

УДК 631.85:631.83:631.81.033

В. В. ЛАПА, Н. Н. ИВАХНЕНКО, А. А. ГРАЧЕВА, С. М. ШУМАК, А. В. БАЧИЩЕ

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Институт почвоведения и агрохимии

(Поступила в редакцию 22.03.2011)

В условиях преобладающих в Республике Беларусь дерново-подзолистых почв, которые в силу естественных причин имеют низкое потенциальное плодородие, применение минеральных удобрений является одним из наиболее существенных факторов, влияющих как на состояние плодородия почв, так и на их продуктивность. Система применения минеральных удобрений разрабатывается таким образом, чтобы не только компенсировать вынос элементов питания с урожаем, но и повысить запас фосфора и калия в почвах. В этом плане важное научное и практическое значение имеет продолжительность действия остаточных количеств удобрений, которые не использованы растениями, а закрепились в почвах.

Проблема устойчивости почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных почв является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования [1–3].

До 1992 г. научное обеспечение растениеводческой отрасли в республике заключалось в разработке интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, основой которых являлось осуществление комплекса мероприятий по оптимизации условий роста и развития растений в период вегетации. Благодаря значительному росту запасов элементов питания в почвах в республике сохранилась достаточно высокая продукционная способность сельскохозяйственных земель в период, когда применение минеральных удобрений сократилось практически в 2 раза, а органических – в 3 раза. Сложившаяся в годы перестройки тенденция по снижению объемов применения минеральных и органических удобрений в сочетании с нарушением соотношения элементов питания в сельскохозяйственном производстве обусловила необходимость изучения изменения почвенного плодородия по содержанию фосфора и калия.

Несмотря на то что валовые запасы фосфора и калия в почвах существенно превышают количество доступных элементов питания, деградация почвенного плодородия по содержанию фосфора и калия может происходить значительно быстрее, чем, например, азота. В этой связи особое значение приобретает комплексная оценка фосфорного и калийного состояния и устойчивость его к антропогенному воздействию [3–5].

Цель исследований – установить длительность последствия остаточных количеств фосфора и калия, вносимых с минеральными и органическими удобрениями в предшествующий период, и установить период агрохимической деградации дерново-подзолистой супесчаной почвы, т. е. время, за которое почва по содержанию фосфора и калия возвращается в исходное состояние.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. А. В. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком. Пахотный слой перед закладкой опыта в 1987 г. характеризовался следующими показателями: pH_{KCl} 5,6–6,0, P_2O_5 – 80–100, K_2O – 170–230 мг/кг почвы, гумус – 1,8–2,3%. Повторность вариантов – четырехкратная. Общая площадь делянки – 49,5 м², учетная: для зерновых – 32 м², для пропашных – 22,4 м². Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований. За три ротации четы-

репного севооборота в вариантах с применением фосфорных и калийных удобрений содержание P_2O_5 возросло на 33–57 мг/кг (в зависимости от формы применяемых удобрений), K_2O – в среднем на 28 мг/кг почвы. С 1986 по 1995 г. в почву внесено 120 т/га солоमистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон.

Минеральные и органические удобрения в контрольном варианте не вносятся с 1987 г., в остальных вариантах с последствием внесение минеральных (NPK) удобрений прекращено с 1999 г. С 1987 по 1998 г. вносили следующие удобрения: аммиачную селитру или мочевины (карбамид), хлористый калий и разные формы фосфорных: суперфосфат двойной ($P_{сд}$), полифосфат кальция ($P_{полифосфат Ca}$), аммофосфат ($P_{аф}$), бесхлорное РК – удобрение на основе нефелинов ($P_{РК-удобрение}$), аммофос ($P_{АФ}$) и суперфосфат простой аммонизированный ($P_{с.а}$) (табл. 1).

Таким образом, в опыте с 1999 г. изучали последствие калийных и разных форм фосфорных удобрений: двойного суперфосфата, полифосфата кальция, аммофосфата, бесхлорного РК-удобрения на основе нефелинов, аммофоса и суперфосфата простого аммонизированного. Кроме перечисленного в опыте продолжается изучение последствия фосфорных удобрений с 1987 г. (вар. III) и внесенных за первую ротацию (1986–1990 гг.) севооборота (вар. X).

