



Научная статья

УДК 631.51.01:631.811:633.853.52

doi: 10.55186/25876740_2022_65_4_391

СОДЕРЖАНИЕ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКАХ ПОД ПОСЕВАМИ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.Н. Морозов, Б.С. Ильин

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье приведены исследования влияния способов основной обработки почвы (вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев) на накопление азота, фосфора и калия в растительных остатках, соломе и зерне сои в условиях Курской области. Рассчитан баланс макроэлементов, поступающих с растительными остатками. Установлено, что в весенний период на посевах сои в слое почвы 0-20 см при безотвальных способах основной обработки почвы (комбинированная и поверхностная обработки), а также прямом посеве, содержится больше неразложившихся растительных остатков (17,39-18,82 т/га), чем при отвальном способе — вспашке (13,87 т/га). При этом по мере снижения глубины обработки почвы большая масса растительных остатков концентрируется в верхнем 0-10 см слое почвы. Запасы азота, фосфора и калия в растительных остатках сои к периоду уборки в слое 0-10 см увеличиваются при всех изучаемых способах основной обработки, а в слое 10-20 снижаются, за исключением азота и фосфора на вспашке. Более высокая масса соломы сои (2,0-2,1 т/га) формировалась на фоне прямого посева и вспашки, при этом содержание азота, фосфора и калия в ней было наименьшим. За счет большего урожая вегетативной массы сои количество азота и фосфора, поступающее с массой соломы при прямом посеве и вспашке, было самым высоким. В зерне сои максимальное количество азота накапливается при ее возделывании по вспашке (5,33%), фосфора и калия — по прямому посеву (1,41 и 1,96% соответственно). Без применения минеральных удобрений складывается отрицательный биологический баланс питательных макроэлементов. При этом наибольших значений он достигает при использовании в качестве способа основной обработки почвы вспашки и прямого посева. Более высокий отрицательный баланс элементов питания на этих вариантах обусловлен максимальной урожайностью зерна сои на них.

Ключевые слова: вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, растительные остатки, макроэлементы, соя

Original article

THE CONTENT OF MACRONUTRIENTS IN PLANT RESIDUES UNDER SOYBEANS DEPENDING ON PRIMARY TILLAGE METHODS

D.V. Dubovik, E.V. Dubovik, A.N. Morozov, B.S. Ilyin

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article presents the results of studying the influence of primary tillage methods (plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing) on the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in plant residues, straw and soybean grain, under the conditions of Kursk region. The balance of macronutrients coming from plant residues was calculated. It was found that in the spring period in the soil layer of 0-20 cm in soybean fields treated with boardless methods of primary tillage (combined and surface tillage), as well as direct sowing, more undecayed plant residues (17.39-18.82 t/ha) were contained than in those treated with moldboard plowing (13.87 t/ha). At the same time, as the depth of tillage decreased, a large mass of plant residues was concentrated in the upper 0-10 cm soil layer. By the harvest period the reserves of nitrogen, phosphorus and potassium in soybean plant residues, in the 0-10 cm soil layer increased with all the primary tillage methods studied, and in the 10-20 layer they decreased, with the exception of nitrogen and phosphorus in case of plowing. A higher mass of soybean straw (2.0-2.1 t/ha) was formed against the background of direct sowing and plowing, while the content of nitrogen, phosphorus and potassium in it was the lowest. Due to the larger yield of the vegetative mass of soybeans, the amount of nitrogen and phosphorus supplied with the mass of straw during direct sowing and plowing was the highest. In soybeans grain maximum amount of nitrogen accumulated in case of its cultivation by plowing (5.33%), phosphorus and potassium by direct sowing (1.41 and 1.96%, respectively). A negative biological balance of macronutrients developed when no mineral fertilizers were applied. At the same time, it reached the highest values in case of plowing and direct sowing used as methods of primary tillage. A higher negative balance of nutrients in those variants was due to the maximum yield of soybean grain in them.

