

ДИНАМИКА ФОСФАТНОГО РЕЖИМА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Я.П. Цвей, д.с.-х.н., В.В. Иванина, к.с.-х.н., Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы, Е.Т. Петрова, к.с.-х.н., Ю.П. Дубовый, к.с.-х.н., Белоцерковская опытно-селекционная станция

Показано влияние длительного применения удобрений (16 лет) на фосфатный режим чернозема выщелоченного среднесуглинистого. Наилучшие условия фосфатного режима почвы в течение III и IV ротаций зерносвекловичного севооборота создавались при использовании органоминеральных систем удобрения. В конце третьей и в четвертой ротациях содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы выросло к контролю при использовании альтернативной и традиционной системы удобрения. Анализ фракционного состава фосфора почвы подтвердил тесную взаимосвязь между его формами и установил особенности трансформации фосфора при длительном использовании удобрений.

Ключевые слова: фосфатный режим, чернозем выщелоченный, севооборот, система удобрения.

Формирование фонда подвижного фосфора в почве, стабилизация его баланса в системе почва-растение – важные аспекты повышения продуктивности земледелия. Б.С. Носко [2] считает, что достижение уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором 14-16 мг P_2O_5 на 100 г почвы оптимизирует усвоение фосфора растениями и создает условия максимальной отдачи от внесенных удобрений.

Количество подвижного фосфора в почве зависит от ряда факторов: валового его содержания, соотношения между органической и минеральной фракциями, способности фосфора переходить в более подвижные и доступные растениям формы, а также от целого ряда прямых и косвенных факторов, влияющих на процессы равновесия фосфора в почвенной среде [3, 4].

Один из наиболее эффективных способов влияния на фосфатный режим почвы – внесение минеральных и органических удобрений. Большинство ученых считает, что совместное применение органических и минеральных удобрений формирует наиболее благоприятный и стабильный во времени фосфатный режим почв [1, 5, 6]. Такое сочетание замедляет сорбцию фосфора почвой, поддерживает высокий уровень подвижного фосфора в почвенной среде, делает фосфатное питание растений достаточным и сбалансированным во времени [2].

Длительное стабилизирующее действие органического вещества навоза в предотвращении создания труднорастворимых фосфатов почвы отмечал Д.М. Прянишников [7]. В опытах К.Е. Гинзбург [3] указывалось на высокую эффективность фосфора минеральных удобрений в повышении подвижных фосфатов почвы. Однако действие минеральных удобрений было кратковременным, поскольку внесенный фосфор быстро переходил в устойчивые малоподвижные соединения.

В современном земледелии в качестве органического удобрения все более широко применяют побочную продукцию культур. Влияние альтернативных источников органических удобрений (побочной продукции растений) на фосфатный режим почвы изучено недостаточно.

Цель исследований – изучить влияние систем удобрения на формирование фонда подвижного фосфора в черноземе выщелоченном среднесуглинистом и процессы его трансформации при длительном их применении в условиях зерносвекловичного севооборота.

Методика. В условиях стационарного полевого опыта (1996-2012 гг.) Белоцерковской опытно-селекционной станции в течение III и IV ротаций зерносвекловичного севооборота изучали влияние разных систем удобрения на динамику

подвижного фосфора и его фракционный состав в черноземе выщелоченном среднесуглинистом.

Агрохимическая характеристика пахотного (0-30 см) слоя почвы: содержание гумуса по Тюрину – 3,6-3,9%, щелочно-гидролизованного азота по Корнфилду – 120-140 мг/кг почвы, подвижного фосфора и калия по Чирикову, соответственно, 130-150 и 60-70 мг/кг почвы, гидролитическая кислотность по Каппену – 17,1 мг-экв/кг почвы.

Площадь учетной делянки – 100 м², повторность – 3-кратная. Агротехника культур общепринятая для данной зоны.