Чередование культур с 1999 г. следующее: викоовсяная смесь (1999 г.) – озимая тритикале сорта Мiхась (2000 г.) – люпин сорта Гелена (2001 г.) – картофель сорта Скарб (2002 г.) – ячмень сорта Дзiвосны (2003 г.) – горохоовсяная смесь (2004 г.) – озимая тритикале сорта Мiхась (2005 г.) – люпин сорта Хвалько (2006 г.) – ячмень сорта Гонар (2007 г.) – горохо (пелюшко)-овсяная смесь (2008 г.) – озимая тритикале сорта Вольтарио (2009 г.).

Предпосадочную, предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии возделывания пропашных и зерновых культур и в соответствии с отраслевыми регламентами [6, 7].

В опытах применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: содержание подвижных фосфора и калия в почве определяли по методу Кирсанова.

Результаты и их обсуждение. Для установления длительности последствия остаточных количеств фосфора и калия, внесенных ранее с минеральными и органическими удобрениями, особое значение имеет анализ динамики продуктивности сельскохозяйственных культур во временном интервале после прекращения применения фосфорных и калийных удобрений. Начиная с 1999 г. максимальная продуктивность культур по годам исследований получена в 2004 г. при возделывании горохоовсяной смеси – 110,8 ц к. ед/га при внесении $N_{60}P_{40}K_{80}$ и в этом же варианте в 2005 и 2009 гг. при возделывании озимой тритикале – 85,6 ц к. ед/га (при применении $N_{120}P_{40}K_{80}$) и 91,2 ц к. ед/га (при внесении $N_{150}P_{40}K_{80}$) соответственно. Максимальная среднегодовая (с 1999 г.) продуктивность культур – 60,0 и 56,6 ц к. ед/га – получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{63}P_{40}K_{82}$ и парной комбинации $N_{63}P_{40}$. В варианте без внесения удобрений с 1987 г. получена среднегодовая продуктивность культур – 36,5 ц к. ед/га, т. е. среднегодовой недобор кормовых единиц по отношению к оптимальной урожайности составил 23,5 ц к. ед/га. При последствии минеральных и органических удобрений (последний раз 40 т/га внесено осенью 1995 г. под картофель) получено 38,9 ц к. ед/га, прибавка составила 2,3 ц к. ед/га по отношению к варианту без удобрений, а недобор кормовых единиц – 21,1 ц/га. При последствии с 1999 г. калийных удобрений, т. е. при среднегодовом внесении $N_{63}P_{40}$ получена продуктивность 56,6 ц к. ед/га, а среднегодовой недобор составил 3,4 ц к. ед/га. При ежегодном внесении фосфорных удобрений, т. е. при последствии $N_{66}K_{91}$ (среднегодовое внесение до 1999 г.) среднегодовая продуктивность культур составила 44,5 ц к. ед/га, что на 15,5 ц к. ед/га меньше, чем при оптимальной полной дозе минеральных удобрений, и на 5,6 ц к. ед/га больше, чем в фоновом варианте (табл. 2).

При последствии фосфорных удобрений, т. е. при внесении парной комбинации $N_{63}K_{82}$, среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за последние 11 лет формировалась на уровне 54,6 ц к. ед/га и в варианте без фосфора с 1991 г. составила 51,6 ц к. ед/га, что зна-