Keywords: plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing, plant residues, macronutrients, soybeans

Введение. Растительные остатки являются одним из средств регулирования плодородия почвы, служат источником поступления макро- и микроэлементов. Они оказывают как прямое, так и косвенное действие на химические, физические и биологические свойства почвы [1]. Растительные остатки служат субстратом для микроорганизмов, продуцентом органических соединений, обеспечивают структурную устойчивость почв [2, 3]. В почве растительные остатки распределены неравномерно. Одним из факторов их дифференциации по почвенным слоям является глубина обработки почвы [4]. Глубокие отвальные обработки способствуют

распределению растительных остатков по всему пахотному горизонту, безотвальные и мелкие обработки обуславливают их накопление в верхнем слое почвы [5]. При отсутствии механической обработки почв, в технологиях прямого посева, на поверхности остается мульчирующий слой из растительных остатков [6].

Зернобобовые культуры по количеству растительных остатков существенно уступают злаковым [7, 8]. Это связано с особенностями строения корневой системы и листовостебелной массы двудольных и однодольных растений [9]. Кроме того, накопление растительных остатков под зернобобовыми культурами и, в частности,

соей зависит от способа основной обработки почвы, используемого в технологии ее возделывания. Способ основной обработки почвы, используемый при возделывании сои, во многом определяет уровень урожайности основной и побочной продукции [10, 11, 12]. Увеличение урожайности основной продукции влечет за собой повышение выноса питательных элементов из почвы. В то же время снижение корневой массы, количества заделываемой соломы способствует возникновению дефицитного баланса основных макроэлементов.

Поэтому при выборе основной обработки почвы под сою необходимо знать возможный

уровень поступления растительных остатков для оценки баланса элементов минерального питания растений, для его корректировки в случае дефицита.

Цель работы — изучение влияния способов основной обработки на накопление растительных остатков в почве под посевами сои, оценка уровня содержания в них азота, фосфора и калия и определение баланса данных макроэлементов.

Объекты и методы. Исследования проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2021 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. Предшественник — озимая пшеница.

Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 × 100), повторность трехкратная. Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым.

Оценка запасов неразложившихся растительных остатков сельскохозяйственных культур в пахотном слое проведена буровым методом с последующей отмывкой [13]. Отбор проб

растительных остатков, содержащихся в почве, проводился до посева (апрель) и после уборки сои (сентябрь) в шестикратной повторности. Определение азота, фосфора и калия в корневых остатках, соломе и зерне проводилось по методу К.Е. Гинзбург [14]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

Результаты и обсуждение. В изучаемых технологиях возделывания сои, основанных на использовании различных способов основной обработки почвы, содержание неразложившихся растительных остатков в весенний период в слое 0-20 см по вспашке было меньше на 3,52-4,95 т/га, чем при других изучаемых способах обработки почвы (табл. 1). Причем в верхнем 0-10 см слое их наибольшее количество отмечается при прямом посеве — 12,48 т/га, что на 0,48 т/га больше, чем при поверхностной обработке, на 1,38 т/га, чем при комбинированной обработке и на 5,08 т/га, чем при вспашке. При отвальной обработке содержание растительных остатков в почве в слое 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см на 0,93 т/га. При безотвальных способах основной обработки в верхнем 0-10 см слое их было больше, чем в нижнем 10-20 см слое на 5,03-6,14 т/га, причем наибольшая разница была при прямом посеве.

После уборки сои произошло естественное увеличение количества растительных остатков в почве за счет новообразованной массы корней. При этом на вспашке масса неразложившихся растительных остатков была более равномерно распределена по слою 0-20 см (55,4% в верхнем слое и 44,6% в нижнем), тогда как по

мере увеличения степени минимизации основной обработки почвы наблюдается увеличение их доли в слое 0-10 см (65,6% при комбинированной, 66,5% при поверхностной обработках и 66,4% при прямом посеве). Но при этом наибольший прирост содержания растительных остатков в почве отмечается при вспашке (+3,50 т/га). Это связано с большим количеством биомассы растений, формирующейся при вспашке.

Растительные остатки служат источником поступления в почву таких основных макроэлементов, как азот, фосфор и калий. Содержание азота в растительных остатках в весенний период, в среднем по пахотному слою, было несколько выше при глубоких обработках (1,20-1,24%) и имело тенденцию к снижению при прямом посеве — на 0,03-0,07%, а минимальных значений достигало при поверхностной обработке (табл. 2). В слое 0-10 см, при всех обработках кроме вспашки, количество азота в растительных остатках было выше на 0,09-0,32%.

