



Научная статья

УДК 631.452:631.445.4:631.51.01

doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_2\_173

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ СОИ

Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.Н. Морозов, А.В. Шумаков

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования влияния способов основной обработки почвы (вспашка с оборотом пласта, 20-22 см); комбинированной обработки (дискование + чизель, 20-22 см); поверхностной обработки (дискование до 8 см); прямого посева (No-till) на изменение агрохимических показателей плодородия чернозема типичного в почвенно-климатических условиях Курской области под посевами сои. Установлено, что при уменьшении глубины и переходе на ресурсосберегающие способы обработки происходит повышение содержания в почве гумуса на 0,28-0,54%, общего азота — на 0,01%, азота щелочногидролизуемого — на 0,50-0,79 мг/100 г, подвижного фосфора — на 0,8-5,0 мг/100 г, обменного калия — на 4,3-8,0 мг/100 г. Отмечается дифференциация плодородия почвы по слоям, обусловленная снижением глубины обработки, с накоплением гумуса, азота, фосфора и калия в верхнем 0-10 см слое, с наибольшей степенью дифференциации при прямом посеве. Установлена тенденция к подкислению почвы при использовании вспашки и прямого посева с  $pH_{\text{ккл}}$  5,3 до pH 5,0. При безотвальных способах обработки (комбинированной и поверхностной) происходит накопление минерального азота в слое 0-20 см больше на 0,43-0,50 мг/100 г по сравнению с отвальной обработкой (вспашка) и прямым посевом. Минимизация обработки способствует увеличению содержания подвижного натрия в почве с максимальным количеством при прямом посеве. При этом отмечается повышение содержания подвижного натрия в слое 10-20 см по сравнению со слоем 0-10 см, независимо от способа основной обработки, на 0,79-1,67 мг/кг. При комбинированной и поверхностной обработках происходит увеличение содержания подвижного кальция в почве, что связано с уровнем кислотности почвы.

**Ключевые слова:** вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, плодородие почвы

Original article

## CHANGES IN THE FERTILITY OF TYPICAL CHERNOZEM WITH VARIOUS METHODS OF PRIMARY TILLAGE UNDER SOYBEANS

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

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

**Abstract.** Studies were conducted to determine the influence of methods of primary tillage (plowing with a soil sheet turnover, 20-22 cm deep); combined tillage (disking + chisel, 20-22 cm deep); surface tillage (disking up to 8 cm); direct sowing (No-till) on the change in agrochemical indicators of the fertility of typical chernozem under the soil and climatic conditions of Kursk region under soybeans. It was found that with a decrease in tillage depth and the transition to resource-saving methods of tillage, the content of humus in the soil increased by 0.28-0.54%, total nitrogen by 0.01%, alkaline hydrolyzable nitrogen by 0.50-0.79 mg/100 g, mobile phosphorus by 0.8-5.0 mg/100 g, exchangeable potassium by 4.3-8.0 mg/100 g. There is a differentiation of soil fertility by layers, due to a decreased depth of cultivation, with the accumulation of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in the upper 0-10 cm layer, with a maximum degree of differentiation during direct sowing. There is a tendency to soil acidification when using plowing and direct sowing from  $pH_{\text{ккл}}$  5.3 to pH 5.0. With boardless tillage methods (combined and surface ones), mineral nitrogen accumulates in a layer of 0-20 cm by 0.43-0.50 mg/100 g compared to moldboard tillage (plowing) and direct sowing. Minimization of tillage contributes to an increase in the content of mobile sodium in the soil with the maximum amount during direct sowing. At the same time, there is an increase in the content of mobile sodium in the 10-20 cm layer compared to the 0-10 cm layer, regardless of the method of primary tillage by 0.79-1.67 mg/kg. With combined and surface methods of tillage, there is an increase in the content of mobile calcium in the soil, which is associated with the level of soil acidity.

**Keywords:** plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing, soil fertility

### Введение

В настоящее время перед сельскохозяйственным производством довольно остро стоит задача получения запланированного количества продукции высокого качества при условии сохранения почвенного плодородия. Для решения этой задачи необходима разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и, в частности, сои.

Одним из наиболее энергозатратных элементов агротехнологий является обработка почвы [1]. При этом чем больше глубина обработки почвы, тем больше затрат энергоресурсов приходится на нее. Поэтому, с целью сокращения затрат, а также воспроизводства плодородия почв, в ресурсосберегающих технологиях

предусмотрен переход на минимизацию механических обработок почвы [2].