Т а б л и ц а 1. Схема опыта и распределение удобрений по годам

Вариант опыта и количество удобрений до 1999 г.	Дозы удобрений с 1999 г.										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Без удобрений	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II. Навоз 120 т/га — фон	Последнействие										
III. Фон + N ₈₇ K ₉₈	N ₆₀ K ₈₀	K ₈₀ + N ₉₀	K ₈₀	N ₈₀ K ₁₀₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	K ₈₀ + N ₉₀	K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₉₀ + 30K ₈₀
IV. Фон + N ₈₁ K ₉₁ P ₅₃ с.д.	Последнействие										
V. Фон + N ₈₁ K ₉₁ P ₅₃ полифосфат Са	Последнействие										
VI. Фон + N ₈₂ P ₆₀ K ₉₈	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₉₀	P ₄₀ K ₈₀	N ₈₀ P ₄₀ K ₁₀₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₉₀	P ₄₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₉₀ + 30P ₄₀ K ₈₀
VII. Фон + N ₇₉ P ₅₉ K ₉₃	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₄₀	P ₂₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₄₀	P ₂₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₄₀ + 20P ₂₀ K ₄₀
VIII. Фон + N ₈₁ K ₉₁ P ₅₃ (аф)	Последнействие										
IX. N ₈₁ K ₉₂ P ₅₃ (р.к-удобрение)	Последнействие										
X. Фон + N ₈₇ P ₅₉ K ₉₈	N ₆₀ K ₈₀	K ₈₀ + N ₉₀	K ₈₀	N ₈₀ K ₁₀₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	K ₈₀ + N ₉₀	K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₆₀ K ₈₀	N ₉₀ + 30K ₈₀
XI. Фон + N ₈₁ K ₉₁ P ₆₀ с. а	Последнействие										
XII. Фон + N ₈₁ K ₉₁ P ₅₃	Последнействие										
XIII. Фон + N ₆₆ K ₉₁ P ₅₃	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀	P ₄₀
XIV. Фон + N ₇₉ K ₉₁ P ₅₉	N ₆₀ P ₄₀	P ₄₀ + N ₉₀	P ₄₀	N ₈₀ P ₄₀	N ₆₀ P ₄₀	N ₆₀ P ₄₀	P ₄₀ + N ₉₀	P ₄₀	N ₆₀ P ₄₀	N ₆₀ P ₄₀	N ₉₀ + 30P ₄₀
XV. Фон + N ₇₉ K ₉₁ P ₅₉	Последнействие	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₁₀₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀
XVI. Фон + N ₈₇ K ₉₁ P ₆₁	N ₆₀	N ₉₀	—	N ₈₀	N ₆₀	N ₆₀	N ₉₀	—	N ₆₀	N ₆₀	N ₉₀ + 30

чительно ниже (на 2,5 и 8,1 ц к. ед/га соответственно), чем за период 1987–1998 гг. Прибавка к фону (последствие навоза КРС) составила 15,7–12,7 ц к. ед/га. Недобор продукции по отношению к варианту с применением полного минерального удобрения составил 5,4 и 8,4 ц к. ед/га (см. табл. 2).

Таблица 2. Влияние действия и последствие минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц к. ед/га

Вариант опыта	1987–1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	1999–2009
I. Без удобрений	37,1	20,8	43,5	38,0	22,3	35,2	53,4	38,5	34,5	36,6	20,9	57,6	36,5
II. Последствие 120 т/га навоза КРС – фон	41,1	23,8	44,2	36,3	25,1	40,2	55,4	47,8	35,5	35,1	25,4	58,8	38,9
III. N ₆₃ K ₈₂	57,1	29,8	69,4	34,5	31,6	59,1	91,3	74,5	40,3	58,2	30,9	81,0	54,6
IV. NKP _{с.д.} – последствие	65,5	31,4	46,4	36,4	27,9	43,4	74,4	54,3	40,4	39,9	25,2	57,5	43,4
V. NKP _{полифосфат Са – последствие}	59,7	23,4	49,2	40,7	27,9	37,0	70,3	56,7	40,1	39,6	25,3	58,1	42,6
VI. N ₆₃ P ₄₀ K ₈₂	61,0	34,7	74,9	35,0	38,4	56,8	110,8	85,6	39,2	55,7	37,4	91,2	60,0
VII. N ₃₁ P ₂₀ K ₄₅	58,7	29,0	57,4	35,8	35,3	50,7	90,2	62,9	37,6	45,4	26,9	82,6	50,3
VIII. NKP _{аф.} – последствие	63,6	22,7	53,5	40,0	27,0	34,5	62,1	47,7	36,6	37,5	25,7	56,4	40,3
IX. NKP _{РК-удобрение – последствие}	58,0	24,3	44,3	42,0	27,3	37,7	60,3	52,1	36,9	39,6	26,5	55,3	40,6
X. N ₆₃ K ₈₂	59,7	29,9	71,9	37,0	32,6	49,2	87,8	70,2	38,9	40,9	27,8	81,3	51,6
XI. NKP _{с.а.} – последствие	63,1	29,8	46,0	36,3	26,7	38,7	65,7	40,4	38,3	39,4	27,6	55,3	40,4
XII. NKP _{АФ} – последствие	63,5	33,3	49,5	42,1	29,8	41,0	66,4	39,2	38,0	37,9	28,2	54,7	41,8
XIII. P ₄₀ с.а.	61,9	26,1	47,6	34,5	35,3	43,3	73,6	50,8	37,0	49,3	31,0	60,6	44,5
XIV. N ₆₃ P ₄₀	61,9	32,5	71,4	34,2	38,4	54,6	101,6	83,3	37,3	53,0	31,5	84,6	56,6
XV. K ₈₂ P ₄₀	63,1	30,1	69,4	31,7	32,9	44,1	90	72,2	35,4	51,0	29,1	69,0	50,4
XVI. N ₆₃	65,4	33,0	70,2	37,1	36,0	55,0	96,1	69,2	35,9	50,8	25,8	82,3	53,8
НСП ₀₅	1,4	3,4	4,5	3,6	3,7	4,6	5,1	4,2	2,5	4,3	2,0	4,2	1,2