К периоду уборки количество азота в растительных остатках по сравнению с весенним периодом в слое 0-10 см увеличилось на 0,07-0,25%, причем максимальное повышение (0,25%) отмечается на вспашке. В слое 10-20 см, напротив, произошло снижение содержания азота на 0,11-0,24%, при этом наибольшее уменьшение выявлено при комбинированной обработке. Как и в весенний период, так и при уборке содержание азота в растительных остатках в слое 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см на 0,38-0,57%, причем наибольшая разница была при поверхностной обработке и прямом посеве.

Содержание фосфора в растительных остатках как весной, так и при уборке при всех используемых способах основной обработки почвы существенно не изменялось. Содержание калия в растительных остатках было примерно одинаковым по всем изучаемым способам основной обработки, независимо от слоя почвы и составляло 0,42-0,44%. Можно отметить снижение количества калия в растительных остатках в слое 10-20 см к периоду уборки по сравнению с весной на 0,06-0,10%.

В результате определения количества содержания макроэлементов в растительных остатках были определены их запасы (табл. 3). Установлено, что за период активной вегетации сои произошло увеличение запасов азота в растительных остатках в слое 0-10 см. Наиболее существенное повышение запасов азота в этом слое почвы произошло при вспашке (+50,4 кг/га), несколько ниже при поверхностной обработке (+43,6 кг/га)

Таблица 1. Содержание в почве неразложившихся растительных остатков (среднее за 2 года)

Table 1. The content of undecomposed plant residues in the soil (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Слой, см	Масса остатков весной, т/га	Масса остатков в период уборки, т/га	Накопление остатков за вегетацию, т/га
Вспашка	0-10	7,40	9,63	2,23
	10-20	6,47	7,74	1,27
Комбинированная	0-10	11,21	12,71	1,50
	10-20	6,18	6,67	0,49
Поверхностная	0-10	12,00	13,45	1,45
	10-20	5,96	6,78	0,82
Прямой посев	0-10	12,48	13,92	1,44
	10-20	6,34	7,05	0,72
НСР ₀₅	обработка	2,52	2,27	0,41
	слой	1,90	1,72	0,29

Таблица 2. Содержание макроэлементов в неразложившихся растительных остатках сои (среднее за 2 года)

Table 2. The content of macronutrients in undecomposed soybean plant residues (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Слой, см	N, %		P ₂ O ₅ , %		K ₂ O, %	
		весна	уборка	весна	уборка	весна	уборка
Вспашка	0-10	1,18	1,43	0,36	0,38	0,50	0,45
	10-20	1,21	1,05	0,37	0,38	0,48	0,38
Комбинированная	0-10	1,28	1,35	0,37	0,35	0,46	0,46
	10-20	1,19	0,95	0,37	0,33	0,46	0,40
Поверхностная	0-10	1,15	1,35	0,33	0,35	0,47	0,47
	10-20	0,90	0,79	0,34	0,29	0,49	0,41
Прямой посев	0-10	1,33	1,40	0,40	0,38	0,45	0,47
	10-20	1,01	0,83	0,39	0,34	0,49	0,40
НСР ₀₅	обработка	0,15	0,18	0,02	0,05	0,05	0,01
	слой	0,11	0,12	0,02	0,04	0,04	0,01



и наименьшее при прямом посеве и комбинированной обработке (+28,1-28,9 кг/га). В слое 10-20 см отмечается снижение запасов азота к периоду уборки по сравнению с весенним периодом, причем наиболее активным оно было при комбинированной обработке (-10,2 кг/га) и прямом посеве (-5,5 кг/га). При вспашке выявлено небольшое увеличение запасов азота в растительных остатках (+3,0 кг/га), а при поверхностной обработке изменений практически не было. Очевидно, такой характер изменения запасов азота в растительных остатках по слоям почвы связан с микробиологической активностью, наибольшей степенью разложения растительных остатков и закрепления высвобождаемого из них азота почвой.

