

Petrova L.I., Mitrofanov Yu.I., Gulyaev M.V., Pervushina N.K.
Federal research center "V.V. Dokuchaev Soil Institute", Pyzhevsky per. 7 bldg. 2,
119017 Moscow, Russia, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The studies were carried out on the territory of the Tver region in 2011-2020. We studied the change in the agrochemical properties of the drained soddy-podzolic light loamy soil, the productivity of crops and crop rotation as a whole with the use of various fertilizer rates. The observations were carried out in a four-field crop rotation with 3 options: 1 – without fertilizers, 2 – average norms of NPK (170 kg of active substance per 1 ha of crop rotation area), 3 – high norms of NPK (275 kg of active substance). When using fertilizers, a positive balance of mobile forms of phosphorus and exchangeable potassium was obtained with the advantage of high doses. In the soil of the variant without fertilizers, there was a slight increase in phosphorus, and a decrease in potassium. The content of easily hydrolyzable nitrogen decreased in all variants, but to a lesser extent in the fertilized variants. By the value of pH_{salt} in variants 1 and 2, there was a tendency for the acidity of the soil to decrease, against the background of the introduction of high rates of fertilizers – an increase. According to the humus content on the variant without fertilizers, a tendency of its decrease was noted, on the fertilized variants it was increased. On average for 2012-2020 the yield of potatoes with the introduction of average rates of fertilizers in comparison with the options without their application increased 1.9 times, the yield of spring wheat increased 1.6, and the yield of winter grain crops and clover 1 gp. increased by 1.4 times. An increase in the amount of fertilizers applied in comparison with the average provided an increase in the yield of spring wheat by 21%, potatoes and winter cereals – 17, clover – 10%. On 1 hectare of the crop rotation area without fertilizers, the productivity amounted to 5.00 t c.u., and at high rates, productivity increased by 80%, at medium rates – by 56%. The difference between the variant with high rates and the average was 15%. The payback of the use of 1 kg of the active substance of fertilizers by an increase in yield in grain crops was higher with average rates of fertilizers, in potatoes with high ones.

Key words: fertilizer rates, fertility, productivity of crops and crop rotation, payback of fertilizers.

УДК 631.43:631.51.01

DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

*Е.В. Дубовик, д.б.н., Д.В. Дубовик, д.с.-х.н., А.В. Шумаков, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
350521, Курск, ул. К. Маркса, 70б, e-mail: dubovikdm@yandex.ru*

Представлено изменение агрофизических свойств чернозема типичного при различных приемах основной обработки почвы (вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, No-till) в ЦЧР (Курская область) под озимой пшеницей. Выявлена тенденция к уплотнению почвы при минимизации обработки в слое 10-20 см. Представлена характеристика изменения пористости и структурно-агрегатного состава чернозема типичного по слоям 0-10 и 10-20 см при различных приемах обработки почвы.

Ключевые слова: чернозем типичный, вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, структурно-агрегатный состав.

Для цитирования: Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Шумаков А.В. Изменение агрофизических свойств чернозема типичного под воздействием основной обработки почвы// Плодородие. – 2021. – №5. – С 11-14. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03.

Для роста и развития сельскохозяйственных культур необходимыми условиями являются не только содержание питательных элементов в почве, но и наличие благоприятных агрофизических свойств [2]. Создание благоприятных агрофизических условий возможно с помощью такого важного звена в системе земледелия как обработка почвы [1].

Механическое воздействие на почву может иметь как положительное, так и отрицательное воздействие на её влажность, плотность, пористость, структурно-агрегатный состав и т.д. [6]. Например, в уплотненной почве отмечается нарушение микробиологических процессов, накапливаются восстановительные соединения, при этом ухудшается плодородие почвы, что в итоге приводит к уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур и повышению затрат [5, 7, 9].

Цель исследований – изучить изменения агрофизических свойств чернозема типичного под воздействием различных приемов основной обработки почвы.

Методика. Исследования проводили в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аг-

рарный научный центр» (Курская обл., Курский район, п. Черемушки) в четырехпольном севообороте. Севооборот развернут в пространстве со следующим чередованием культур: 1 – горох; 2 – озимая пшеница; 3 – соя; 4 – ячмень. Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизель 20-22 см); поверхностная обработка (дискование) до 8 см; прямой посев (No-till). Вариант No-till осуществлялся без какой-либо обработки почвы сеялкой прямого посева Дон 114. Приемы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта. Варианты в полевом опыте размечались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100), повторность – трехкратная. В 2020 г. началась вторая ротация севооборота.

