

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.85:631.83

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

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 были 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].

2. Плодородие почв и применение удобрений

Цель исследований – установить длительность последствий 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 ИССЛЕДОВАНИЙ

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 деланки – 49,5 м² (5,5 м х 9,0 м), учетная: для зерновых – 32 м², для пропашных – 22,4 м². Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований. За три ротации четырехпольного 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 г. по 1995 г. в почву внесено 120 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон.

С 1987 г. 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 ($P_{с.а.}$). В зависимости от варианта фосфорные удобрения не вносятся с 1987 г., 1990 г. и 1999 г., азотные и калийные – с 1999 г. С 1987 г. по 1998 г. внесено: 1. Без удобрений; 2. Фон – 120 т/га навоз КРС; 3. Фон + $N_{87}K_{98}$; 4. Фон + $N_{87}K_{98}P_{53} с.д.$; 5. Фон + $N_{81}K_{98}P_{53}$ – полифосфат Ca; 6. Фон + $N_{82}P_{60}K_{98}$; 7. Фон + $N_{79}P_{59}K_{93}$; 8. Фон + $N_{87}K_{98}P_{53}$ – аммофосфат; 9. Фон + $N_{81}K_{92}P_{53}$ (бесхлорное РК – удобрение на основе нефелинов); 10. Фон + $N_{87}P_{59}K_{98}$; 11. Фон + $N_{81}K_{91}P_{60} с.а.$; 12. Фон + $N_{81}K_{91}P_{53} аф.$; 13. Фон + $N_{66}K_{91}P_{53}$; 14. Фон + $N_{79}K_{91}P_{59}$; 15. Фон + $N_{79}K_{91}P_{59}$; 16. Фон + $N_{87}K_{91}P_{61}$.

Таким образом, в опыте с 1999 г. изучали последствие 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 последствие фосфорных удобрений с 1987 г. (вар. 3) и внесенных за 1-ую ротацию (1986–1990 гг.) севооборота (вар. 10).

Чередование культур с 1999 г. следующее: вико-овсяная смесь (1999 г.) – озимая тритикале сорта Михась (2000 г.) – люпин сорта Гелена (2001 г.) – картофель сорта Скарб (2002 г.) – ячмень сорта Дзівосны (2003 г.) – горохо-овсяная смесь (2004 г.) – озимая тритикале сорта Михась (2005 г.) – люпин сорта Хвалько (2006 г.) – ячмень сорта Гонар (2007 г.) – горохо(пелюшко)-овсяная смесь (2008 г.) – озимая тритикале сорта Вольтарио (2009 г.) – овес сорта Юбиляр (2010 г.) – яровой рапс сорт Янтарь (2011 г.) – яровая пшеница сорта Тома (2012 г.) – горохо-овсяная смесь (2013 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: гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО ГОСТ 26487–85, органическое вещество в почве – по Тюрину в модификации ЦИНАО; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. В некоторых культурах определение элементов питания в основной продукции проводили методом инфракрасной спектроскопии на спектрофотометре «Инфрапид».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления длительности последствий 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 горохо-овсяной 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 внесении $N_{120}P_{40}K_{80}$) и 91,2 ц к.ед./га (при внесении $N_{150}P_{40}K_{80}$) соответственно. Максимальная среднегодовая (с 1999 г.) продуктивность культур – 59,1 и 55,2 ц к.ед./га – получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ и парной комбинации $N_{67,3}P_{40}$. В варианте без внесения удобрений с 1987 г. получена среднегодовая продуктивность культур – 33,0 ц к.ед./га, т.е. среднегодовой недобор кормовых единиц по отношению к оптимальной урожайности составил 26,1 ц к.ед./га. При последствии минеральных и органических удобрений получено 35,1 ц к.ед./га, прибавка составила 2,1 ц к.ед./га по отношению к варианту без удобрений, а недобор кормовых единиц – 24,0 ц/га. При последствии с 1999 г. калийных удобрений, т.е. при среднегодовом внесении $N_{67,3}P_{40}$ получена продуктивность 55,2 ц к.ед./га, а среднегодовой недобор составил 3,9 ц к.ед./га. При ежегодном внесении фосфорных удобрений, т.е. при последствии $N_{71}K_{98}$ (среднегодовое внесение до 1999 г.) среднегодовая продуктивность культур составила 41,2 ц к.ед./га, что на 17,9 ц к.ед./га меньше, чем при оптимальной полной дозе минеральных удобрений, и на 6,1 ц к.ед./га больше, чем в фоновом варианте (табл. 1).

