

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

*В.А. Шевченко, А.М. Соловьёв, Г.И. Бондарева, Н.П. Попова,
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»*

В настоящее время первоочередной задачей при освоении выбывших из оборота малопродуктивных земель является восстановление их эффективного плодородия, в том числе за счет увеличения содержания подвижного фосфора в почве. Исследования содержания фосфора в зависимости от систем удобрения и предшественников проводились в ООО «Ручьевское-1» Ржевского района Тверской области в 2012-2018 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, мощность пахотного горизонта 16-18 см, осушена открытым дренажом. Исходное содержание в почве: гумуса 1,69-1,83%; P_2O_5 106-109 мг; K_2O 90-100 мг/кг; pH_{KCl} 4,78-4,83 ед. Установлена наибольшая эффективность органоминеральной системы удобрения с внесением высоких доз твердой фракции навоза (40, 60 и 80 т/га) или жидких стоков свиноводческих комплексов (100 и 120 м³/га) и P_2O_5 10 кг/га при посеве, которая позволяет создать бездефицитный баланс доступного фосфора.

Ключевые слова: подвижный фосфор, залежные земли, система удобрения, жидкие стоки, предшественники, баланс фосфора.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.01

Проблема восстановления оптимального фосфатного режима на вновь осваиваемых малопродуктивных землях Нечерноземной зоны приобретает особое значение, поскольку продуктивность посевов, а также качество продукции напрямую зависят от сбалансированного питания, в том числе фосфорного [1].

При этом недостаток подвижного фосфора приводит к существенному недобору урожая, а избыток – к неэффективному использованию дорогостоящих фосфорных удобрений [2].

Фосфор находится в почве в органических и минеральных соединениях. Соотношение между органическими и минеральными соединениями в различных генетических типах почв неодинаковое. Так в черноземах примерно половина, а в дерново-подзолистых почвах одна треть фосфора представлена в составе малодоступных органических соединений почвы. В результате процесса минерализации органического вещества часть этого фосфора становится доступной для растений, поэтому фосфор, связанный в органических соединениях, является потенциальным резервом доступного фосфора.

Минеральные соединения фосфора представлены многими формами, однако легкодоступных фосфатов в виде легкорастворимых солей в почве очень мало. Поэтому существует большой разрыв между валовым содержанием фосфора в почве и его количеством, доступным растениям. Так, например, в дерново-подзолистой почве общее содержание P_2O_5 может достигать в пахотном слое 1,2-3,6 т/га, однако количество доступных форм не превышает 100-200 кг/га [3].

В условиях Нечерноземной зоны на доступность фосфатов в первую очередь влияют кислотность почвы и гранулометрический состав. Наибольшим количеством доступного фосфора характеризуются земли с pH 5,5-6,0, в то время как за указанными интервалами как в большую, так и в меньшую сторону подвижность фосфатов резко снижается [4]. Доступность подвижного фосфора возрастает также от тяжёлых почв к лёгким [2].

Степень подвижности доступного для растений фосфора в малопродуктивных залежных землях в значительной мере отличается от его состояния в окультуренных почвах. В первом случае она довольно высока и слабо связана с содержанием доступного фосфора ($r = 0,2-0,4$). При высокой культуре земледелия и систематическом применении удобрений существенно повышаются как содержание доступного фосфора, так и степень его подвижности. Коэффициент корреляции между этими величинами на окультуренных почвах составляет 0,7-0,8 [5].

Фосфорные соединения в почве малоподвижны, поэтому в течение нескольких лет после внесения фосфорных удобрений наблюдается положительный эффект от их применения. На дерново-подзолистых почвах из фосфорных удобрений в первый год используется от 10 до 25%, а в последующие два-три года ещё примерно 40%. Считается, что при благоприятных условиях внесённые фосфаты могут быть использованы полностью за пять лет, однако в полевых опытах отмечено и более длительное последствие фосфорных удобрений [4, 6]. В настоящее время, когда их применение сократилось, формирование высоких урожаев в Нечерноземной зоне происходит в основном за счёт внесения высоких доз азота на фоне ранее внесённых фосфорных удобрений, поскольку поступление фосфора в почву в годы интенсивной химизации сильно превышало его вынос [2]. Очевидно, что с годами, без внесения фосфорных удобрений, урожайность сельскохозяйственных культур будет снижаться.