Технология возделывания озимой пшеницы (сорт Немчиновская 17) общепринятая для региона и по вариантам не различалась, за исключением основной обработки почвы. При этом особое внимание уделялось технологии прямого посева, и было учтено, что данная

технология начинает действовать не ранее 4-го года систематического применения [4].

Почва – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый (Haplic Chernozems). Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,1%, щелочногидролизуемого азота – 15,4 мг/100 г почвы, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 20,1 и 13,1 мг/100 г почвы, соответственно. Реакция почвенной среды – слабощелочная (pH_{KCl} 5,4).

Отбор образцов проводили после уборки озимой пшеницы, в 3-кратной повторности в слоях 0-10 и 10-20 см, что обусловлено различной глубиной обработки почвы. Плотность почвы определяли буровым методом по Н.А. Качинскому, общую порозность – методом расчета по Н.А. Качинскому, структурно-агрегатный состав почвы по методу Н.И. Саввинова – сухое и мокрое просеивания [3]. Полученные результаты обработаны методами математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Различные приемы основной обработки почвы оказывают непосредственное влияние на ряд агрофизических показателей, таких как плотность, пористость, структурно-агрегатный состав и т.д.

В результате проведенных исследований в период уборки озимой пшеницы установлено, что независимо от приема основной обработки почвы плотность чернозема типичного в слое 0-10 см была ниже, чем в слое 10-20 см (табл. 1).

1. Влияние приемов обработки почвы на плотность и пористость чернозема типичного

Обработка	Глубина, см	Плотность, г/см ³	Общая пористость, %
Вспашка	0-10	1,02	58,15
	10-20	1,05	57,05
Комбинированная	0-10	1,02	58,73
	10-20	1,12	54,48
Поверхностная	0-10	0,96	62,01
	10-20	1,12	53,89
Нулевая	0-10	1,00	59,32
	10-20	1,16	51,98
НСР ₀₅	Обработка	0,13	7,21
	Слой	0,09	5,10

В слое 10-20 см в варианте с применением вспашки плотность почвы была ниже на 7-10%, по сравнению с плотностью чернозема типичного при применении комбинированной, поверхностной обработки и прямого посева. Таким образом, при минимизации обработки почвы отмечается тенденция к ее уплотнению в слое 10-20 см.

Наряду с плотностью большое значение имеет такой показатель как общая пористость (порозность), которая отражает все находящиеся в почве поры и влияет на условия водного и воздушного режима. Анализ пористости чернозема типичного, независимо от приема основной обработки почвы, показал ее снижение с глубиной изучаемого слоя. Так, в слое 0-10 см она составляла 58-62%, а в слое 10-20 см – 52-57%. При этом в варианте с применением вспашки общая пористость не претерпела особых изменений по слоям, в то время как при минимизации обработки почвы установлена тенденция к ее снижению. Таким образом, при оценке пористости по шкале Н.А. Качинского [3] установлено, что слой 0-10 см, независимо от приема обработки почвы, а также слой 10-20 см при вспашке и поверхностной обработке характеризовался *отличной* пористостью, слой 10-20 см

при комбинированной обработке и прямом посеве обладал *удовлетворительной* пористостью.

Основные приемы обработки почвы оказывают непосредственное влияние и на структурно-агрегатный состав почвы, который является одним из главных факторов почвенного плодородия.

Приемы обработки почвы оказали непосредственное влияние и на распределение воздушно-сухих структурных отдельностей. Так, в слое 0-10 см в вариантах с применением вспашки и прямого посева преобладали агрегаты 2-1 мм (21,55-20,23±1,61%), в то время как при комбинированной и поверхностной обработках – агрегаты >10 мм (21,13-17,41±1,2%) (рис. 1 А).