Одним из факторов выбора того или иного способа обработки является уровень его воздействия на изменение агрохимических свойств почвы. В многочисленных исследованиях отмечается неоднозначное влияние минимизации механической обработки почвы на ее агрохимические показатели. Так, механическая обработка почвы оказывает существенное воздействие на направленность трансформации органического вещества в почве [3, 4]. Имеются данные о накоплении органического вещества в верхних слоях почвы при минимизации обработки за счет увеличения в них количества пожнивных-корневых остатков [38, 39, 40]. При этом замедление разложения растительных остатков,

накапливающихся в верхнем слое почвы, при минимальных обработках может снижать содержание минерального азота [8].

Минимизация основной обработки почвы может приводить к дифференциации пахотного слоя по содержанию элементов питания [9], особенно таких, как фосфор и калий [10, 11].

В связи с этим оценка воздействия минимизации способов основной обработки почвы на агрохимические показатели почвенного плодородия является актуальным вопросом.

### Цель, объекты и методы исследований

Целью исследований являлось изучение влияния минимизации способов основной обработки почвы на изменение агрохимических

показателей чернозема типичного в почвенно-климатических условиях Курской области под посевами сои.

Исследования проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2019-2021 гг.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование + чизель) на глубину 20-22 см; поверхностная обработка (дискование) на 8-10 см; без обработки (прямой посев — No-till). Способы обработки почвы применялись систематически для каждого варианта с 2015 г. Исследования выполнены в 2019-2021 гг. на посевах сои (*Glycine max*) сорта Казачка.

При изучении способов основной обработки почвы при возделывании сои особое внимание уделялось использованию технологии No-till в почвенно-климатических условиях Курской области. При этом необходимо учитывать, что положительный результат от данной технологии может проявляться не ранее 4-го года систематического применения [12].

Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м<sup>2</sup> (60×100), повторность трехкратная. Отбор проб проводился после уборки сои. Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым.

Агрохимические показатели плодородия почвы определялись по следующим методикам: общий гумус — по ГОСТ 26213-91; азот щелочногидролизующий — по Корнфилду; подвижный фосфор и калий — по Чирикову (ГОСТ 26204-91); обменный кальций и магний — по ГОСТ 26487-85; рН<sub>ксл</sub> — по ГОСТ 26483-85; гидролитическую кислотность — по ГОСТ 26212-91; нитратный азот — по ГОСТ 26488-85; аммонийный азот — по ГОСТ 26489-85; степень подвижности фосфора и калия — по Методическим указаниям по определению степени подвижности фосфора и калия в почвах [13]. Определение содержания в почве подвижных форм натрия и кальция было проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе ААС-3. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

### Результаты и обсуждение

Одним из наиболее значимых показателей, характеризующих плодородие почвы, является содержание гумуса. Исследования под посевами сои показали, что в среднем в слое почвы 0-20 см наиболее высокое содержание гумуса было при использовании прямого посева — 5,62% (табл. 1). С увеличением глубины обработки почвы и изменением способа механического воздействия на нее происходит снижение содержания гумуса в пахотном слое. Так, по сравнению с прямым посевом, количество гумуса при отвальной обработке снижается на 0,54%, безотвальной (комбинированной) обработке — на 0,44%, поверхностной обработке — на 0,28%.

При этом, независимо от способа обработки почвы, наблюдается тенденция в накоплении гумуса в верхнем слое почвы 0-10 см, которая усиливается по мере минимизации обработки. Так, разница между слоями почвы в содержании гумуса при вспашке составляла 0,19%, комбинированной обработке — 0,31%, поверхностной обработке — 0,49%, прямом посеве — 0,53%.

Очевидно, что дифференциация содержания гумуса в почвенных слоях связана с большим накоплением растительных остатков в верхнем слое по мере снижения глубины обработки.

Количество общего азота в почве имеет высокую степень связи с содержанием гумуса ( $r=0,84$ ). При всех изучаемых способах обработки почвы содержание общего азота было выше в верхнем слое 0-10 см, чем в слое 10-20 см (табл. 1). Отмечается увеличение количества общего азота в почве при прямом посеве.