Стационарный опыт был развернут в трех полях. Чередувание культур в десятипольном севообороте (третья ротация, поле № 1): 1. Редька масличная (1996 г.); 2. Пшеница озимая (1997 г.); 3. Сахарная свекла (1998 г.); 4. Горох (1999 г.); 5. Пшеница озимая (2000 г.); 6. Сахарная свекла (2001 г.); 7. Кукуруза на зеленый корм (2002 г.); 8. Пшеница озимая (2003 г.); 9. Сахарная свекла (2004 г.); 10. Ячмень яровой (2005 г.); в шестипольном реформированном (четвертая ротация, поле № 1): 1. Вико-овес (2006 г.); 2. Пшеница озимая (2007 г.); 3. Сахарная свекла (2008 г.); 4. Ячмень яровой + клевер (2009 г.); 5. Клевер (2010 г.); 6. Пшеница озимая (2011 г.).

В III ротации удобрения вносили под озимую пшеницу ($N_{40}P_{60}K_{60}$), ячмень ($N_0P_{60}K_{60}$), кукурузу на зеленый корм ($N_{100}P_{60}K_{60}$), сахарную свеклу (30 т/га навоза + $N_{40}P_{60}K_{60}$); в IV – под озимую пшеницу ($N_{60}P_{60}K_{60}$), клевер ($N_{40}P_{40}K_{40}$), сахарную свеклу (50 т/га навоза + $N_{40}P_{60}K_{60}$). Дозы внесения минеральных удобрений (кг д.в./га) в III ротации севооборота – $N_{50}P_{66}K_{66}$, органических – 9 т/га; в 4-й ротации, соответственно, $N_{43}P_{43}K_{43}$ и 8,3 т/га. Применение альтернативной системы удобрения в III ротации предусматривало запахивание в почву на удобрение побочной продукции пшеницы озимой, сахарной свеклы, гороха, в IV ротации – пшеницы озимой и сахарной свеклы.

Содержание фосфора в растительных образцах (товарная и побочная продукция) и почве изучали в двух полях севооборота: начало III ротации (1996-1997 гг.), конец III (2005-2006 гг.) и IV (2011-2012 гг.) ротаций. Общий фосфор в растениях определяли фотометрически по Дениже в модификации А.Левицкого; подвижный фосфор в почве и его фракционный состав – по Чирикову.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследования показали, что в черноземе выщелоченном в варианте без удобрений культуры зерносвекловичного севооборота выносили из почвы фосфора в III ротации 262, в четвертой – 252 кг/га. Систематическое внесение удобрений увеличило вынос фосфора по сравнению с контролем без удобрений в III ротации в 1,65-1,80, в четвертой – в 1,55-1,68 раза. Невзирая на увеличение объемов выноса фосфора растениями, применение удобрений в дозе свыше 43 кг д.в. P_2O_5 /га формировало положительный баланс фосфора в почве (табл. 1).

При дозе внесения минеральных удобрений $N_{50}P_{66}K_{66}$ (III ротация) и $N_{43}P_{43}K_{43}$ (IV ротация) баланс фосфора в почве составлял, соответственно, 23,7 и 4,9 кг/га в год. Уменьшение положительного баланса фосфора в четвертой ротации сопоставимо с уменьшением дозы внесения фосфорных удобрений.

Применение органоминеральных систем удобрения значительно улучшало баланс фосфора в почве за счет дополнительного внесения фосфора в составе органических удобрений. Сочетание внесения минеральных удобрений и побочной

продукции растений обеспечило дополнительное поступление в почву фосфора в составе побочной продукции в III ротации 9,6, в четвертой – 9,0 кг/га в год, что приравнивалось к ежегодному внесению навоза в дозе 3,5-4,0 т/га (8,8-10,0 кг д.в. P_2O_5 /га). Альтернативная органоминеральная система удоб-

рения увеличивала позитивное сальдо баланса фосфора в почве в 10-польном севообороте (III ротация) до 31,6, в 6-польном (IV ротация) до 11,5 кг/га в год, что в сравнении с минеральной системой было больше, соответственно, на 7,9 и 6,6 кг/га.