Запасы фосфора в почве в слое 0-10 см увеличивались к периоду уборки. При этом характер накопления фосфора был аналогичен азоту. Максимальное накопление характерно для вспашки и поверхностной обработки (7,5-10 кг/га), минимальное — для поверхностной обработки и прямого посева (3,0 кг/га). В слое 10-20 см накопление запасов фосфора в растительных остатках выявлено лишь на вспашке (+5,5 кг/га). При остальных изучаемых способах обработки почвы отмечается небольшое снижение количества фосфора — на 0,6-0,9 кг/га. Очевидно, это обусловлено снижением

фосфатсорбционной способности почвы при высвобождении фосфора из разлагающихся остатков и повышением количества неорганического фосфора [15].

Запасы калия в растительных остатках в слое 0-10 см к периоду уборки увеличились на 6,3-9,3 кг/га. При этом наибольшее увеличение отмечается при прямом посеве. В слое 10-20 см при всех изучаемых способах обработки почвы установлено снижение содержания калия в растительных остатках на 1,6-2,9 кг/га.

В качестве растительных остатков, наряду с корнями растений, в почву поступает также солома. На фоне прямого посева и вспашки формировалась наибольшая масса соломы сои — 2,0-2,1 т/га (табл. 4). При переходе на комбинированную и поверхностную обработку отмечается минимальное количество соломы — 1,5-1,6 т/га.

При этом содержание азота в соломе имело обратную связь с ее количеством — снижалось при вспашке и прямом посеве, повышалось при комбинированной и поверхностной обработках. Эта же закономерность отмечена и в отношении содержания фосфора и калия в соломе сои. Такая зависимость накопления элементов питания в соломе связана с образованием количества биомассы и расходом этих элементов на ее рост, что подтверждается обратной весьма

высокой корреляционной связью между количеством соломы и содержанием в ней азота ($r=0,86$ $\alpha=0,05$), фосфора ($r=-0,87$ $\alpha=0,05$) и калия ($r=-0,98$ $\alpha=0,05$).

По результатам проведенных исследований были рассчитаны запасы макроэлементов, поступающие с соломой сои. Несмотря на меньшее содержание, наибольшее количество азота и калия с соломой поступает при прямом посеве и вспашке (табл. 4). Наибольшее высокое количество фосфора в соломе сои, полученной при ее возделывании на фоне комбинированной обработки, позволило обеспечить максимальные запасы этого элемента, несмотря на наименьшую урожайность соломы.

Зерно сои является товарной частью, которая безвозвратно удаляется с поля, и вместе с ней выносятся основные макроэлементы. Для восполнения этих потерь необходимо иметь представление о количестве вынесенных элементов питания. Наибольшая урожайность зерна сои была получена на фоне вспашки и прямого посева — 2,0 т/га, а наименьшая при поверхностной и комбинированной обработках — 1,6-1,7 т/га (табл. 5).

В зерне озимой пшеницы наибольшее содержание азота было при вспашке — 5,33%, а наименьшее при прямом посеве — 4,90%. Содержание фосфора в зерне при вспашке,

Таблица 3. Запасы элементов питания в неразложившихся растительных остатках (среднее за 2 года)

Table 3. Stocks of food elements in undecomposed plant residues (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Слой, см	N, кг/га			P ₂ O ₅ , кг/га			K ₂ O, кг/га		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вспашка	0-10	87,3	137,7	50,4	26,6	36,6	10,0	37,0	43,3	6,3
	10-20	78,3	81,3	3,0	23,9	29,4	5,5	31,1	29,4	-1,6
Комбинированная	0-10	143,5	171,6	28,1	41,5	44,5	3,0	51,6	58,5	6,9
	10-20	73,5	63,4	-10,2	22,9	22,0	-0,9	28,4	26,7	-1,7
Поверхностная	0-10	138,0	181,6	43,6	39,6	47,1	7,5	56,4	63,2	6,8
	10-20	53,6	53,5	-0,1	20,3	19,7	-0,6	29,2	27,8	-1,4
Прямой посев	0-10	166,0	194,9	28,9	49,9	52,9	3,0	56,2	65,4	9,3
	10-20	64,0	58,5	-5,5	24,7	24,0	-0,8	31,1	28,2	-2,9
НСР ₀₅	обработка	36,8	37,2	-	18,6	16,2	-	17,9	18,1	-
	слой	24,7	26,1	-	12,3	12,7	-	13,5	12,9	-

Примечание: 1 — весенний период, 2 — период уборки, 3 — накопление растительных остатков.