Содержание щелочногидролизующего азота в почве тесно связано с содержанием гумуса ( $r=0,94$ ) и общего азота ( $r=0,70$ ), в связи с чем закономерности его распределения аналогичны распределению гумуса. В среднем меньше всего щелочногидролизующего азота содержалось в почве при вспашке — 15,61 мг/100 г. Его наибольшее количество отмечается при прямом посеве — 16,40 мг/100 г, что выше, чем при вспашке на 0,79 мг/100 г, комбинированной обработке — на 0,49 мг/100 г, поверхностной обработке — на 0,50 мг/100 г (табл. 1).

При этом также отмечается накопление щелочногидролизующего азота в верхнем слое почвы (0-10 см) при безотвальной и минимальных способах обработки с максимумом при прямом посеве — 16,80 мг/100 г. Разница между слоями почвы 0-10 и 10-20 см составляла: при комбинированной обработке — 0,35 мг/100 г, поверхностной обработке — 0,79 мг/100 г, прямом посеве — 0,79 мг/100 г. При отвальной обработке содержание щелочногидролизующего азота в слое 0-10 см было незначительно ниже, чем в слое 10-20 см — на 0,08 мг/100 г почвы.

При выборе способа основной обработки почвы необходимо учитывать его воздействие на кислотно-основные свойства почвы. В проведенных исследованиях установлено, что способ обработки почвы существенно влиял на уровень кислотности почвы (табл. 2).

Можно отметить, что при крайне противоположных способах обработки — вспашке и прямом посеве наблюдается подкисление почвы (рН<sub>ксл</sub> 5,0). В среднем наименее кислая реакция почвенного раствора выявлена при использовании комбинированной обработки — рН<sub>ксл</sub> 5,3, при переходе на поверхностную обработку рН составила 5,2. Существенной разницы между почвенными слоями по уровню рН не выявлено.

Характер изменения гидролитической кислотности почвы был аналогичен показателям рН, так как между ними существует обратная прямая зависимость ( $r=-0,97$ ).

Содержание обменного кальция и магния незначительно различалось по слоям почвы и способам основной обработки. Можно отметить тенденцию к снижению содержания кальция при увеличении уровня кислотности чернозема типичного, что объясняется повышением его растворимости в кислой почве ( $r=0,75$ ).

Важным показателем почвенного плодородия является содержание в почве подвижных форм фосфора и калия. При изучении фосфорно-калийного режима чернозема типичного в зависимости от используемых способов основной обработки почвы установлены следующие закономерности.

Как в слое почвы 0-10 см, так и в слое 10-20 см при использовании вспашки отмечается наименьшее содержание подвижных форм фосфора по сравнению с другими изучаемыми вариантами — 15,9 мг/100 г (табл. 3). При переходе на безотвальные приемы обработки почвы количество подвижного фосфора в среднем по слою 0-20 см повышается на комбинированной, поверхностной обработках и прямом посеве, соответственно, на 1,6, 0,8, и 5,0 мг/100 г.

Таблица 1. Содержание гумуса и азота в черноземе типичном  
Table 1. Humus and nitrogen content in typical chernozem

Способ обработки почвы	Глубина, см	Гумус, %	Н общий, %	Н щелочногидролизующий, мг/100 г
Вспашка	0-10	5,27	0,24	15,57
	10-20	5,08	0,23	15,65
Комбинированная	0-10	5,42	0,24	16,08
	10-20	5,11	0,23	15,73
Поверхностная	0-10	5,67	0,24	16,29
	10-20	5,18	0,24	15,50
Прямой посев	0-10	5,88	0,25	16,80
	10-20	5,35	0,24	16,01
НСР <sub>05</sub>	обработка	0,27	0,011	0,73
	слой	0,19	0,008	0,46

Таблица 2. Кислотно-основные свойства почвы  
Table 2. Acid-base properties of the soil

Способ обработки почвы	Глубина, см	рН <sub>ксл</sub>	Нг	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
			мг-экв/100 г почвы		
Вспашка	0-10	5,0	5,93	20,6	4,5
	10-20	5,0	5,88	20,6	4,9
Комбинированная	0-10	5,3	4,60	21,4	4,1
	10-20	5,3	4,37	21,4	4,1
Поверхностная	0-10	5,2	4,96	20,6	4,5
	10-20	5,2	4,87	20,6	4,5
Прямой посев	0-10	5,0	5,91	19,4	4,5
	10-20	5,1	5,38	20,2	4,5
НСР <sub>05</sub>	обработка	0,1	0,49	0,9	0,4
	слой	0,1	0,34	0,6	0,3