1. Баланс фосфора в зерносевооборотном севообороте в зависимости от его структуры и системы удобрения, кг/га севооборота (БЦДСС)

№ вар.	Внесено удобрений, кг д.в./га севооборотной площади	III ротация				IV ротация			
		поступило в почву, кг/га	вынесено из почвы, кг/га	баланс, ± кг/га	интенсивность баланса, %	поступило в почву, кг/га	вынесено из почвы, кг/га	баланс, ± кг/га	интенсивность баланса, %
11	Без удобрений (контроль)	1,0	26,2	-25,2	3,8	1,0	25,2	-24,2	4,0
2	$N_{50}P_{66}K_{66}$	67,0	43,3	+23,7	154,7	44,0	39,1	+4,9	112,5
4	$N_{50}P_{66}K_{66}$ + побочная продукция	76,6	45,0	+31,6	170,2	53,0	41,5	+11,5	127,7
13	$N_{50}P_{66}K_{66}$ + 9 т/га навоза	89,5	47,1	+42,4	190,0	64,8	42,4	+22,4	152,8

Примечание. Доза внесения минеральных удобрений в IV ротации уменьшена до $N_{43}P_{43}K_{43}$, навоза – до 8,3 т/га севооборотной площади (здесь и в табл. 2).

Наилучшие показатели баланса фосфора в почве складывались при сочетании внесения минеральных удобрений и навоза. Внесение навоза в дозе 8,3-9,0 т/га на фоне минеральных удобрений увеличило позитивное сальдо баланса фосфора в 10-польном севообороте до 42,4, в 6-польном до 22,4 кг/га в год, что в сравнении с минеральной системой удобрения было больше, соответственно, на 18,7 та 17,5 кг/га.

За период двух ротаций зерносевооборотного севооборота дефицит фосфора в почве в варианте без удобрений составил 397 кг/га, в то же время в вариантах с внесением удобрений запасы фосфора в почве выросли: при минеральной системе удобрения на 266 кг/га, сочетании минеральных удобрений и побочной продукции – 385, минеральных удобрений и навоза – 558 кг/га.

Формирование фонда подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в значительной мере зависело от системы удобрения. На начало III ротации содержание подвижного фосфора в пахотном (0-30 см) слое в варианте без удобрений составило 148 мг/кг почвы, при минеральной системе удобрения – 193, альтернативной органоминеральной – 213, традиционной на основе навоза – 227 мг/кг почвы; в подпахотном (30-40 см) слое, соответственно, 135; 158; 162 и 170 мг/кг почвы. Применение удобрений в течение предыдущих двух ротаций (I и II) увеличило на начало III ротации содержание подвижного фосфора в удобренных вариантах по сравнению с контролем без удобрений в пахотном слое на 45-79, в подпахотном – на 23-35 мг/кг почвы (табл. 2).

2. Динамика подвижного фосфора в черноземе выщелоченном среднесуглинистом в зависимости от структуры севооборота и системы удобрения, мг/кг почвы

№ вар.	Внесено удобрений, кг д.в./га севооборотной площади	Слой почвы, см					
		0-30		30-40		0-30	
		начало III ротации, 1996-1997 гг.		конец III ротации, 2006-2007 гг.		конец IV ротации, 2011-2012 гг.	
11	Без удобрений (контроль)	148	135	132	124	126	127
2	$N_{50}P_{66}K_{66}$	193	158	212	167	221	175
4	$N_{50}P_{66}K_{66}$ + побочная продукция	213	162	240	166	248	169
13	$N_{50}P_{66}K_{66}$ + 9 т/га навоза	227	170	251	176	262	179
HCP ₀₅		5,6	5,1	5,7	4,7	5,8	4,6
P, %		2,3	2,1	2,5	1,9	1,9	2,0

Выращивание культур в течение последующих двух ротаций (III и IV) без внесения удобрений уменьшало содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы по сравнению с началом III ротации на 22, в подпахотном слое – на 8 мг/кг почвы. Суммарные запасы подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см к концу IV ротации уменьшились по сравнению с началом III ротации на 54,5 кг/га, что составляло 13,7% от величины дефицита фосфора, который образовался в варианте без удобрений (397 кг/га). Таким образом, около 86% фос-

фора растения использовали из других источников: фонда труднорастворимого фосфора почвы и выноса фосфора из нижних горизонтов.