При последствии NKP_{аф.} (вар. VIII), NKP_{РК-удобрения} (вар. IX) и NKP_{с.а.} (вар. XI) продуктивность оставалась практически на одном уровне – 40,3, 40,6 и 40,4 ц к. ед/га, недобор кормовых единиц составил 19,7, 19,4 и 19,6 ц/га, а прибавка за счет последствия минеральных удобрений – 1,4, 1,7 и 1,5 ц к. ед/га соответственно. При последствии NKP_{с.д.} (вар. IV), NKP_{полифосфата Са} (вар. V) и NKP_{АФ} (вар. XII) продуктивность составила 43,4, 42,6 и 44,5 ц к. ед/га соответственно, что несколько выше, чем в предыдущих вариантах, однако недобор продукции по отношению к оптимальной продуктивности составил 16,6, 17,3 и 15,5 ц к. ед/га (см. табл. 2).

Для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия существенное значение имеет расчет баланса элементов питания.

При отсутствии или очень низком уровне поступления элементов питания с удобрениями их баланс в почве характеризуется большой напряженностью. Отчасти он восполняется за счет веществ, высвобождающихся при разложении послеуборочных остатков, однако количество этих веществ чаще всего не компенсирует вынесенное с урожаем. При этом по мере истощения почв ухудшается развитие растений и снижаются масштабы поступления в почву растительных остатков, поэтому главную роль в этом случае будет играть способность самой почвы восполнять дефицит доступных форм элементов питания за счет потенциальных резервов.

В соответствии с методикой, разработанной в Институте почвоведения и агрохимии [8], был рассчитан баланс элементов питания. В приходную статью включено поступление калия (K₂O – 11,8) и фосфора (P₂O₅ – 1,8) с осадками и семенами, а также с минеральными удобрениями. В статью расхода включены выносы калия и фосфора сельскохозяйственными культурами (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. **Баланс калия и изменение его содержания в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2009 гг.**