Цель наших исследований – изучить динамику содержания доступных форм фосфора на посевах ячменя при освоении выбывших из оборота малопродуктивных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников.

Методика. Исследования проводили в ООО «Ручьевское-1» Ржевского района Тверской области в 2012-2018 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, мощность пахотного горизонта 16-

18 см, осушена открытым дренажом. Исходное содержание в почве (2012 г.): гумуса 1,69-1,83%; P_2O_5 106-109 мг/кг; K_2O 90-100 мг/кг; pH_{KCl} 4,78-4,83. Почва не использовалась в период с 1994 по 2010 гг. В 2011 г. были проведены культуртехнические работы по расчистке полей от камней и древесно-кустарниковой растительности, в 2012 г. выселили уравнильные посевы вико-овса с заделкой растительной массы в почву в качестве сидерального удобрения, с 2013 г. начали возделывание сельскохозяйственных культур с использованием в качестве основного удобрения твёрдой фракции (т.ф.) навоза – 40, 60 и 80 т/га (содержание, %: сухое вещество – 28-32, N – 0,54, P_2O_5 – 0,26, K_2O – 0,61; pH 7,8 ед.) и жидких стоков свиноводческого комплекса – 80 и 100 м³/га (содержание, %: сухое вещество – 3, N – 0,1, P_2O_5 – 0,03, K_2O – 0,28; pH 7,3 ед.). Твёрдую фракцию вносили с помощью прицепов-разбрасывателей, а жидкие стоки – посредством технологии шланговых систем. Предшественники – яровой рапс, яровые зерновые, озимые зерновые.

Для посева использовали районированный сорт Саншайн. Под ячмень при возделывании по минеральной системе вносили дробно $N_{85}P_{40}K_{90}$; по органоминеральной системе дополнительно к основному органическому удобрению применяли P_{10} при посеве и N_{30} в подкормку.

Площадь учётной делянки 140 м², посевной – 280 м². Размещение вариантов – методом рендомизированных повторений; повторность – 4-кратная. Агрохимические исследования проведены по общепринятым методикам (ГОСТ Р 54560-2011) в соответствии с Федеральным законом «О государственном регулировании обеспече-

ния земель сельскохозяйственного назначения» сотрудниками ФГБНУ Станция агрохимической службы «Нелидовская». Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методом дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта [7].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что изученные системы удобрения характеризовались различной динамикой содержания P_2O_5 на лёгких по гранулометрическому составу почвах. Так, в контрольном варианте без внесения удобрений ежегодное снижение доступного фосфора по фону изученных предшественников колебалось от 3,0 до 3,9 кг/га, что вызвало его уменьшение на 18,0-23,4 кг/га за период наблюдений (табл. 1). Применение минеральной системы удобрения при программированной урожайности ячменя 40 ц/га стандартной влажности обеспечило заметное увеличение доступного фосфора по фону ярового рапса как через три года (на 6 мг/кг при $НСР_{05} = 8,9$ мг/кг), так и через шесть лет (на 9 мг/кг при $НСР_{05} = 9,5$ мг/кг). Среднее ежегодное повышение содержания доступного фосфора в этом варианте составило 4,5 кг/га, а за шестилетний период наблюдений – 27,0 кг/га. По фону озимых и яровых зерновых культур минеральная система удобрения способствовала достоверному увеличению содержания P_2O_5 в пахотном слое почвы как через три года (на 12-14 мг/кг), так и через шесть лет (на 15-17 мг/кг) после начала освоения земель. В итоге через шесть лет баланс фосфора увеличился на 45,0-50,4 кг/га и достиг 24-126 мг/кг почвы, что по современной градации позволяет отнести эти земли к группе с повышенным содержанием фосфора.