Таблица 3. Фосфорно-калийный режим чернозема типичного  
Table 3. Phosphorus-potassium regime of typical chernozem

Способ обработки почвы	Глубина, см	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Степень подвижности	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг/100 г		мг/л	
Вспашка	0-10	16,2	10,5	0,309	3,3
	10-20	15,6	11,3	0,284	3,7
Комбинированная	0-10	17,7	15,0	0,350	5,1
	10-20	17,2	13,6	0,255	4,5
Поверхностная	0-10	16,9	15,4	0,365	5,4
	10-20	16,4	13,8	0,281	3,4
Прямой посев	0-10	22,6	22,9	0,861	10,9
	10-20	19,3	14,9	0,433	4,1
НСР <sub>05</sub>	обработка	1,9	4,1	0,101	2,1
	слой	1,5	3,3	0,082	1,8

По слоям почвы существенных различий в содержании подвижного фосфора на вспашке и комбинированной и поверхностной обработках не выявлено (разница составляла 0,5-0,6 мг/100 г), но отмечается тенденция к повышению количества фосфора в верхнем 0-10 см слое. При прямом посеве содержание подвижного фосфора в слое 0-10 см было значимо выше, чем в слое 10-20 см — на 3,3 мг/100 г.

Характер изменения степени подвижности фосфора повторял закономерности в его распределении по вариантам опыта, что обусловлено весьма высокой связью этих показателей (r=0,95). Так, в среднем наименьшая степень подвижности фосфора отмечается при вспашке (0,296 мг/л), а наибольшая при прямом посеве (0,647 мг/л). В слое почвы 0-10 см степень подвижности была выше, чем в слое 0-20 см на 0,025-0,428 мг/л.

Содержание обменного калия в почве было наибольшим при прямом посеве (в среднем 18,9 мг/100 г) (табл. 3). По сравнению с прямым посевом количество калия в среднем в слое 0-20 см снижалось при вспашке на 8,0 мг/100 г, комбинированной обработке — на 4,6 мг/100 г, поверхностной обработке — на 4,3 мг/100 г.

По слоям почвы при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках существенных различий в изменении данного показателя не наблюдалось (разница 0,8-1,6 мг/100 г). При использовании прямого посева в слое 0-10 см количество калия было на 8,0 мг/100 г выше, чем в слое 10-20 см.

Степень подвижности калия повторяла особенности распределения его обменной формы,

как так эти показатели находятся в весьма высокой степени зависимости (r=0,95). В среднем самая высокая степень подвижности калия отмечена при прямом посеве — 7,5 г/л, а наименьшая при вспашке — 3,5 г/л. В верхнем слое почвы (0-10 см) степень подвижности калия при минимизации обработки была выше, чем в нижележащем слое (10-20 см) на 0,6-6,8 г/л.

Для питания сои большое значение имеет содержание доступных минеральных форм азота в почве. Содержание нитратного азота в верхнем слое 0-20 см было наиболее высоким при поверхностной обработке — 0,63 мг/100 г (табл. 4).

В целом содержание нитратного азота при вспашке, комбинированной обработке и прямом посеве существенно не изменялось и составляло 0,43-0,59 мг/100 г. В слое почвы 10-20 см при вспашке количество нитратного азота было выше по сравнению с верхним 0-10 см слоем. При усилении минимизации обработки в нижнем слое произошло существенное повышение нитратного азота относительно слоя 0-10 см. Так, его содержание здесь увеличилось при комбинированной обработке в 1,2 раза, поверхностной обработке — в 1,4 раза, прямом посеве — в 1,8 раза.

Содержание аммонийного азота в слое 0-10 см было минимальным при вспашке (табл. 4). При минимизации обработки почвы происходит увеличение количества аммонийного азота в этом слое на 0,23-0,24 мг/100 г. В слое 0-20 см содержание аммонийного азота в почве по изучаемым способам основной обработки существенно не изменялось и составляло 0,35-0,46 мг/100 г. Существенные изменения этой

формы азота между слоями почвы отмечают при вспашке (0,16 мг/100 г) и прямом посеве (0,13 мг/100 г).