Таблица 4. Содержание макроэлементов в соломе сои (среднее за 2 года)

Table 4. The content of macronutrients in soy straw (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Солома, т/га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
Вспашка	2,0	0,75	15,0	0,43	8,6	1,30	26,0
Комбинированная	1,5	0,80	12,0	0,67	10,1	1,60	24,0
Поверхностная	1,6	0,84	13,4	0,51	8,2	1,56	25,0
Прямой посев	2,1	0,75	15,8	0,44	8,8	1,24	26,1
НСР ₀₅	0,5	0,24	0,45	0,34	0,53	0,32	0,88

Таблица 5. Содержание элементов питания в зерне сои (среднее за 2 года)

Table 5. The content of the elements of nutrition in soy grain (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Урожайность, т/га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
Вспашка	2,0	5,33	106,6	1,32	26,4	1,92	38,4
Комбинированная	1,7	5,21	88,6	1,33	22,6	1,90	32,3
Поверхностная	1,6	5,21	83,4	1,33	21,3	1,90	30,4
Прямой посев	2,0	4,90	98,0	1,41	28,2	1,96	39,2
НСР ₀₅	0,09	0,21	2,72	0,11	1,75	0,12	2,12



Таблица 6. Баланс элементов минерального питания (среднее за 2 года)
Table 6. Balance of elements of mineral nutrition (average for 2 years)

Способ основной обработки почвы	Приход					Приход всего, кг/га	Расход Вынос урожая зерна, кг/га	Баланс (±), кг/га
	Поступление с семенами, кг/га	С растительными остатками в почве (РО), кг/га	Поступление с соломой, кг/га	Σ РО + солома, кг/га	Пересчет на % использования из пожнивно-корневых остатков, кг/га (15%)			
Азот								
Вспашка	5,2	53,4	15,0	68,4	10,3	15,5	106,6	-91,1
Комбинированная	5,2	17,9	12,0	29,9	4,5	9,7	88,6	-78,9
Поверхностная	5,2	43,5	13,4	56,9	8,5	13,7	83,4	-69,7
Прямой посев	5,2	23,4	15,8	39,2	5,9	11,1	98,0	-86,9
Фосфор								
Вспашка	1,4	15,5	8,6	24,1	3,6	5,0	26,4	-21,4
Комбинированная	1,4	2,1	10,1	12,2	1,8	3,2	22,6	-19,4
Поверхностная	1,4	6,9	8,2	15,1	2,3	3,7	21,3	-17,6
Прямой посев	1,4	2,2	8,8	11,0	1,7	3,1	28,2	-25,1
Калий								
Вспашка	1,9	4,7	26,0	30,7	4,6	6,5	38,4	-31,9
Комбинированная	1,9	5,2	24,0	29,2	4,4	6,3	32,3	-26,0
Поверхностная	1,9	5,4	25,0	30,4	4,6	6,5	30,4	-23,9
Прямой посев	1,9	6,4	26,1	32,5	4,9	6,8	39,2	-32,4

комбинированной обработке и прямом посе- ве существенно не различалось, но отмечается тенденция к повышению его количества в зерне при прямом посеве — на 0,08-0,09%. Содержание калия в зерне по способам обработки почвы существенно не отличалось (табл. 5).

Был рассчитан вынос макроэлементов с зерном сои. При максимальной урожайности на фоне вспашки и наиболее высоком содержании в нем азота вынос этого элемента здесь был наибольшим — 106,6 кг/га. Некоторое увеличение количества фосфора и калия в зерне при прямом посеве способствовало повышению выноса этих элементов по сравнению с остальными способами обработки почвы. Наименьший вынос азота, фосфора и калия с зерном сои отмечается на фоне поверхностной обработки, что обусловлено минимальной урожайностью на этом варианте.