1. Динамика содержания P_2O_5 (мг/га) на посевах ячменя в зависимости от системы удобрения и предшественников при освоении выбывших из оборота земель

№ п/п Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)											
	яровой рапс				яровые зерновые				озимые зерновые			
	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.
1. Контроль (без удобрений)	108	106	102	105	106	103	100	103	109	105	101	105
2. Минеральная система $N_{55}P_{30}K_{90}$ + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	109	115	118	114	107	121	124	117	111	123	126	120
3. Навоз (т.ф.), 40 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	110	116	121	116	108	123	126	119	107	125	128	120
4. Навоз (т.ф.), 60 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	111	118	119	116	109	125	127	119	111	127	129	122
5. Навоз (т.ф.), 80 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	112	118	124	118	110	124	128	121	113	128	132	124
6. Жидкие стоки, 80 м ³ /га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	101	109	113	108	102	113	115	110	104	116	117	112
7. Жидкие стоки, 100 м ³ /га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	104	112	117	111	103	118	120	114	108	120	123	117
В среднем	108	113	116	112	106	118	120	115	109	121	122	117
$НСР_{05}$	для фактора А	6,5	7,0	7,2	7,3							
	для фактора В	6,7	6,9	7,0	7,1							
	для фактора АВ	8,1	8,9	9,5	9,2							

Повышенная степень обеспеченности посевов ячменя доступными формами фосфора по фону зерновых культур относительно ярового рапса объясняется большим количеством пожнивно-корневых остатков, после минерализации которых его содержание существенно увеличивается. Возделывание ячменя по органоминеральной системе с использованием в качестве основного удобрения твёрдой фракции навоза обеспечивает положительную динамику доступного фосфора по фону всех предшественников. Так, при использовании в качестве предшественника ярового рапса через три года исследований увеличение относительно исходного содержания составило 6-7 мг/кг, через шесть лет – 8-

12 мг/кг; по фону яровых зерновых, соответственно, 14-16 и 18 мг/га, а по фону озимых зерновых – 15-18 и 18-21 мг/кг почвы. В этих вариантах за шесть лет наблюдений увеличение содержания подвижных форм фосфора существенно возросло по всем предшественникам. Так, по фону ярового рапса оно увеличилось на 23,4-36,0 кг/га и достигло 119-124 мг/кг; по фону озимых зерновых – на 54,0-63,0 кг/га при 128-132 мг/кг почвы.

Следует отметить, что достоверной разницы в накоплении содержания доступных форм фосфора по мере увеличения доз твёрдой фракции навоза с 40 до 80 т/га не установлено. Это можно объяснить высокой буфер-

ной ёмкостью залежных земель, т.е. их способностью противостоять изменению величины данного показателя при внесении фосфорсодержащего органического удобрения. Не менее важным ограничивающим фактором повышения P_2O_5 может быть также снижение микробиологической активности при внесении высоких доз твёрдой фракции навоза, поскольку удобрение изменяет численность, состав и активность микрофлоры, что в итоге определяет агрохимические свойства и плодородие почвы.

Кроме того, заделка высоких доз удобрений при освоении залежных земель может вызывать стрессовое состояние почвенных микроорганизмов, поскольку за длительный период пребывания почвы без обработки сформировалась почвенная биота, которая функционирует только за счёт разложения естественного фитотомаса. Падение плотности микробной популяции также может быть при внесении органических удобрений животноводческих комплексов, содержащих остатки синтетических моющих средств, лекарственных препаратов, а также различных микроорганизмов и продуктов их метаболизма.