Таблица 1

Влияние действия и последствия минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур

Вариант (среднегодовая доза минеральных удобрений)	Продуктивность, ц/га к.ед.															
	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средне- годовая
1. Без удобрений	20,8	43,5	38,0	22,3	35,2	53,4	38,5	34,5	36,6	20,9	57,6	22,4	14,7	35,8	20,8	33,0
2. Последствие 120 т/га навоза КРС – фон	23,8	44,2	36,3	25,1	40,2	55,4	47,8	35,5	35,1	25,4	58,8	23,8	15,7	37,4	22,1	35,1
3. Фон + N _{67,3} K _{85,3}	29,8	69,4	34,5	31,6	59,1	91,3	74,5	40,3	58,2	30,9	81,0	32,4	31,8	59,4	39,0	50,9
4. Фон + NKR _{с.д.} – последствие	31,4	46,4	36,4	27,9	43,4	74,4	54,3	40,4	39,9	25,2	57,5	26,8	21,0	40,3	26,1	39,4
5. Фон + NKR _{полифосфат Са} – последствие	23,4	49,2	40,7	27,9	37,0	70,3	56,7	40,1	39,6	25,3	58,1	23,4	18,0	41,6	24,0	38,4
6. Фон + N _{67,3} P ₄₀ K _{85,3}	34,7	74,9	35,0	38,4	56,8	110,8	85,6	39,2	55,7	37,4	91,2	39,8	45,7	86,0	54,8	59,1
7. Фон + N _{32,7} P ₂₀ K _{42,7}	29,0	57,4	35,8	35,3	50,7	90,2	62,9	37,6	45,4	26,9	82,6	34	37,7	73,0	44,6	49,5
8. Фон + NKR _{аммофосфат} – последствие	22,7	53,5	40,0	27,0	34,5	62,1	47,7	36,6	37,5	25,7	56,4	25,3	23,1	37,5	24,0	36,9
9. Фон + NKR _{РК-удобрение} – последствие	24,3	44,3	42,0	27,3	37,7	60,3	52,1	36,9	39,6	26,5	55,3	23,4	18,6	41,0	23,0	36,8

Окончание табл. 1

Вариант (среднегодовая доза минеральных удобрений)	Продуктивность, ц/га к.ед.															
	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средне- годовая
10. Фон + N _{67,3} K _{85,3}	29,9	71,9	37,0	32,6	49,2	87,8	70,2	38,9	40,9	27,8	81,3	37,0	29,0	69,3	40,6	49,6
11. Фон + NKR _{с.а.} – последствие	29,8	46,0	36,3	26,7	38,7	65,7	40,4	38,3	39,4	27,6	55,3	26,0	20,4	41,1	24,2	37,1
12. Фон + NKR _{аммофос} – последствие	33,3	49,5	42,1	29,8	41,0	66,4	39,2	38,0	37,9	28,2	54,7	23,7	19,8	38,7	23,0	37,7
13. Фон + P _{с.а.40}	26,1	47,6	34,5	35,3	43,3	73,6	50,8	37,0	49,3	31,0	60,6	27,0	24,1	49,3	28,6	41,2
14. Фон + N _{67,3} P ₄₀	32,5	71,4	34,2	38,4	54,6	101,6	83,3	37,3	53,0	31,5	84,6	39,8	47,7	73,2	44,7	55,2
15. Фон + K _{85,3} P _{с.а.40}	30,1	69,4	31,7	32,9	44,1	90,0	72,2	35,4	51,0	29,1	69,0	34,4	26,1	51,0	34,9	46,8
16. Фон + N _{67,3}	33,0	70,2	37,1	36,0	55,0	96,1	69,2	35,9	50,8	25,8	82,3	38,5	38,4	72,8	46,3	52,5
НСР ₀₅	3,4	4,5	3,6	3,7	4,6	5,1	4,2	2,5	4,3	2	4,2	2,5	3,3	4	2,9	