Имея данные по количеству поступающих в почву элементов питания с растительными остатками, а также выносу с зерном, можно сделать прогноз по биологическому балансу (без учета содержания макроэлементов в почве) азота, фосфора и калия в пахотном слое почвы (0-20 см). При этом было принято, что использование азота, фосфора и калия из растительных остатков составляет примерно 15% (табл. 6).

Расчет биологического баланса (поступление и вынос с растительными материалами) элементов минерального питания показывает, что без применения удобрений при всех применяемых способах основной обработки почвы баланс получается отрицательный. При этом наибольший дефицит азота формируется на вспашке. Так, он выше в 1,15 раза, чем при комбинированной обработке, в 1,31 раза, чем при поверхностной обработке и в 1,05 раза, чем при прямом посеве. Дефицит фосфора наибольший при прямом посеве — в 1,17-1,43 раза, чем при других способах обработки почвы. Наибольший недостаток калия отмечается при вспашке и прямом посеве.

Выводы. Установлено, что в весенний период на посевах сои в слое почвы 0-20 см при безотвальных способах основной обработки почвы (комбинированная и поверхностная обработки), а также прямом посеве содержится больше неразложившихся растительных остатков, чем при отвальном способе — вспашке. При этом по мере снижения глубины обработки почвы большая масса растительных остатков концентрируется в верхнем 0-10 см слое почвы. К периоду уборки происходит увеличение количества растительных остатков в почве. При этом наибольшие показатели отмечаются на вспашке.

Запасы азота, фосфора и калия в растительных остатках сои к периоду уборки в слое 0-10 см увеличиваются при всех изучаемых способах основной обработки, а в слое 10-20 см снижаются, за исключением азота и фосфора на вспашке.

Более высокая масса соломы сои формировалась на фоне прямого посева и вспашки, при этом содержание азота, фосфора и калия в ней было наименьшим. За счет большего урожая вегетативной массы сои количество азота и фосфора, поступающее с массой соломы на прямом посеве и вспашке, было самым высоким. В зерне сои максимальное количество азота, накапливается при ее возделывании по вспашке, фосфора и калия — по прямому посеву.

Без применения минеральных удобрений складывается отрицательный биологический баланс питательных макроэлементов. При этом наибольших значений он достигает при использовании в качестве способа основной обработки почвы вспашки и прямого посева. Более высокий отрицательный баланс элементов питания на этих вариантах обусловлен максимальной урожайностью зерна сои на них.

Список источников

1. Семенов В.М., Ходжаева А.К. Агроэкологические функции растительных остатков в почве // Агрехимия. 2006. № 7. С. 63-81.

2. Bronick, C.J., Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, vol. 124, no. 1-2, pp. 3-22. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005

3. Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., Hammelehe, A., Mayer, J. (2017). Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8:284, 12 p. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>

4. Зинченко С.И. Особенности развития корневой системы зерновых культур // Земледелие. 2015. № 6. С. 32-35.

5. Ефремова Е.Н. Влияние глубины и способа обработки почвы на содержание основных биофильных элементов в растительных остатках // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 28-32.

6. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дригидер В.К., Белобров В.П. Освоение технологии прямого посева на черноземах России // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 2. С. 18-36. doi: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021

7. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1982. 143 с.

8. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор) // Пермский аграрный вестник. 2017. № 1. С. 88-97.

9. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Шмакова Е.И. и др. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. 110 с.

10. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 1. С. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104

11. Шарушов Р. Дозоров А., Наумов А., Гаранин М. Влияние различных приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия и формирование урожая семян гороха и сои // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 1. С. 46-48.

12. Бобкова Ю.А. Изменение урожайности и качества полевых культур в зависимости от приема основной обработки почвы // Вестник аграрной науки. 2019. № 3. С. 3-8. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.3.3

13. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. и др. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.