В целом в слое 0-20 см можно отметить увеличение содержания минерального азота (N-NO<sub>3</sub> + N-NH<sub>4</sub>) при безотвальных обработках (комбинированной и поверхностной) на 0,47-0,50 мг/100 г по сравнению с отвальной обработкой (вспашка) и на 0,43-0,46 мг/100 г по сравнению с вариантом без обработки почвы (прямой посев).

Очевидно, что такие различия в содержании минерального азота обусловлены микроклиматическими условиями, формирующимися при разных способах обработки почвы, особенно прямом посеве. Оставленная стерня при прямом посеве способствует созданию менее благоприятных условий для разложения растительных остатков. В результате замедляется разложение биомассы остатков и снижается высвобождение азотсодержащих веществ [14]. Снижение минерального азота при вспашке обусловлено большей урожайностью и, соответственно, большим расходом азота растениями.

Среди химических элементов, жизненно необходимых растениям, важное место занимают натрий и кальций. Натрий необходим для транспорта веществ через мембраны, входит в так называемый натрий-калиевый насос. При этом высокое содержание подвижных соединений натрия ухудшает как физические, так и агрохимические свойства почв. Кальций играет важную роль в процессе почвообразования, поскольку его ионы входят в состав почвенных коллоидов. Он регулирует кислотность почвенного раствора, влияя на соотношение ионов H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup> [15].

Одним из факторов, обуславливающих содержание подвижных форм этих элементов в почве, является основная обработка почвы. Различные приемы основной обработки почвы, воздействуя на ее водный, воздушный и микробиологический режимы, способствуют изменению содержания подвижных форм натрия и кальция в почве.

В проведенных исследованиях наблюдается повышение содержания подвижного натрия при минимизации обработки в верхнем слое почвы 0-10 см. Так, по сравнению со вспашкой его количество увеличилось при комбинированной обработке на 0,22 мг/кг, поверхностной обработке — на 1,99 мг/кг, прямом посеве — на 3,58 мг/кг (табл. 5). В слое 10-20 см наблюдается повышение содержания подвижного натрия по сравнению со слоем 0-10 см, независимо от способа основной обработки, на 0,79-1,67 мг/кг.

Таблица 4. Содержание минерального азота в почве  
Table 4. The content of mineral nitrogen in the soil

Способ обработки почвы	Глубина, см	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Σ
		мг/100 г		
		Вспашка	0-10	0,44
10-20	0,55		0,41	0,96
Комбинированная	0-10	0,54	0,49	1,01
	10-20	0,63	0,46	1,12
Поверхностная	0-10	0,52	0,49	1,01
	10-20	0,73	0,41	1,14
Прямой посев	0-10	0,31	0,48	0,79
	10-20	0,55	0,35	0,90
НСР <sub>05</sub>	обработка	0,16	0,14	0,23
	слой	0,11	0,12	0,16

Таблица 5. Содержание подвижного натрия и кальция в почве  
Table 5. The content of mobile sodium and calcium in the soil

Способ обработки почвы	Глубина, см	Na	Ca
		мг/кг	
		Вспашка	0-10
10-20	11,10		2686,0
Комбинированная	0-10	9,91	3258,0
	10-20	10,70	3135,0
Поверхностная	0-10	11,68	3382,2
	10-20	13,01	2988,0
Прямой посев	0-10	13,27	2896,1
	10-20	14,94	2696,9
НСР <sub>05</sub>	обработка	1,89	257,2
	слой	1,27	181,8







Наиболее существенное увеличение подвижного натрия в слое 10-20 см отмечается при прямом посеве — на 1,93-4,24 мг/кг.

Содержание подвижного кальция в слое почвы 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см при всех изучаемых способах обработки на 123,0-394,2 мг/кг. При этом наиболее высокое количество кальция в этом слое почвы отмечается при поверхностной обработке (табл. 5). В среднем по слою 0-20 см наименьшее содержание подвижного кальция было при вспашке и прямом посеве, а наибольшее при комбинированной и поверхностной обработках. Очевидно, это связано с уровнем кислотности почвы, формирующимся при используемых способах основной обработки. Это подтверждается высокой корреляционной связью между содержанием в почве подвижного кальция и pH почвенного раствора ( $r=0,73$ ), а также заметной связью с количеством обменного кальция ( $r=0,51$ ).