Независимо от приема основной обработки почвы были выявлены общие закономерности:

- в слое 0-10 см преобладали агрегаты размером >10 и 2-1 мм, среднее их содержание составило, соответственно, 17,4-18,6±1,3%, при этом агрегаты 1-0,5 мм и фракции <0,25 мм содержались в минимальном количестве – 5,60-6,33±0,17%;

- в слое 10-20 см преобладали агрегаты >10 мм, их среднее содержание составляло 23±1,8%, при минимальном количестве фракций <0,25 мм – 3,95±0,44% (рис. 1 Б);

- содержание агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм) составило в слое 0-10 см – 71-79%, а в слое 10-20 см – 68-74%.

Коэффициент структурности ($K_{стр.}$) чернозема типичного, который определяет сохранность в почве агрегатов агрономически ценного размера [8], характеризует агрегатное состояние во всех изучаемых вариантах опыта как *отличное*, так как $K_{стр.} > 2$. В верхнем слое 0-10 см при прямом посеве и на вспашке коэффициент структурности составлял 3,55 и 3,70 соответственно, что на 20-34% выше, чем при применении комбинированной и поверхностной обработок. Средневзвешенный диаметр воздушно-сухих агрегатов, независимо от слоя почвы, был ниже при вспашке и прямом посеве на 10-24%, чем при комбинированной и поверхностной обработках. Это доказывает участие корневой системы озимой пшеницы в формировании структурных отдельностей при названных приемах обработки почвы, что подтверждается высоким коэффициентом корреляции ($r = -0,72$).

Важной характеристикой почвы при оценке структурного состояния является ее устойчивость к внешним воздействиям, а именно водоустойчивость. Анализ распределения агрегатов после проведения мокрого просеивания выявил преобладание фракции <0,25 мм в слое 0-10 см, независимо от приема обработки чернозема типичного, а их содержание составило 42%±0,36% (рис. 2 А). В слое 10-20 см при применении вспашки и прямого посева преобладали водоустойчивые агрегаты 0,5-0,25 мм (41-45%), а при комбинированной и поверхностной обработках – фракции <0,25 мм (38-40%) (рис. 2 Б).

Минимизация приемов обработки почвы способствовала повышению водоустойчивости агрегатов >0,5 мм. Так, в слое 0-10 см при комбинированной, поверхностной обработках и прямом посеве их количество было выше в 1,3-1,7 раза, чем на вспашке. Содержание водоустойчивых агрегатов >0,5 мм в слое 10-20 см в зависимости от приемов обработки почвы снижалось в ряду: комбинированная обработка (32%) → поверхностная обработка (23%) → вспашка (19%) → прямой посев (18%).

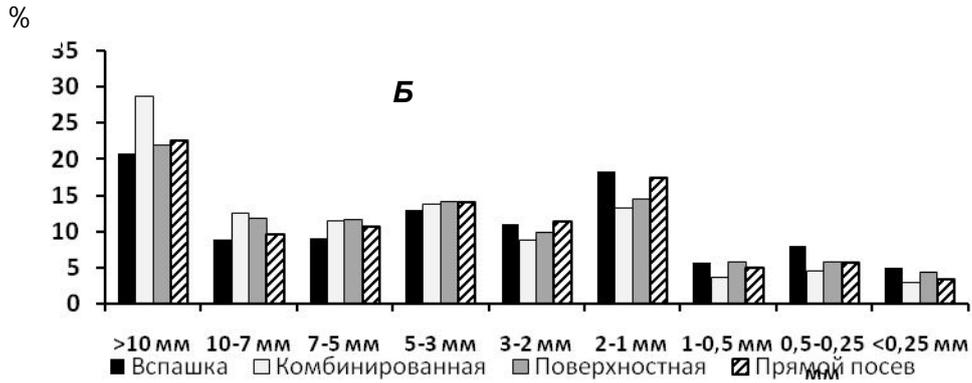
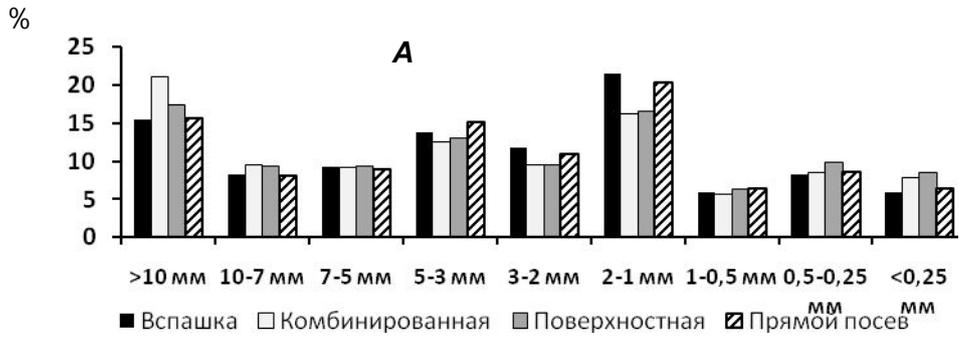