Применение систем удобрения с годичной дозой внесения фосфора в III ротации свыше 66, в IV – свыше 43 кг д.в. P_2O_5 /га обеспечивало увеличение содержания подвижного фосфора в верхних слоях чернозема выщелоченного. Степень увеличения варьировала по ротациям зерносевооборотного севооборота и зависела, главным образом, от ежегодной дозы внесения фосфора в составе удобрений.

Использование минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{66}K_{66}$ (III ротация) и $N_{43}P_{43}K_{43}$ (IV ротация) увеличило содержание подвижного фосфора в течение III ротации в пахотном слое почвы на 19 мг/кг, в подпахотном – на 9; в IV ротации, соответственно, на 9 и 8 мг/кг почвы. Суммарные запасы подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см к концу IV ротации выросли по сравнению с началом III ротации на 111 кг/га.

Положительное влияние на фосфатный режим почвы оказало применение органоминеральных систем удобрения. Сочетание внесения $N_{50}P_{66}K_{66}$ + побочная продукция увеличило содержание подвижного фосфора в течение третьей ротации в пахотном слое почвы на 27 мг/кг, в подпахотном – на 4; минеральных удобрений и навоза ($N_{50}P_{66}K_{66}$ + 9 т/га навоза), соответственно, на 24 и 6 мг/кг почвы. В течение четвертой ротации при уменьшении ежегодной дозы минеральных удобрений до $N_{43}P_{43}K_{43}$ сочетание внесения минеральных удобрений и побочной продукции обеспечило увеличение подвижного фосфора в пахотном слое почвы на 8 мг/кг, в подпахотном – на 3; минеральных удобрений и навоза, соответственно, на 11 и 3 мг/кг почвы.

По влиянию на фосфатный режим почвы в течение III и IV ротаций сочетание внесения минеральных удобрений и побочной продукции приравнивалось по своей эффективности к внесению минеральных удобрений в сочетании с 8,3-9 т/га навоза. Суммарные запасы подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см к концу IV ротации по сравнению с началом III ротации при альтернативной органоминеральной системе удобрения выросли на 123 кг/га, традиционной на основе навоза – на 125 кг/га.

Невзирая на значительный дефицит фосфора, который складывался в почве к концу IV ротации зерносевооборотного севооборота в варианте без удобрений, обеспеченность пахотного (0-30 см) слоя почвы подвижным фосфором сохранялась на повышенном уровне – 126 мг/кг почвы. Применение разных систем удобрения увеличивало обеспеченность почвы подвижным фосфором до очень высокого уровня – 225-262 мг/кг почвы.

Систематическое окультурирование чернозема выщелоченного в течение 16 лет заметно повлияло на групповой состав фосфатов почвы. После завершения III ротации зерносевооборотного севооборота валовое содержание фосфора в пахотном (0-30 см) слое почвы в варианте без удобрений составило

1044 мг/кг почвы. При этом на долю органического фосфора приходилось 49,4%, минерального – 50,6%. В течение IV ротации валовое содержание фосфора в пахотном слое уменьшилось на 46 мг/кг почвы, в том числе минерального – на 38, органического – на 8 мг/кг почвы. Уменьшение содержания минерального фосфора почвы происходило за счет всех групп фосфатов: фосфатов щелочных металлов – на 5 мг/кг, разно-

основных фосфатов кальция – 2, высокоосновных фосфатов кальция и разноосновных фосфатов алюминия и железа – 15, нерастворимого остатка – на 17 мг/кг почвы. Наибольшее абсолютное уменьшение наблюдалось в группах (III) тяжело-растворимых фосфатов и фосфатов нерастворимого остатка (табл. 3).