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



15. Haynes, R.J., Mokolobate, M.S. (2001). Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 59, pp. 47-63. doi: 10.1023/A:1009823600950

References

1. Semenov, V.M., Khodzhaeva, A.K. (2006). Agroekologicheskie funktsii rastitel'nykh ostatkov v pochve [Agroecological functions of plant residues in soil]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], no. 7, pp. 63-81.
 2. Bronick, C.J., Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, vol. 124, no. 1-2, pp. 3-22. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005
 3. Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., Hammelehle, A., Mayer, J. (2017). Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8:284, 12 p. doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284
 4. Zinchenko, S.I. (2015). Osobennosti razvitiya kornevoi sistemy zernovykh kul'tur [Features of development of grain crops root system]. *Zemledelie*, no. 6, pp. 32-35.
 5. Eremova, E.N. (2014). Vliyaniye glubiny i sposoba obrabotki pochvy na sodержaniye osnovnykh biofil'nykh ehlementov v rastitel'nykh ostatkakh [Effect of tillage depth and technique on basic biophile elements content in plant residue]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo uni-*

versiteta [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 4, pp. 28-32.
 6. Ivanov, A.L., Kulintsev, V.V., Dridiger, V.K., Belobrov, V.P. (2021). Osvoeniye tekhnologii pryamogo poseva na chernozemakh Rossii [Development of the direct seeding method on the chernozem soils of Russia]. *Sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [Agricultural journal], no. 2, pp. 18-36. doi: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021
 7. Lykov, A.M. (1982). *Vosproizvodstvo plodorodiya pochv v Nechernozemnoi zone* [Reproduction of soil fertility in the Non-black zone]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 143 p.
 8. Mudrykh, N.M., Samofalova, I.A. (2017). Opyt ispol'zovaniya rastitel'nykh ostatkov v pochvakh Nechernozemnoi zony Rossii (obzor) [On to the experience of the usage of plant residues in soils of Non-black soil zone of Russia (review)]. *Permskii agrarniy vestnik* [Perm agrarian journal], no. 1, pp. 88-97.
 9. Titlyanova, A.A., Bazilevich, N.I., Shmakova, E.I. i dr. (2018). *Biologicheskaya produktivnost' travnyanykh ehkosistem. Geograficheskie zakonornosti i ehkologicheskie osobennosti* [Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and ecological features]. Novosibirsk, IPA SO RAN, 110 p.
 10. Kiseleva, T.S., Rzaeva, V.V. (2021). Vliyaniye osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [Influence of the primary tillage on the yield of leguminous crops in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Dostizheniya nauki i*

tekhniki APK [Achievements of science and technology of the AIC], no. 1, pp. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104
 11. Sharushov, R., Dozorov, A., Naumov, A., Gararin, M. (2017). Vliyaniye razlichnykh priemov osnovnoi obrabotki pochvy na agrofizicheskie pokazateli plodorodiya i formirovaniye urozhaya semyan gorokha i soi [The influence of various methods of basic tillage on agrophysical indicators of fertility and the formation of a crop of pea and soybean seeds]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 1, pp. 46-48.
 12. Bobkova, Yu.A. (2019). Izmeneniye urozhainosti i kachestva polevykh kul'tur v zavisimosti ot priema osnovnoi obrabotki pochvy [Changes in yield and quality of field crops depending on the method of the basic soil treatment]. *Vestnik agrarnoi nauki* [Bulletin of agrarian science], no. 3, pp. 3-8. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.3.3
 13. Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M., Bazdyrev, G.I. i dr. (2004). *Praktikum po zemledeliyu* [Laboratory manual for agronomy]. Moscow, KolosS Publ., 424 p.
 14. Mineev, V.G. i dr. (2001). *Praktikum po agrokimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University, 689 p.
 15. Haynes, R.J., Mokolobate, M.S. (2001). Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 59, pp. 47-63. doi: 10.1023/A:1009823600950

Информация об авторах:

Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru
Дубовик Елена Валентиновна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru
Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru
Ильин Борис Сергеевич, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7423-258X>, kniiapp@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
Elena V. Dubovik, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru
Alexander N. Morozov, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru
Boris S. Ilyin, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7423-258X>, kniiapp@mail.ru

✉ dubovikdm@yandex.ru



ПроПротеин

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proprotein.org | www.proprotein.org

Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда.

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 22 сентября 2022 в отеле Холидей Инн Лесная в Москве

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка.