Рис. 1. Содержание воздушно-сухих агрегатов в слое почвы 0-10 см (А) и 10-20 см (Б)

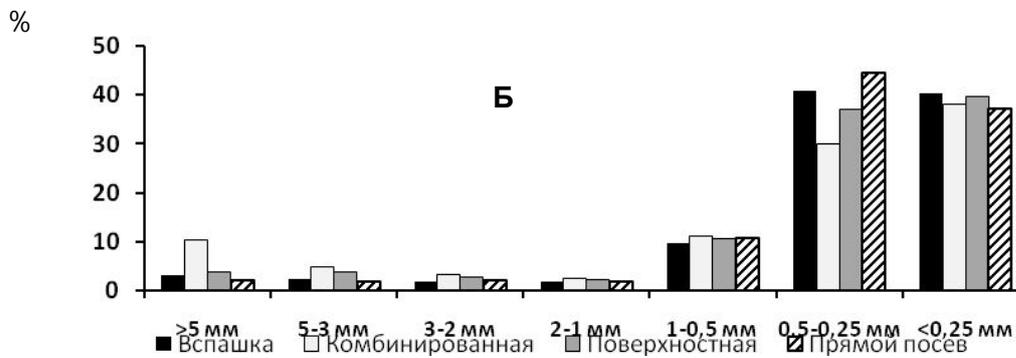
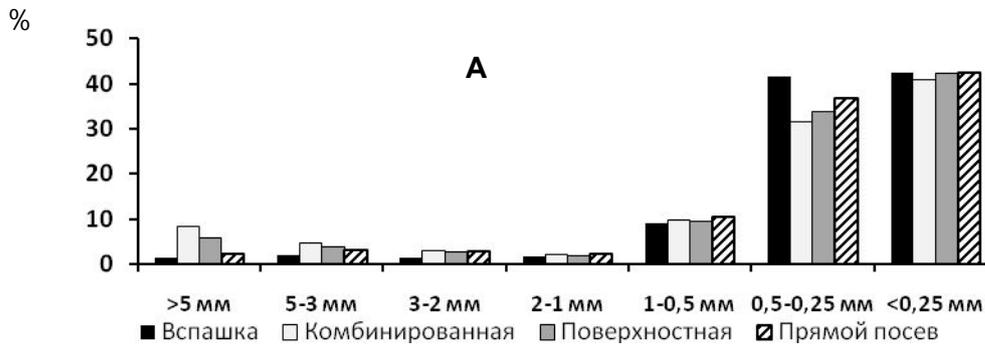


Рис. 2. Содержание водоустойчивых агрегатов в слое почвы 0-10 см (А) и 10-20 см (Б)

При оценке водоустойчивости чернозема типичного по сумме водоустойчивых агрегатов, по классификации И.В. Кузнецовой [8], установлено, что независимо от приема обработки слой почвы 0-10 см обладает *хорошей водоустойчивостью* (57-59%), а слой 10-20 см – *отличной* (60-63%) (табл. 2).

2. Влияние приемов обработки почвы на водоустойчивость чернозема типичного

Обработка	Глубина, см	Σв.а.	W	A	СВД
Вспашка	0-10	57	224	359	0,52
	10-20	60	236	365	0,63
Комбинированная	0-10	59	255	292	1,03
	10-20	62	272	490	1,17
Поверхностная	0-10	58	245	267	0,85
	10-20	60	212	407	0,76
Нулевая	0-10	58	244	316	0,64
	10-20	63	246	513	0,57
НСР ₀₅	Обработка	2,8	5,1	20,3	0,27
	Слой	2,0	3,6	14,3	0,19

Примечание. Σв.а. – сумма водоустойчивых агрегатов, %, W – индекс агрегированности, A критерий водоустойчивости, СВД – средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов, мм.