### Выводы

Таким образом, установлено, что постоянное применение отвальной обработки почвы ведет к снижению уровня почвенного плодородия. При уменьшении глубины и переходе на ресурсосберегающие способы обработки происходит повышение содержания в почве гумуса на 0,28-0,54%, общего азота — на 0,01%, азота щелочно-гидролизуемого — на 0,50-0,79 мг/100 г, подвижного фосфора — на 0,8-5,0 мг/100 г, обменного калия — на 4,3-8,0 мг/100 г.

При минимизации обработки почвы отмечается дифференциация плодородия почвы по слоям, с накоплением гумуса, азота, фосфора и калия в верхнем 0-10 см слое, причем наибольшая степень дифференциации происходит при прямом посеве.

При использовании вспашки и прямого посева происходит подкисление почвы с  $pH_{\text{кв}}$  5,3, до  $pH$  5,0, снижается содержание обменного кальция в почве.

При безотвальных способах обработки (комбинированной и поверхностной) происходит увеличение накопления минерального азота в слое 0-20 см на 0,43-0,50 мг/100 г по сравнению с отвальной обработкой (вспашка) и прямым посевом.

При минимизации обработки наблюдается увеличение содержания подвижного натрия в почве с максимальным количеством при прямом посеве. При этом отмечается повышение содержания подвижного натрия в слое 10-20 см по сравнению со слоем 0-10 см, независимо от способа основной обработки, на 0,79-1,67 мг/кг. При комбинированной и поверхностной обработках происходит увеличение содержания подвижного кальция в почве, что обусловлено уровнем кислотности почвы.

### Информация об авторах:

**Дубовик Дмитрий Вячеславович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, [dubovikdm@yandex.ru](mailto:dubovikdm@yandex.ru)

**Дубовик Елена Валентиновна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, [dubovikev@yandex.ru](mailto:dubovikev@yandex.ru)

**Морозов Александр Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, [alex.morozoff76@yandex.ru](mailto:alex.morozoff76@yandex.ru)

**Шумаков Александр Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, [kniapp@mail.ru](mailto:kniapp@mail.ru)

### Information about the authors:

**Dmitry V. Dubovik**, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, [dubovikdm@yandex.ru](mailto:dubovikdm@yandex.ru)

**Elena V. Dubovik**, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, [dubovikev@yandex.ru](mailto:dubovikev@yandex.ru)

**Alexander N. Morozov**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, [alex.morozoff76@yandex.ru](mailto:alex.morozoff76@yandex.ru)

**Alexander V. Shumakov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, [kniapp@mail.ru](mailto:kniapp@mail.ru)

### Список источников

1. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // *Земледелие*. 2017. № 4. С. 19-22.

2. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. СПб.: Лань, 2021. 464 с.

3. Rennert, Th., Ghong, N.P., Rinklebe, J. (2017). Permanganate-oxidizable soil organic matter in floodplain soils. *Catena*, no. 149, pp. 381-384. doi: 10.1016/j.catena.2016.10.020

4. Romero, C.M., Engel, R.E., D'Andrilli, J., Chen, Ch., Zabinski, C., Miller, P.R., Wallander, R. (2018). Patterns of change in permanganate oxidizable soil organic matter from semiarid drylands reflected by absorbance spectroscopy and Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry. *Organic Geochemistry*, no. 120, pp. 19-30. doi: 10.1016/j.orggeochem.2018.03.005

5. Власенко А.Н., Кудашкин П.И., Власенко Н.Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2020. № 5. С. 3-5. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10501

6. Mulumba, L.N., Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, vol. 98, pp. 106-111. doi: 10.1016/j.still.2007.10.011

7. Kahlon, M.S., Lal, R., Ann-Varughese, M. (2013). Twenty-two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, vol. 126, pp. 151-58. doi: 10.1016/j.still.2012.08.001

8. Malhi, S.S., Nyborg, M., Goddard, T., Puurveen, D. (2011). Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, no. 90, pp. 227-241. doi: 10.1007/s10705-011-9424-6

9. Кураченко 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

10. Дридигер В.К., Иванов А.Л., Белобров В.П., Кутюева О.В. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // *Почвоведение*. 2020. № 9. С. 1111-1120. doi: 10.31857/S0032180X20090038

11. Komissarov, M.A., Klik, A. (2020). The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria. *Eurasian Soil Science*, vol. 53, no. 4, pp. 503-511. doi: 10.1134/S1064229320040079

12. Дридигер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву (методические рекомендации). Ставрополь: Сервисшкола, 2020. 69 с.

13. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

14. Nyborg, J.M., Solberg, E.D., Jsaurralde, R.C. et al. (1995). Influence of long-term tillage straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance. *Soil and Tillage Research*, no. 3, pp. 165-174.

15. Шейджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.

### References

1. Kuzychenko, Yu.A., Kulintsev, V.V., Kobozev, A.K. (2017). Effektivnost' obrabotki pochvy v sevooborotakh na razlichnykh tipakh pochv Tsentral'nogo Predkavkaz'ya [Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils of the Fore-Caucasus]. *Zemledelie*, no. 4, pp. 19-22.

2. Kiryushin, V.I., Kiryushin, S.V. (2021). *Agrotekhnologii* [Agrotechnologies]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 464 p.

3. Rennert, Th., Ghong, N.P., Rinklebe, J. (2017). Permanganate-oxidizable soil organic matter in floodplain soils. *Catena*, no. 149, pp. 381-384. doi: 10.1016/j.catena.2016.10.020

4. Romero, C.M., Engel, R.E., D'Andrilli, J., Chen, Ch., Zabinski, C., Miller, P.R., Wallander, R. (2018). Patterns of change in permanganate oxidizable soil organic matter from semiarid drylands reflected by absorbance spectroscopy and Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry. *Organic Geochemistry*, no. 120, pp. 19-30. doi: 10.1016/j.orggeochem.2018.03.005

5. Vlasenko, A.N., Kudashkin, P.I., Vlasenko, N.G. (2020). Vliyaniye resursosberegayushchikh tekhnologiy na sodержание gumusa v chernozeme vyshchelochennom severnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Influence of resourcesaving technologies on the humus content in leached chernozem of the Northern forest-steppe of Western Siberia]. *Zemledelie*, no. 5, pp. 3-5. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10501

6. Mulumba, L.N., Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, vol. 98, pp. 106-111. doi: 10.1016/j.still.2007.10.011

7. Kahlon, M.S., Lal, R., Ann-Varughese, M. (2013). Twenty-two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, vol. 126, pp. 151-58. doi: 10.1016/j.still.2012.08.001

8. Malhi, S.S., Nyborg, M., Goddard, T., Puurveen, D. (2011). Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, no. 90, pp. 227-241. doi: 10.1007/s10705-011-9424-6

9. Kurachenko, N.L., Kolesnik, A.A. (2020). Soderzhanie i prostanstvennoye raspredeleniye podvizhnykh ehlementov pitaniya agrochernozemov v zavisimosti ot sposobov osnovnoy obrabotki pochvy [Content and spatial distribution of agrochemical significant of the agrochernozems in the conditions of main processing of the soil]. *Agrokhiimiya* [Agricultural chemistry], no. 7, pp. 11-16. doi: 10.31857/S0002188120030084

10. Dridiger, V.K., Ivanov, A.L., Belobrov, V.P., Kutovaya, O.V. (2020). Vosstanovleniye svoystv pochv v tekhnologii pryamogo poseva [Restoration of soil properties by using direct sowing technology]. *Pochvovedeniye* [Soil science], no. 9, pp. 1111-1120. doi: 10.31857/S0032180X20090038

11. Komissarov, M.A., Klik, A. (2020). The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria. *Eurasian Soil Science*, vol. 53, no. 4, pp. 503-511. doi: 10.1134/S1064229320040079

12. Dridiger, V.K. (2020). *Osobennosti provedeniya nauchnykh issledovaniy po minimizatsii obrabotki pochvy i pryamomu posevu (metodicheskie rekomendatsii)* [Features of conducting scientific research on minimized tillage and direct sowing (methodological recommendations)]. Stavropol, Servishkola Publ., 69 p.

13. Mineev, V.G. i dr. (2001). *Praktikum po agrokhiimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University, 689 p.

14. Nyborg, J.M., Solberg, E.D., Jsaurralde, R.C. et al. (1995). Influence of long-term tillage straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance. *Soil and Tillage Research*, no. 3, pp. 165-174.

15. Sheudzhen, A.Kh. (2003). *Biogekhiimiya* [Biogeochemistry]. Maykop, GURIPP "Adygeya", 1028 p.