2. Плодородие почв и применение удобрений

При последствии фосфорных удобрений, т.е. при внесении парной комбинации $N_{67,3}K_{85,3}$, среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за последние 15 лет формировалась на уровне 50,9 ц к.ед./га (вар. 3), в варианте без фосфора с 1991 г. (вар. 10) – 49,6 ц к.ед./га, прибавка к фону (последствие навоза КРС) составила 15,8 и 14,5 ц к.ед./га. Недобор продукции по отношению к варианту с применением полного минерального удобрения составил 8,2 и 9,5 ц к.ед./га (табл. 1).

При последствии NKP_{af} (вар. 8), $NKP_{RK-удобрения}$ (вар. 9) и $NKP_{с.а.}$ (вар. 11) продуктивность оставалась практически на одном уровне – 36,9, 36,8 и 37,1 ц к.ед./га, недобор кормовых единиц составил 22,2, 22,3 и 22,0 ц/га, а прибавка за счет последствия минеральных удобрений – 1,8, 1,7 и 2,0 ц к.ед./га соответственно. При последствии $NKP_{сд}$ (вар. 4), $NKP_{полифосфата Ca}$ (вар. 5) и NKP_{Af} (вар. 12) получена продуктивность 39,4, 38,4 и 37,7 ц к.ед./га соответственно, что несколько выше, чем в предыдущих вариантах, однако недобор продукции по отношению к оптимальной продуктивности составил 19,7, 20,7 и 21,4 ц к.ед./га.

При внесении парной комбинации $P_{40}K_{85,7}$ среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур составила 46,8 ц к.ед./га, что на 12,3 ц к.ед./га меньше, чем при применении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$. При применении одинарной дозы азотного удобрения $N_{67,3}$ среднегодовая продуктивность была на 6,6 ц к.ед./га меньше, чем при внесении полной дозы $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$, и на 5,7 и 1,6 ц к.ед./га больше, чем при применении $N_{67,3}P_{40}$ (55,2 ц к.ед./га) и $N_{67,3}K_{85,7}$ (50,9 ц к.ед./га) соответственно (табл. 1).

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 баланс их 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 фосфора и калия. В приходную статью включено поступление калия (K_2O – 11,8) и фосфора (P_2O_5 – 1,8) с осадками и семенами, а также с минеральными удобрениями. В статью расхода включены инфильтрация и выносы калия и фосфора сельскохозяйственными культурами (табл. 2 и 3).

Баланс по калию в вариантах без удобрений с 1987 г. и с последствием органических (120 т/га) – последнее внесение 40 т/га осенью 1995 г. – отрицательный и практически на одном уровне – 66,6 и 71,9 мг/кг почвы при снижении содержания калия на 71 и 72 мг/кг соответственно. При последствии только калийных удобрений в варианте с внесением $N_{67,3}P_{40}$ баланс по калию отрицательный – 112,1 кг/га (при снижении содержания в почве на 144 мг/кг). При внесении