Изменения средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов были значимы как при различных приемах обработки почвы (НСР₀₅ = 0,27), так и по изучаемым слоям (НСР₀₅ = 0,19). При этом наибольший диаметр водоустойчивых агрегатов, независимо от изучаемого слоя, выявлен при комбинированном приеме обработки почвы.

Хорошая водоустойчивость, независимо от приема обработки почвы, отмечена в слое 0-10 см, а также в слое 10-20 см на вспашке и при поверхностной и комбинированной обработках. Только при прямом посеве в слое 10-20 см наблюдалась очень хорошая водоустойчивость. При этом, независимо от приема обработки почвы, критерий водоустойчивости выше в слое 10-20 см, чем в слое 0-10 см. Это обусловлено наименьшим количеством агрегатов 2-1 мм при сухом просеивании.

Индекс агрегированности при минимизации обработки почвы был выше по сравнению со вспашкой, что свидетельствует о повышении в составе водоустойчивых агрегатов структурных отдельностей размером 5-3 и 3-1 мм. Агрегаты данного размера наделены наибольшей весовой величиной (10 и 8) в формировании

агрономически ценной структуры. В почве на пашне преобладают водоустойчивые фракции 0,5-0,25 мм, но в связи с тем, что весовая величина в формировании агрономически ценной структуры для нее составляет 3, то соответственно и индекс агрегированности значительно ниже.

Заключение. Таким образом, при минимизации обработки почвы отмечается тенденция к ее уплотнению в слое 10-20 см. При этом общая пористость почвы характеризуется как отличная и удовлетворительная и зависит от приема обработки и изучаемого слоя. Вместе с тем отмечается отличное агрегатное состояние, независимо от приема обработки почвы и изучаемого слоя ($K_{стр.} > 2$). Средневзвешенный диаметр воздушно-сухих агрегатов был ниже при вспашке и прямом посеве, чем при комбинированной и поверхностной обработках. Это определяет роль корневой системы озимой пшеницы в формировании воздушно-сухих агрегатов ($\tau = 0,72$). Водоустойчивость чернозема типичного, независимо от приема обработки, в слое 0-10 см оценивалась как хорошая (57-59%), а в слое 10-20 см – как отличная (60-63%).

Литература

1. Борин А.А., Лоцинина А.Э. Влияние различных систем обработки почвы на ее агрофизические свойства и урожайность культур севооборота // *Агрофизика*. – 2018. – №3. – С. 1-7.
2. Боронтов, О.К., Никульников И.М. Влияние обработки почвы и предшествующей культуры на структуру чернозема выщелоченного // *Почвоведение*. – 1998. – №6. – С. 674-679.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Дридегер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву: методические рекомендации. – Ставрополь: Сервисшкола, 2020. – 69 с.
5. Коржов С.И., Трофимова Т.А., Черников А.С. Изменение физических свойств чернозема выщелоченного при сельскохозяйственном использовании // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2009. – №3. – С. 34-36.
6. Королев В.А., Громолик А.И., Боронтов О.К. Изменение основных показателей плодородия чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки // *Почвоведение*. – 2016. – №1. – С. 107-114.
7. Турусов В.И., Гармашов В.М., Витер А.Ф., Гаврилова С.А. Качество продукции при различных приемах основной обработки почвы // *Земледелие*. – 2012. – №6. – С. 34-36.
8. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
9. Oldeman L.R. Impact of soil degradation: a global scenario. Working Paper 2000/01. International Soil Reference and Information Centre. ISRIC report. Wageningen, Netherlands. 11 pp. <http://www.isric.org/node/315>.

CHANGE OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL CHERNOZEM UNDER THE INFLUENCE OF BASIC PROCESSING

E. V. Dubovik, D. V. Dubovik, A. V. Shumakov, Kursk Federal Agrarian Scientific Center

Changes in the agrophysical properties of Haplic Chernozems are presented with various practices of primary tillage (plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing) in the Central Chernozem Area (Kursk Region) under winter wheat. The tendency of soil compaction with minimization of tillage in layer of 10-20 cm is revealed. The characteristic of changes in porosity and structural-aggregate composition of Haplic Chernozem in layers 0-10 cm and 10-20 cm with various practices of primary tillage.

Key words: Haplic Chernozems, plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing, structural-aggregate composition