3. Фракционный состав фосфора в пахотном слое чернозема выщелоченного после длительного применения удобрений

№ вар.	Внесено удобрений, кг д.в./га	Валовой фосфор, мг/кг	Органический фосфор		Минеральный фосфор		Группа минеральных фосфатов по Чирикову, мг/кг				
			мг/кг	%	мг/кг	%	I	II	III	I+II+III	нерастворимый
Конец III ротации, 2006-2007 гг.											
11	Без удобрений (контроль)	1044	516	49,4	528	50,6	16,4	116	203	335	193
2	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	1192	530	44,5	662	55,5	35,0	177	264	480	186
4	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆ + побочная продукция	1216	588	48,4	628	51,6	48,2	192	226	466	162
13	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆ + 9 т/га навоза	1248	598	47,9	650	52,1	56,1	195	231	482	168
Конец IV ротации, 2011-2012 гг.											
11	Без удобрений (контроль)	998	508	50,9	490	49,1	11,6	114	188	314	176
2	N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃	1200	526	43,8	674	56,2	35,4	186	273	498	180
4	N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃ + побочная продукция	1236	594	48,1	642	51,9	46,2	202	218	466	176
13	N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃ + 8,3 т/га навоза	1286	605	47,1	681	52,9	54,8	207	254	516	165
	НСР ₀₅	42,2	20,5		21,4		0,5	4,7	6,4		6,2
	P%	2,2	2,4		1,8		1,6	2,0	1,8		1,9

Применение в течение III ротации минеральной системы удобрения (N₅₀P₆₆K₆₆) увеличило содержание валового фосфора в сравнении с контролем без удобрений на 148 мг/кг почвы (14,2%), альтернативной органоминеральной (побочная продукция + N₅₀P₆₆K₆₆) – 172 мг/кг почвы (16,5%), традиционной органоминеральной (9 т навоза + N₅₀P₆₆K₆₆) – 204 мг/кг почвы (19,6%).

Внесение удобрений способствовало увеличению содержания фосфора в органической и минеральной фракциях. При этом минеральная система удобрения увеличивала преимущественно содержание минерального фосфора почвы, органоминеральные системы обусловили равномерное увеличение фосфора обеих (минеральной и органической) фракций. При минеральной системе удобрения содержание минерального фосфора в почве выросло в сравнении с контролем без удобрений на 25,4%, органического – на 2,8; при альтернативной органоминеральной, соответственно, на 19,0 и 14,0 и традиционной органоминеральной – на 23,1 и 15,9%.

Системы удобрения неоднозначно влияли на распределение фосфора по группам фосфатов в составе минеральной фракции. Минеральная система удобрения более интенсивно в сравнении с контролем без удобрений увеличивала группу труднорастворимых фосфатов (III группа) и фосфатов нерастворимого остатка в составе минерального фосфора почвы на фоне умеренного увеличения фонда подвижных фосфатов. В то же время органоминеральные системы удобрения, наоборот, способствовали более интенсивному увеличению содержания подвижных фосфатов почвы.

В IV ротации зерносвекловичного севооборота содержание валового фосфора в вариантах с удобрениями увеличилось в пахотном (0-30 см) слое почвы в сравнении с III ротацией на 8-38 мг/кг почвы. При этом минеральная система удобрения увеличивала валовой фосфор почвы за счет увеличения фосфора минеральной фракции (на 12 мг/кг почвы) на фоне незначительного (на 4 мг/кг почвы) снижения содержания органического фосфора. Применение органоминеральных систем удобрения обусловило увеличение фосфора минеральной и органической фракций почвы: при сочетании минеральных удобрений и побочной продукции, соответственно, на 14 и 6 мг/кг, минеральных удобрений и навоза – на 31 и 7 мг/кг почвы.

Содержание валового фосфора в черноземе выщелоченном к концу IV ротации было более высоким при применении органоминеральных систем удобрения: сочетание минеральных удобрений и побочной продукции – 1286 мг/кг почвы, минеральных удобрений и навоза – 1236, что в сравнении с минеральной системой удобрения было больше, соответст-

венно, на 36 и 86 мг/кг почвы.

Таким образом, величина фонда валового фосфора чернозема выщелоченного определялась преимущественно дозой внесенного фосфора в составе удобрений. При этом органоминеральные системы удобрения способствовали увеличению содержания фосфатов органической фракции и подвижного фосфора минеральной фракции, тогда как минеральная система – увеличивала закрепление фосфора в труднорастворимых фракциях.