Применение в качестве основного удобрения жидких стоков животноводческих комплексов обеспечивает значительное повышение доступных форм фосфора по фону всех предшественников. Так при возделывании ячменя по яровому рапсу, через три года после начала внесения жидких стоков в дозе $80 \text{ м}^3/\text{га}$, увеличение содержания P_2O_5 относительно исходного количества составило 8 мг/кг , а через шесть лет – 12 мг/кг , достигнув 113 мг/кг

почвы. Заделка стоков в дозе $100 \text{ м}^3/\text{га}$ обеспечивает повышение содержания доступного фосфора в аналогичные временные периоды, соответственно, на 8 и 13 мг/кг при конечном значении 117 мг/кг почвы.

Ещё более существенное увеличение P_2O_5 от внесения жидких стоков отмечено при возделывании ячменя по фону зерновых культур. Так при использовании в качестве предшественника яровых зерновых хлебов содержание доступного фосфора при дозе стоков $80 \text{ м}^3/\text{га}$ на третий год увеличилось на 11 мг/кг , а на шестой – на 13 мг/кг почвы при $НСР_{05}$, соответственно, $8,9$ и $9,5 \text{ мг/кг}$ почвы. Заделка стоков в дозе $100 \text{ м}^3/\text{га}$ под предпосевную культивацию обеспечила ещё более значимую прибавку P_2O_5 , которая составила 15 мг/кг на третий год и 17 мг/кг почвы на шестой год. Достоверные прибавки накопления доступных форм фосфора от внесения жидких стоков отмечены и по фону озимых зерновых культур, которые составили 12 мг/кг на третий год и $13-15 \text{ мг/кг}$ почвы на шестой год.

Установлено, что в контрольном варианте без применения удобрений баланс фосфора на посевах ячменя по фону всех предшественников был отрицательным и составил в годы исследований $-1,3...-3,1 \text{ кг/га}$ при интенсивности баланса $81,0-90,9\%$. Следовательно, ежегодно для формирования урожайности ячменя за счёт естественного плодородия из почвы отчуждается от $9,1$ до $19,0\%$ доступного фосфора, что несомненно приведет к нарушению фосфорного баланса малопродуктивных земель (табл. 2).

2. Баланс фосфора при возделывании ярового ячменя по разным системам удобрения и предшественникам на вновь освоенных землях, кг/га (в среднем за три года)

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)								
		яровой рапс			яровые зерновые			озимые зерновые		
		приход	расход	баланс	приход	расход	баланс	приход	расход	баланс
1	Контроль (без удобрений)	13,6	16,0	-2,8	13,0	14,6	-1,53	13,13	14,8	-1,7
2	Минеральная система $N_{55}P_{30}K_{90}$ + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	47,63	49,56	-1,93	50,9	46,5	4,4	47,83	47,1	0,73
3	Навоз (т.ф.), 40 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	60,2	38,76	21,46	63,76	38,56	25,2	59,16	38,13	21,0
4	Навоз (т.ф.), 60 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	82,66	42,33	40,33	85,96	40,3	45,66	80,83	39,96	40,86
5	Навоз (т.ф.), 80 т/га + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	105,06	45,13	59,93	108,13	42,06	66,0	102,53	43,23	59,3
6	Жидкие стоки, $100 \text{ м}^3/\text{га}$ + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	46,3	42,23	4,0	50,0	39,66	10,33	41,33	40,23	1,1
7	Жидкие стоки, $120 \text{ м}^3/\text{га}$ + P_{10} при посеве; N_{30} при подкормке	52,93	44,4	8,5	56,36	42,23	14,13	46,5	42,2	4,3

При возделывании ярового ячменя по минеральной системе с дробным внесением элементов питания, несмотря на существенное увеличение приходной статьи фосфора, баланс этого элемента по фону ярового рапса складывается отрицательно и составляет $-0,7...-3,3 \text{ кг/га}$, а степень возмещения потерь – $93,5-98,5\%$. Выращивание ячменя после озимых и яровых зерновых культур обеспечивает бездефицитный баланс фосфора, который определяется значительно большим количеством пожнивно-корневых остатков по сравнению с яровым рапсом. Так, в годы исследований баланс P_2O_5 по фону озимых зерновых культур составил $0,1-1,6 \text{ кг/га}$ при интенсивности $100,2-103,5\%$, а после яровых зерновых хлебов, соответственно, $0,4-12,0 \text{ кг/га}$ и $100,8-126,4\%$.