Вариант опыта	Калий, кг/га		± баланс	Изменение K ₂ O в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2009 г.	±
I. Без удобрений	11,8	64,7	-52,9	148	67	-81
II. Последействие 120 т/га навоза – фон	11,8	71,0	-59,2	149	81	-68
III. N ₆₃ K ₈₂	93,8	104,9	-11,1	228	150	-78
IV. НКР _{с.д} – последействие	11,8	95,6	-83,8	226	105	-121
V. НКР _{полифосфат Са} – последействие	11,8	88,0	-76,2	228	98	-130
VI. N ₆₃ P ₄₀ K ₈₂	93,8	122,9	-29,1	197	132	-65
VII. N ₃₁ P ₂₀ K ₄₅	56,8	107,5	-50,7	202	117	-85
VIII. НКР _{аф} – последействие	11,8	90,2	-78,4	214	96	-118
IX. НКР _{РК-удобрение} – последействие	11,8	98,9	-87,1	236	107	-129
X. N ₆₃ K ₈₂	93,8	125,2	-31,4	230	153	-77
XI. НКР _{с.а} – последействие	11,8	101,2	-89,4	222	111	-111
XII. НКР _{Аф} – последействие	11,8	106,6	-94,8	223	86	-137
XIII. P _{40 с.а}	11,8	109,5	-97,7	204	74	-130
XIV. N ₆₃ P ₄₀	11,8	123,6	-111,8	204	65	-139
XV. K ₈₂ P ₄₀	93,8	133,0	-39,2	215	123	-92
XVI. N ₆₃	11,8	129,4	-117,6	218	98	-120

Баланс по калию в вариантах без удобрений и с последствием органических (внесение – осень 1995 г.) и минеральных – отрицательный с 52,9 кг/га (при снижении содержания в почве на 81 мг/кг) до 59,2 кг/га (при снижении содержания в почве на 68 мг/кг). При последствии только калийных удобрений в варианте с N₆₃P₄₀ баланс по калию отрицательный на 111,8 кг/га (при снижении содержания в почве на 139 мг/кг). При внесении только фосфорных удобрений (последствие азотных и калийных удобрений с 1999 г.) баланс по калию отрицательный – 97,7 кг/га (при фактическом снижении содержания калия в почве на 130 мг/кг). При внесении только одних азотных (N) удобрений и оценке последствия фосфорных и калийных удобрений отрицательный баланс калия еще больше возрастал – до 117,6 кг/га (при снижении содержания в почве на 120 мг/кг). Надо отметить, что баланс по калию был отрицательный даже при внесении калийных удобрений в дозах K_{45–82} на фоне N_{31,63}P_{20,40}. Максимальное снижение содержания калия в почве на 139 мг/кг отмечено при последствии калийных удобрений (при применении N₆₃P₄₀) и при самом большом отрицательном балансе по калию – 111,8 кг/га (см. табл. 3).

Баланс фосфора также отрицательный во всех вариантах с последствием от -1,2 до -7,7 кг/га, а положительный только при внесении P₄₀ – 3,5 кг/га (табл. 4).

Анализ динамики содержания в почве подвижного (по Кирсанову) фосфора за 11 лет показал, что содержание его изменялось в зависимости от возделываемой культуры и погодных условий и за этот период снизилось во всех вариантах. Максимальное снижение фосфора на 58 и 61 мг/кг почвы отмечено при последствии НКР_{РК-удобрения} и азотных удобрений (внесение K₈₂P₄₀).

В варианте без удобрений за период 1999–2009 гг. содержание фосфора практически варьировало в пределах ошибки опыта или анализа 116–101–106–88 мг/кг почвы, однако можно отметить четкую тенденцию к снижению, так как за 11 лет содержание фосфора уменьшилось на 28 мг/кг почвы. Аналогичные изменения содержания фосфора отмечены и в фоновом варианте при последствии органических и минеральных удобрений (снижение фосфора на 24 мг/кг почвы).

При внесении полной дозы минеральных удобрений N₆₃P₄₀K₈₂ и продуктивности 60 ц к. ед/га баланс по калию и фосфору был отрицательный на 29 и 34 кг/га при снижении калия и фосфора на 65 и 13 мг/кг почвы соответственно, что свидетельствует о недостаточной дозе фосфорных и калийных удобрений (см. табл. 3, 4).

Т а б л и ц а 4. Баланс и изменение содержания фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2009 гг.