только фосфорных удобрений (последствие азотных и калийных удобрений с 1999 г.) баланс по калию отрицательный – 97,4 кг/га (при фактическом снижении содержания калия в почве на 140 мг/кг). При внесении только одних азотных ($N_{67,3}$) удобрений и оценке последствия фосфорных и калийных удобрений отрицательный баланс калия еще больше возрастал – до 119,8 кг/га, при снижении содержания в почве на 156 мг/кг. Необходимо отметить, что баланс по калию был отрицательный даже при внесении калийных удобрений в дозах $K_{43-85,3}$ на фоне $N_{67,3}P_{20,40}$. Максимальное снижение содержания калия в почве на 144, 145 и 156 мг/кг отмечено при последствии калийных удобрений (при применении $N_{67,3}P_{40}$), при последствии НКР_{РК-удобрение} и при последствии РК (при внесении $N_{67,3}$). В этих же вариантах наблюдался и самый большой отрицательный баланс по калию – 112,1 и 119,8 кг/га (табл. 2).

Таблица 2

Баланс и изменение содержания калия в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2013 гг.

Вариант опыта	Калий, кг/га		Баланс ±	Изменение K_2O в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 г. +1
1. Без удобрений	11,8	78,4	–66,6	148	77	–71
2. Последствие 120 т/га навоза КРС – фон	11,8	83,7	–71,9	149	77	–72
3. Фон + $N_{67,3}K_{85,3}$	97,1	118,4	–21,3	228	167	–61
4. Фон + НКР _{с.д.} – последствие	11,8	101,8	–90,0	226	105	–121
5. Фон + НКР _{полифосфат Ca} – последствие	11,8	95,2	–83,4	228	93	–135
6. Фон + $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$	97,1	129,5	–32,4	197	151	–46
7. Фон + $N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$	54,5	115,2	–60,7	202	123	–79
8. Фон + НКР _{аммофосфат} – последствие	11,8	96,8	–85,0	214	107	–107
9. Фон + НКР _{РК-удобрение} – последствие	11,8	102,5	–90,7	236	91	–145
10. Фон + $N_{67,3}K_{85,3}$	97,1	127,6	–30,5	230	141	–89
11. Фон + НКР _{с.а.} – последствие	11,8	104,5	–92,7	222	102	–120

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

Вариант опыта	Калий, кг/га		Баланс +	Изменение K_2O в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 гг. +1
12. Фон + $NKP_{аммофос}$ – последствие	11,8	107,8	–96,0	223	86	–137
13. Фон + $P_{с.а.40}$	11,8	109,2	–97,4	204	64	–140
14. Фон + $N_{67,3} P_{40}$	11,8	123,9	–112,1	204	60	–144
15. Фон + $K_{85,3} P_{с.а.40}$	97,1	129,1	–32,0	215	182	–33
16. Фон + $N_{67,3}$	11,8	131,6	–119,8	218	62	–156

Баланс фосфора также отрицательный почти во всех вариантах с последствием – от –0,5 до –40,5 кг/га, а положительный – только при одностороннем внесении P_{40} – +3,5 кг/га (табл. 3).

Анализ динамики содержания в почве подвижного (по Кирсанову) фосфора за 15 лет показал, что оно изменялось в зависимости от возделываемой культуры, погодных условий, доз и соотношений минеральных удобрений. Содержание фосфора за период исследований снизилось во всех вариантах. Максимальное снижение фосфора на 109 мг/кг почвы отмечено при внесении $N_{67,3}$ на 103–106 мг/кг почвы – при последствии $NKP_{полифосфат Ca}$, $NKP_{с.а.}$, $NKP_{РК-удобрения}$ (табл. 3).

В варианте без удобрений с 1987 г. содержание фосфора снизилось за период 1999–2013 гг. на 64 мг/кг почвы. Аналогичные изменения содержания фосфора отмечены в фоновом варианте при последствии органических и минеральных удобрений (снижение P_2O_5 на 60 мг/кг почвы) и при внесении $N_{67,3} K_{85,3}$ (вар. 3) – снижение фосфора произошло на 66 мг/кг почвы.

При внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3} P_{40} K_{85,3}$ и продуктивности 59,1 ц к.ед./га баланс по калию и фосфору был отрицательный на 32,4 и 3,6 кг/га при снижении калия и фосфора на 46 и 76 мг/кг почвы, что свидетельствует о недостаточной дозе фосфорных и калийных удобрений.

Содержание фосфора и калия за последние 15 лет как в вариантах с внесением минеральных удобрений, так и при их отсутствии снизилось на 60–109 и 33–156 мг/кг почвы соответственно (табл. 2 и 3).

Судя по динамике содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве (рис. 1), через 4 года после прекращения внесения фосфорных удобрений оно достигло уровня в контрольном варианте на начало опыта и на протяжении последующих 4 лет (2005–2009 гг.) сохранялось на этом уровне (108–112 мг/кг почвы).

Таблица 3

Баланс и изменение содержания фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2013 гг.

Вариант опыта	Фосфор, кг/га		Баланс ±	Изменение P_2O_5 в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 г. ±
1. Без удобрений	1,8	30,3	–28,5	116	52	–64
2. Последействие 120 т/га навоза – фон	1,8	33,3	–31,5	108	48	–60
3. $N_{67,3} K_{85,3}$	1,8	42,3	–40,5	105	39	–66
4. $NKP_{сд}$ – последействие	1,8	36,4	–34,6	152	55	–97
5. $NKP_{полифосфат Ca}$ – последействие	1,8	36,3	–34,5	170	67	–103
6. $N_{67,3} P_{40} K_{85,3}$	41,8	45,4	–3,6	161	85	–76
7. $N_{32,7} P_{20} K_{42,7}$	21,8	37,8	–16,0	159	59	–100
8. $NKP_{аф}$ – последействие	1,8	32,8	–31,0	168	82	–86
9. $NKP_{PK-удобрение}$ – последействие	1,8	35,7	–33,9	178	72	–106
10. $N_{67,3} K_{85,3}$	1,8	39,2	–37,4	154	67	–87
11. $NKP_{с.а.}$ – последействие	1,8	33,1	–31,3	174	69	–105
12. $NKP_{Аф}$ – последействие	1,8	34,0	–32,2	167	80	–87
13. $P_{с.а.40}$	41,8	38,3	3,5	178	97	–81
14. $N_{67,3} P_{40}$	41,8	42,9	–1,1	173	88	–85
15. $K_{85,3} P_{40}$	41,8	42,3	–0,5	176	86	–90
16. $N_{67,3}$	1,8	36,4	–34,6	166	57	–109

2. Плодородие почв и применение удобрений

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 4 года.

Длительность последействия калийных удобрений только на один год ниже, чем фосфорных (рис. 2). Уже на третий год после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия уменьшилось от 228 мг/кг (1998 г.) до 148 мг/кг, т.е. до уровня в контрольном варианте в 1998 г. В дальнейшем содержание подвижного калия в почве продолжало снижаться как в варианте без удобрений, так и при изучении последействия калийных удобрений – до 77 и 100 мг/кг почвы соответственно. Динамика подвижного калия по годам исследований показала, что содержание его в почве в варианте без минеральных и органических удобрений за первые 12 лет (1987–1998 гг.) снизилось на 79 мг/кг почвы (6,6 мг/кг почвы ежегодно) и на 71 мг/кг почвы (4,7 мг/кг почвы ежегодно) за последующие 15 лет (1999–2013 гг.). С 2004 г. по 2013 г. содержание калия в варианте без удобрений изменялось практически в пределах ошибки опыта и анализа (81–96–67–77 мг/кг), т.е. ниже величины НСР (25,6–45,6).

Таким образом, длительность последействия калийных удобрений составила 3 года. Через 15 лет после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве снизилось до 60–107 мг/кг (в контрольном варианте – 77 мг/кг почвы).