Вместе с тем следует отметить, что в обоих случаях максимальные значения интенсивности баланса приходятся на первые годы вовлечения в оборот залежных

земель, в то время как через шесть лет после начала их освоения приходные и расходные статьи уравниваются. На основании полученных данных можно заключить, что минеральная система удобрения не способствует созданию устойчивой динамики накопления доступного фосфора на малогумусных почвах и не создаёт расширенное воспроизводство P_2O_5 в пахотных землях, а лишь обеспечивает его бездефицитный баланс в определённый период времени.

Применение в качестве основного удобрения твёрдой фракции навоза в сочетании с припосевным внесением P_{10} и некорневой подкормкой N_{30} в фазе колошения позволяет значительно увеличить приходные статьи баланса над расходными при всех дозах заделки и по фону всех изученных предшественников. Так, при дозе внесения навоза 40 т/га баланс P_2O_5 на посевах ярового ячменя по фону ярового рапса в годы исследований составил $20,4-22,3 \text{ кг/га}$, при дозе 60 т/га – $39,3-$

41,3 и при 80 т/га – 59,0-60,7 кг/га, а интенсивность баланса, соответственно, 151,0-159,0%; 190,3-200,2 и 227,7-237,0%. Несколько повышенные значения показателей интенсивности баланса получены при возделывании ярового ячменя после озимых и яровых зерновых культур. Во всех случаях обнаружена чёткая тенденция к возрастанию прихода P_2O_5 над его расходом по мере увеличения дозы внесения твёрдой фракции навоза. Однако существенных различий в накоплении доступных форм фосфора через три и шесть лет после начала восстановления почвенного плодородия малопродуктивных земель не установлено.

При запланированном уровне урожайности зерна 40 ц/га стандартной влажности по фону ярового рапса его сбор составил в среднем 32,6-38,4 ц/га, по фону яровых зерновых – 31,4-35,6, а после озимых зерновых – 32,0-36,6 ц/га. В то же время минеральная система удобрения в аналогичных условиях обеспечила уровень запланированной урожайности зерна ячменя по фону всех предшественников 39,6-42,4 ц/га.

Это говорит о том, что минеральные удобрения даже при неблагоприятных почвенно-климатических условиях, дефиците тепла, повышенной кислотности и неудовлетворительных физико-химических показателях являются самым действенным фактором повышения урожайности на вновь осваиваемых землях.

Внесение жидких стоков животноводческих комплексов в дозах 80 и 100 м³/га обеспечивает положительный баланс фосфора во все годы наблюдений по фону как ярового рапса, так и яровых зерновых (соответственно, 3,3-9,7 и 6,2-21,4 кг/га при интенсивности баланса 107,7-122,5 и 115,3-151,6%). Вместе с тем, по фону озимых зерновых баланс P_2O_5 в самом начале освоения был отрицательным (-7,7...-8,9 кг/га при интенсивности баланса 77,3-81,2%), однако в дальнейшем стал положительным и составил 5,6-140,8 кг/га при возмещении расходов на 113,6-125,6%.

Пониженная интенсивность баланса при использовании в качестве основного удобрения жидких стоков животноводческих комплексов по сравнению с применением твёрдой фракции навоза можно объяснить тем, что в составе жидких стоков преобладают более легкодоступные соединения фосфатов, которые в значительной степени усваиваются агрофитоценозом и отчуждаются с урожаем основной и побочной продукции, а также вымываются из почвы при выпадении атмосферных осадков.