Выводы. 1. Длительное (16 лет) использование чернозема выщелоченного среднесуглинистого в условиях зерносвекловичного севооборота без внесения удобрений создавало дефицит фосфора в системе почва-растение в количестве 397 кг/га, что уменьшало запасы подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см на 55 кг/га.

2. Применение минеральных удобрений в дозе N₅₀P₆₆K₆₆ (III ротация) увеличивало содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы в течение ротации на 19, в подпахотном слое – на 9 мг/кг почвы. Уменьшение дозы фосфорных удобрений на 35% (IV ротация) сохраняло динамику увеличения фонда подвижного фосфора почвы к концу ротации, соответственно, на 9 и 8 мг/кг почвы.

3. Использование органоминеральных систем удобрения создавало наилучшие условия фосфатного режима чернозема выщелоченного, обеспечив увеличение содержания подвижного фосфора в верхних слоях почвы в течение обеих ротаций севооборота. К концу IV ротации содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы при сочетании внесения минеральных удобрений и побочной продукции составляло 248 мг/кг, минеральных удобрений и навоза 262, что в сравнении с минеральной системой удобрения было больше, соответственно, на 27 и 41 мг/кг почвы.

4. Применение органоминеральных систем удобрения увеличивало содержание валового фосфора в пахотном слое почвы в сравнении с минеральной системой на 36-86 мг/кг почвы. Совместное внесение органических и минеральных удобрений способствовало накоплению фосфора в органической фракции, увеличивало содержание подвижных I и II групп фосфатов в составе минерального фосфора почвы и уменьшало закрепление фосфора в труднорастворимых фракциях.

Литература

- Минеев В.Г. и др. Научные основы системы удобрения в севообороте // Научные основы современных систем земледелия. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 117-155.
- Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. – К.: Урожай, 1990. – 224 с.

3. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1981. – 224 с.
4. Мартынович Л.Н., Мартынович Н.И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозёма оподзоленного Центральной Лесостепи Правобережной УССР. Сообщение 3. Влияние систематического применения удобрений на фосфатный режим почв в зерносвекловичном севообороте // Агрохимия. – 1990. – № 6. – С. 25-32.
5. Лісовал А.П., Коваленко О.Г. Вплив довготривалого застосування добрив на вміст у ґрунті рухомих фосфатів і баланс фосфору // Науковий вісник НАУ. – 2002. – № 57. – С. 240-244.
6. Цвей Я.П., Недашківський О.І., Кіселевська М.О. Родючість ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 10. – С. 11-15.
7. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения (в трёх томах). – М.: Изд. АН СССР. – 1952. – Т. 3. – 686 с.

DYNAMIC OF THE PHOSPHORUS STATUS OF LEACHED CHERNOZEM UNDER LONG-TERM FERTILIZATION

Ya.P. Tsvey¹, V.V. Ivanina¹, E.T. Petrova², Yu.P. Dubovyi²

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, National Academy of Sciences of Ukraine
vul. Klinichna 25, Kiiiv, 03141 Ukraine Email: tsvey_isb@ukr.net; v_ivanina@meta.ua
Bilotserkivska Research and Selection Station Belotserkovskii raion, Kiiiv oblast, 2564441 Ukraine
E-mail: bcdsscbuaanzvit@bk.ru

The effect of long-term (16-year-long) fertilization on the phosphorus status of leached chernozem has been shown. The best conditions for the phosphorus regime in the soil during the third and fourth rotation cycles have been created at the use of organic-mineral fertilizing systems. At the end of the third rotation cycle, the content of mobile phosphorus in the plow soil horizon increased, compared to the control without fertilization, at the use of alternative and traditional fertilizing systems by 108 and 119 mg/kg soil, respectively; at the end of the fourth rotation, the corresponding values were 122 and 136 mg/kg soil. The analysis of the fractional composition of phosphorus in the soil confirmed the close correlation between its forms and the peculiarities of its transformation under long-term fertilization.

Key words: phosphorus status, leached chernozem, crop rotation, fertilizing system.