Вариант опыта	Фосфор, кг/га		Баланс ±	Изменение P ₂ O ₅ в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2009 г.	±
I. Без удобрений	1,8	32,4	-30,6	116	88	-28
II. Последействие 120 т/га навоза – фон	1,8	34,7	-32,9	108	84	-24
III. N ₆₃ K ₈₂	1,8	49,5	-47,7	105	74	-31
IV. NKP _{с.д} – последействие	1,8	39,3	-37,5	152	97	-55
V. NKP _{полифосфат Са} – последействие	1,8	36,1	-34,3	170	124	-46
VI. N ₆₃ P ₄₀ K ₈₂	41,8	51,3	-9,5	161	148	-13
VII. N ₃₁ P ₂₀ K ₄₅	21,8	42	-20,2	159	134	-25
VIII. NKP _{аф} – последействие	1,8	34,9	-33,1	168	125	-43
IX. NKP _{ПК-удобрение} – последействие	1,8	35,9	-34,1	178	120	-58
X. N ₆₃ K ₈₂	1,8	43,8	-42,0	154	107	-47
XI. NKP _{с.а} – последействие	1,8	35,5	-33,7	174	125	-49
XII. NKP _{АФ} – последействие	1,8	35,5	-33,7	167	118	-49
XIII. P _{40с.а}	41,8	38,3	3,5	178	146	-32
XIV. N ₆₃ P ₄₀	41,8	46,5	-4,7	173	140	-33
XV. K ₈₂ P ₄₀	41,8	43,0	-1,2	176	115	-61
XVI. N ₆₃	1,8	44,8	-43,0	166	116	-50

Содержание фосфора и калия за последние 11 лет как в вариантах с внесением минеральных удобрений, так и при отсутствии их снизилось на 13–61 и 65–139 мг/кг почвы соответственно (см. табл. 3 и 4).

Судя по динамике содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве (рис. 1), через 7 лет после прекращения внесения фосфорных удобрений его содержание достигло уровня в контрольном варианте на начало опыта и на протяжении последующих 3 лет (2007–2009 гг.) сохранялось на этом уровне (100 мг/кг почвы).

Урожайность возделываемых в опыте сельскохозяйственных культур в этот период также приблизилась к уровню урожайности в контрольном варианте, следовательно, можно считать, что длительность последействия фосфорных удобрений в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 7 лет.

Длительность последействия калийных удобрений значительно ниже, чем фосфорных (рис. 2). Уже на третий год после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия уменьшилось с 228 мг/кг (1998 г.) до 148 мг/кг, т. е. до уровня в контрольном вари-



Рис. 1. Динамика содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве

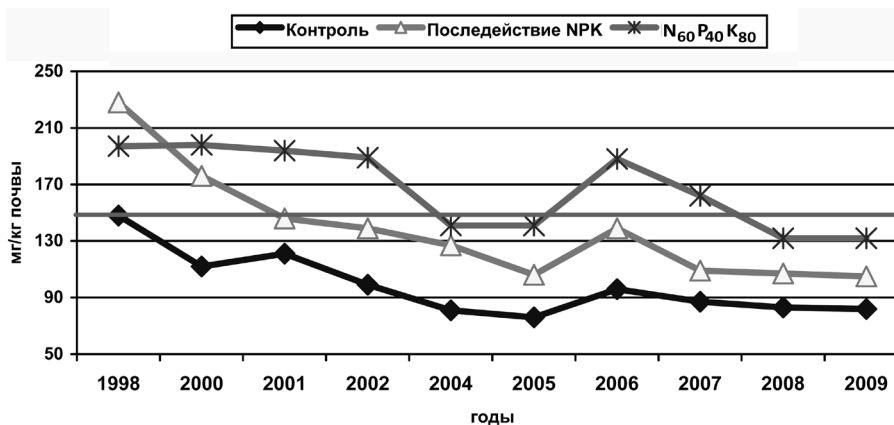


Рис. 2. Динамика содержания подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве

анте в 1998 г. В дальнейшем содержание подвижного калия в почве продолжало снижаться как в контрольном варианте, так и при изучении последствий калийных удобрений – до 67 и 65 мг/кг почвы соответственно.

Таким образом, длительность последствий калийных удобрений составила 3 года. Через 11 лет после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве снизилось до 65 мг/кг (в контрольном варианте – 67 мг/кг почвы).