Выводы. 1. Внесение твёрдой фракции навоза и жидких стоков свиноводческого комплекса обеспечивает повышение доступных форм фосфора по фону всех изученных предшественников. При этом наибольшее накопление фосфатов на посевах ячменя отмечено при использовании в качестве предшественников яровых и озимых зерновых культур, что объясняется большим количеством пожнивно-корневых остатков, после минерализации которых происходит заметное увеличение P_2O_5 в пахотном слое по сравнению с яровым рапсом.

2. Баланс фосфора в варианте без удобрений всегда остаётся отрицательным и составляет -1,3...-3,1 кг/га при его интенсивности 81,0-90,9%. При этом на формирование урожая 10,4-12,2 ц/га за счёт естественного плодородия почвы и соответствующего количества побочной продукции из неё ежегодно отчуждается от 9,1 до 19,0% доступных фосфатов. Без внесения фосфорсодержащих удобрений это приведёт к существенному истощению вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот земель.

3. Минеральная система удобрения, рассчитанная на запланированную урожайность, не способствует расширенному воспроизводству P_2O_5 в пахотном слое почвы, а лишь поддерживает его баланс на стабильном уровне, в то время как применение органоминеральной системы с внесением в качестве основного удобрения фракции навоза и жидких стоков животноводческих комплексов позволяет создать бездефицитный баланс доступного фосфора. При этом интенсивность баланса при ежегодном внесении твёрдой фракции навоза в дозе 40-80 т/га по фону всех предшественников уже через три года от начала освоения земель составляет 156,1-248,8%, а при использовании жидкой фракции в дозе 80-100 м³/га – 107,8-125,6%.

4. Средневзвешенное содержание P_2O_5 за шестилетний период систематического внесения твёрдой фракции навоза и жидких стоков увеличилось в среднем по агрофирме ООО «Ручьевское-1» на 54 мг/кг почвы и составило в 2018 г. 156 мг/кг. Это даёт основание отнести органические отходы свиноводческих комплексов к высокоэффективным удобрениям, способным за короткий период существенно улучшить фосфатный режим осваиваемых залежных земель.

Литература

1. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России: монография / В.А. Шевченко. – М.: ВНИИГиМ, 2017. – С. 178-185.
2. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В.Г. Сычев. – М.: РАН, 2019. – С. 91-147.
3. Новиков С.А. Биоклиматический потенциал мелиорированных земель Нечерноземной зоны России: монография / С.А. Новиков, В.А. Шевченко, А.М. Соловьев. – М.: ВНИИГиМ, 2018. – С. 6-21.
4. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 29 с.
5. Христенко А.А. Уровень равновесного состояния фосфатных систем почв Украины / А.А. Христенко // Агрохимия. – 1993. – №3. – С. 18-24.
6. Матюк Н.С. Баланс азота, фосфора и калия в зернопаровом севообороте / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 6. – С. 19-22.
7. Ещенко В.Е. Основы опытного дела в растениеводстве: уч. и уч. пособия для студ. высш. учеб. заведений / В.Е. Ещенко, М.Ф. Трифонова, П.Г. Копытко, А.М. Соловьев, И.П. Фирсов, В.А. Шевченко. – М.: КолосС, 2009. – С. 215-241.

DYNAMICS OF MOBILE PHOSPHORUS CONTENT IN DEPENDENCE ON THE FERTILIZER SYSTEM AND FORECROPS IN THE DEVELOPMENT OF LONG-FALLOW LANDS

V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov, G.I. Bondareva, N.P. Popova

All-Russian Scientific-Research Institute of Hydrotechnics and Melioration named after. A.N. Kostyakov,
Bolshaya Akademicheskaya ul., 44, bldg. 2, 127550 Moscow, Russia

The dynamics of the content of mobile phosphorus in barley crops during the development of unproductive lands is considered. Solid fraction of manure and liquid effluents from a pig-breeding complex were used as the main fertilizer. When cultivating barley according to the mineral system, $N_{85}P_{40}K_{90}$ was added fractionally. It was found that without additional application of phosphorus-containing fertilizers, the balance of P_2O_5 in the control variant remains negative and amounts to 1.3-3.1 kg/ha annually at its intensity of 81.0-90.9%. The mineral fertilization system, designed for the planned yield of 4.0 t/ha barley, does not provide an expanded reproduction of mobile phosphorus in the topsoil, but only maintains its balance at a stable level. The use of an organomineral fertilizer system will create a deficit-free balance of available phosphorus. At the same time, the intensity of the balance after three years according to the background of all forecrops (spring rape, spring cereals, winter cereals) on barley crops is 156.1-248.8% with the introduction of a solid fraction and 107.8-125.6% when using liquid drains.

