прямого посева по отношению к другим технологиям на 0,125-0,269 мг/л. Наряду с этим установлено, что «интенсивность» фосфора повысилась при переходе от традиционной технологии к технологиям, направленным на минимизацию обработки почвы в слое 0-10 см. Так, при традиционной технологии в верхнем слое почвы «интенсивность» фосфора была выше на 0,044 мг/л, чем в нижележащем слое. В то время как при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы разность в «интенсивности» фосфора между верхним и нижним слоями составила 0,179-0,384 мг/л.

4. Изменение фосфорно-калийного режима чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы (среднее за 5 лет)

Технология	Слой почвы, см	Содержание, мг/100 г		«Интенсивность», мг/л	
		P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Традиционная	0-10	18,8	13,7	0,334	5,26
	10-20	18,2	12,7	0,290	4,46
Дифференцированная	0-10	22,2	15,6	0,545	7,20
	10-20	19,2	11,9	0,366	4,74
Минимальная	0-10	21,7	15,6	0,512	6,54
	10-20	18,9	11,0	0,307	4,00
Прямого посева	0-10	23,2	17,5	0,773	9,06
	10-20	20,0	12,1	0,389	5,00
HCP ₀₅ :	технология	2,1	1,9	0,124	1,59
	слой	1,8	1,6	0,112	1,11

Калий является одним из незаменимых макроэлементов для питания растений. Установлено, что в слое почвы 0-20 см подвижного калия содержалось больше

при технологии прямого посева на 1,0-1,6 мг/100 г, по сравнению с другими технологиями (см. табл. 4). При этом, независимо от технологии возделывания озимой пшеницы, содержание подвижного калия в слое 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см. Вместе с тем, существенное различие содержания подвижного калия по слоям чернозема типичного установлено при возделывании озимой пшеницы по технологиям, направленным на минимизацию обработки почвы, и оно составило 3,7-5,4 мг/100 г почвы ($HCp_{05}=1,6$).

Содержание подвижных форм калия в черноземе типичном тесно связано с фактором его «интенсивности» ($r = 0,96$, $\alpha = 0,05$). При использовании технологии прямого посева «интенсивность» калия в пахотном слое составляла 7,03 мг/л, что выше, чем при традиционной, дифференцированной и минимальной технологиях на 2,17, 1,06 и 1,76 г/л соответственно.

В верхнем слое почвы 0-10 см, при всех изучаемых технологиях, отмечается повышение «интенсивности» калия относительно слоя 10-20 см. При этом наблюдается рост данного показателя, по мере усиления минимизации обработки почвы в технологиях, от 0,8 мг/л при технологии с применением отвальной вспашки до 4,06 мг/л при крайней степени минимизации, т.е. при технологии прямого посева.

Заключение. Выявлены изменения показателей плодородия чернозема типичного при возделывании озимой пшеницы по различным технологиям. Установлено подкисление почвы до pH_{KCl} 5,2-5,3 при технологиях с использованием отвальной вспашки и полным отказе от обработки. Возделывание озимой пшеницы по технологиям, ориентированным на минимизацию обработки почвы, способствовало повышению базовых показателей почвенного плодородия, а именно: гумуса на 0,04-0,23%, щелочногидролизующего азота на 0,41-1,34 мг/100 г почвы, подвижного фосфора на 1,8-3,1, подвижного калия на 1,0-1,6 мг/100 г почвы. Крайняя степень минимизации (прямой посев) способствует росту аммонийной формы азота на 0,13-0,25 мг/100 г почвы, но при этом отмечается снижение нитратной формы азота на 0,32-0,48 мг/100 г почвы. Независимо от технологии возделывания озимой пшеницы, в верхнем слое (0-10 см)

чернозема типичного происходит аккумуляция гумуса, азота, подвижного фосфора и калия.

Литература

1. Белоусов А.А., Белоусова Е.Н. Динамика содержания органического вещества черноземов в условиях минимизации обработки в Красноярской лесостепи // *Агрохимия*. – 2020. – №3. – С. 24-30. DOI: 10.31857/S0002188120030059.
2. Бобкова Ю.А., Сорокина М.В. Мониторинг засоренности посевов в звене севооборота на фоне различных способов основной обработки почвы // *Вестник аграрной науки*. – 2021. – №4 (91). – С. 3-10. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.4.3.
3. Власенко О.А. Режим питания растений в агрочерноземах в зависимости от приемов основной обработки // *Вестник КрасГАУ*. – 2020. – № 6. – С. 11-19. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-6-11-19.
4. Дридигер В.К., Белобров В.П., Антонов С.А., Юдин С.А., Гаджиумаров Р.Г., Лиходиевская С.А., Ермолаев Н.Р. Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till // *Земледелие*. – 2020. – №6. – С. 11-17. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10603.
5. Дридигер В.К., Иванов А.Л., Белобров В.П., Кутюмова О.В. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // *Почвоведение*. – 2020. – №9. – С. 1111-1120. DOI: 10.31857/S0032180X20090038.
6. 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. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.
7. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Азот в агроэкосистеме на черноземных почвах. – М.: РАН, 2018. – 180 с.
8. Иванов А.Л., Кулинец В.В., Дридигер В.К., Белобров В.П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России // *Достижения науки и техники АПК*. – 2021. – Т.35. – №4. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401.
9. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // *Почвоведение*. – 2019. – №9. – С. 1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
10. Курченко Н.Л., Колесник А.А. Содержание и пространственное распределение подвижных элементов питания агрочерноземов в зависимости от способов основной обработки почвы // *Агрохимия*. – 2020. – №7. – С. 11-16. DOI: 10.31857/S0002188120030084.
11. Мокриков Г.В., Минникова Т.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Изменение содержания и состава органического вещества черноземов Приазовья при использовании технологии прямого посева // *Агрохимия*. – 2020. – №1. – С. 18-24. DOI: 10.31857/S0002188120010093.
12. Сорокина М.В., Лобков В.Т., Бобкова Ю.А. Сравнительная оценка агротехнологий разной интенсивности и урожайность полевых культур в условиях Орловской области // *Вестник аграрной науки*. – 2022. – №3 (96). – С. 59-64. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.59.
13. Турусов В.И., Гармашов В.М. Эффективность минеральных удобрений при различных способах обработки почвы // *Агрохимия*. – 2020. – № 12. – С. 19-27. DOI: 10.31857/S0002188120120121.

THE CHANGE IN THE FERTILITY OF TYPICAL CHERNOZEM DEPENDING ON THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF WINTER WHEAT

D.V. Dubovik, E.V. Dubovik, A.N. Morozov

Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation,

E-mail: dubovikdm@yandex.ru

Changes in the fertility of chernozem typical for the cultivation of winter wheat using various technologies have been revealed. Traditional technology and direct sowing contribute to soil acidification to pH_{KCl} = 5.2-5.3. Technology focused on the rejection of tillage contributes to an increase in humus content by 2.0-4.5% (rel.), alkali hydrolyzable nitrogen by 1.7-8.9%, mobile phosphorus by 9.7-16.8%, mobile potassium by 4.5-12.1%. With direct seeding technology, the ammonium form of nitrogen increases by 0.13-0.25 mg/100 g of soil, but at the same time, the nitrate form of nitrogen decreases by 0.32-0.48 mg/100 g of soil. A decrease in the intensity of tillage in the studied technologies leads to the accumulation of humus, nitrogen, mobile phosphorus and potassium in the upper 0-10 cm layer.

Keywords: typical chernozem, technology, soil fertility, humus, nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, acidity.