Заключение. При возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве без применения удобрений в течение 11 лет получена среднегодовая продуктивность 36,5 ц к. ед/га при снижении содержания в почве подвижных: фосфора – на 28 мг/кг, или на 2,5 мг/кг почвы ежегодно; калия – на 81 мг/кг, или на 7,4 мг/кг почвы ежегодно.

При внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений N₆₃P₄₀K₈₂ на фоне последствий органических (последнее внесение – осень 1995 г.) получена максимальная в опыте за 11 лет (с 1999 г.) среднегодовая продуктивность – 60,0 ц к. ед/га. Содержание фосфора и калия в почве за этот период уменьшилось на 13 и 65 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора на 1,2, калия – на 5,9 мг/кг почвы).

При внесении половинной дозы минеральных удобрений на уровне 50%-ной компенсации выноса с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур (N₃₁P₂₀K₄₅) на фоне последствий навоза КРС среднегодовая продуктивность составила 50,3 ц к. ед/га, что на 9,7 ц к. ед/га меньше, чем при внесении оптимальной дозы. Содержание фосфора и калия в почве за 11 лет (с 1999 г.) снизилось на 25 и 85 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора на 2,3, калия – 7,7 мг/кг).

Полученные данные свидетельствуют о том, что среднегодовое применение фосфорных удобрений в дозе 20 и 40 кг/га д. в. недостаточно для сохранения содержания фосфора в почве. Среднегодовые дозы калия 40 и 80 кг/га д. в. также не обеспечивают необходимое содержание калия в дерново-подзолистой супесчаной почве.

При внесении парных комбинаций NP и NK наблюдается более интенсивная деградация дерново-подзолистой супесчаной почвы по содержанию фосфора и калия, снижение которых в почве составило 31–47 и 77–139 мг/кг соответственно при недоборе продуктивности 3,4–8,4 ц к. ед/га при сравнении с оптимальной в опыте дозой N₆₃P₄₀K₈₂.

При последствии органических удобрений с 1995 г. среднегодовая продуктивность за 11 лет (с 1999 г.) составила 38,9 ц к. ед/га, что на 2,4 ц к. ед/га больше, чем при отсутствии минеральных и органических удобрений. Содержание подвижного фосфора в почве за этот период уменьшилось на 24 мг/кг (2,2 мг/кг ежегодное снижение) и стало ниже уровня 1986 г. (87 мг/кг). Содержание подвижного калия за 11 лет уменьшилось на 68 мг/кг почвы (6,2 мг/кг ежегодное снижение).

К очень интенсивному истощению почвы подвижными формами фосфора и калия приводит одностороннее применение азотных удобрений. Как показали результаты проведенных исследований, за 11 лет содержание фосфора в почве уменьшилось на 50 мг/кг, калия – на 120 мг/кг почвы. За 11-летний период содержание фосфора снизилось в 1,4 раза, содержание калия – в 2,2 раза по сравнению с 1998 г.

Литература

1. Лапа, В. В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В. В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1 (34). – С. 38–42.
2. Минеев, В. Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, М. Ф. Овчинникова // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 5–10.
3. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Н. А. Попков [и др.]. – Минск, 2001. – 308 с.
4. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
5. Тарасенко, С. А. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при применении органо-минеральных систем удобрения / С. А. Тарасенко // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1 (36). – С. 124–131.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Белорус. наука, 2005. – 460 с.
7. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
8. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

V. V. LAPA, N. N. IVAKHNENKO, A. A. GRACHEVA, S. M. SHUMAK, A. V. BACHYSHCHA

DURATION OF AFTEREFFECT OF RESIDUAL QUANTITIES OF PHOSPHORIC AND POTASH FERTILIZERS

Summary

The research shows that with application of the annual dose of mineral fertilizers $N_{63}P_{40}K_{82}$ the maximum annual productivity is 60.0 c k. ea/ha in the experiment for the last 11 years, phosphorus and potash content in soil has been reduced by 13 and 65 mg/kg (annual phosphorus decrease – by 1.2 mg/kg and potash – by 5.9 mg/kg). The duration of aftereffect of phosphorus fertilizers in sod-podzol loamy soils is 7 years and the duration of aftereffect of potash fertilizers is much lower, 3 years.