Key words: mobile phosphorus, long-fallow lands, fertilization system, liquid effluents, forecrops, phosphorus balance.

УДК 631.417.1:631.435

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГОДЬЯМИ

*Е.В. Дубовик, д.б.н., Д.В. Дубовик, д.с.-х.н., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»
305021, Курск, ул. К. Маркса, 70б, e-mail: dubovikdm@yandex.ru, тел. (0712) 53-42-56*

Изучено изменение содержания органического углерода ($C_{орг.}$) и структурно-агрегатного состава чернозема типичного под различными угодьями за 20-летний период. Установлены снижение количества $C_{орг.}$ в почве на пашне и повышение на лугу, стабилизация в почве под лесополосой. Выявлено изменение структурного состояния и водоустойчивости почвы в зависимости от угодья. За длительный период была установлена умеренная, заметная, высокая и весьма высокая прямая корреляционная связь органического углерода с показателями структурного состояния почвы, независимо от изучаемых угодий.

Ключевые слова: чернозем типичный, органический углерод, структура почвы, водоустойчивость почвы, угодья.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02

Структура почвы является неотъемлемой агрофизической характеристикой почвенного плодородия. Почвенная структура характеризуется количественным соотношением, характером взаимосвязи и расположением как механических элементов, так и состоящих из них агрегатов.

В свою очередь почвенный агрегат это структурная единица почвы, состоящая из связанных друг с другом механических элементов почвы. При этом ведущую роль материала, который скрепляет почвенный агрегат, отводят гумусовым веществам, илу и структурообразующим катионам кальция, алюминия, железа [2, 5, 7 и др.].

Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, сочетающие в себе многократную за сезон механическую обработку почвы, частое использование пестицидов, высоких доз минеральных удобрений, обусловлены изменением гумусного состояния почв. Кроме того, процессы водной и ветровой эрозии ведут к потере органического вещества почвы, что отражается на ее структурном состоянии [8].

Цель исследований – изучить взаимосвязь содержания в черноземе типичном органического углерода и структурного состояния за длительный период под различными угодьями.

Методика. Исследования проведены на территории опытного поля «Курский ФАНЦ» (Курская обл., Медвенский район). Объектом изучения являлся чернозем типичный тяжелосуглинистый. Почвенные образцы отобраны на реперных участках в 1998, 2008 и 2018 г. в слое 0-20 см на склонах северной, южной экспозиций и водораздельном плато.

Анализ изменения структурно-агрегатного состояния чернозема типичного проводили на угодьях, которые являются элементами противозерозионной организации агроландшафта: пашня, луг, лесополоса.

На пашне разбит пятипольный зернопаропропашной севооборот с чередованием культур: 1 – пар; 2 – озимая пшеница; 3 – кукуруза; 4 – гречиха; 5 – ячмень. Отбор образцов проводили после уборки ячменя. Лесополосы трехрядные, представлены смесью евро-американских гибридов тополя Робуста 236 и Заря. Средняя высота лесополос 17-20 м, возраст 44 года. Луг покрыт бобово-злаковым разнотравьем с периодическим сенокошением.

Для определения структурно-агрегатного состава отбирали по три ненарушенных монолитных образца почвы (25×25×20 см), которые впоследствии были подвергнуты физическому фракционированию. После проведения физического фракционирования в лаборатории из полученной почвенной массы удаляли крупные растительные остатки и корни, а образцы доводили до воз-