Чем больше содержание калия и фосфора в почве в начале исследований, тем интенсивнее происходило его снижение при последействии.

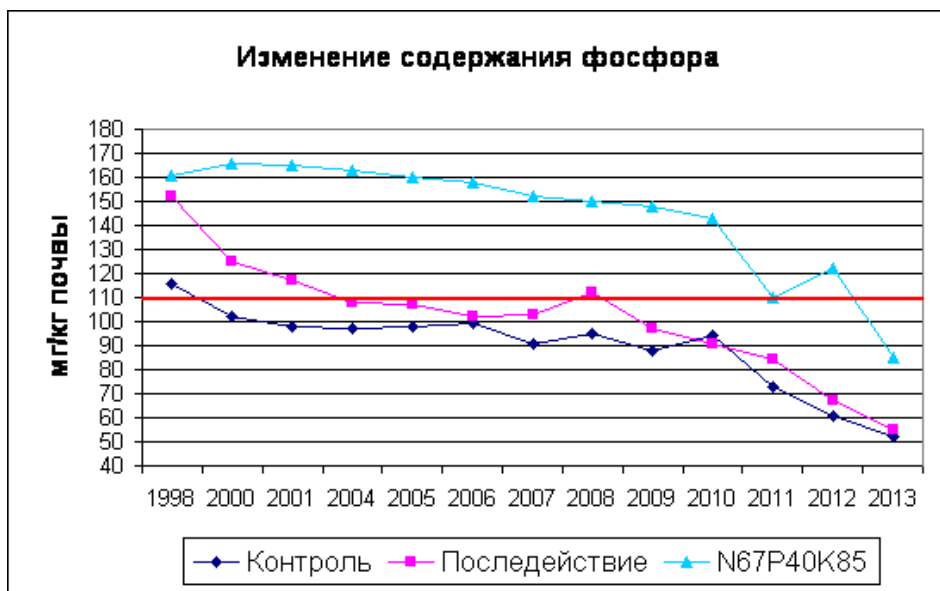


Рис. 1. Динамика содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве

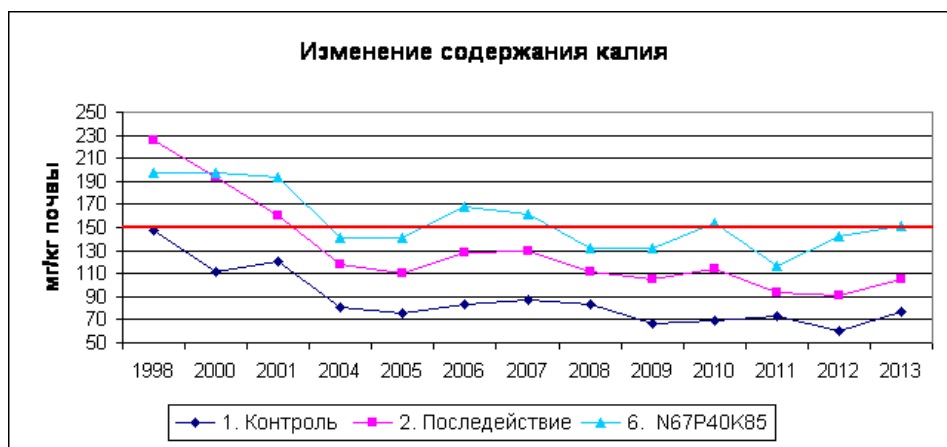


Рис. 2. Динамика содержания подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве

Содержание гумуса за 15 лет достоверно снизилось во всех вариантах опыта на 0,21–0,49%. Причем минимальное снижение гумуса обнаружено в вариантах с внесением азотных удобрений – 0,19%, фосфорных – 0,23% и без удобрений – 0,21%. Максимальное снижение гумуса на 0,42–0,49% отмечено в вариантах со среднегодовым внесением: $N_{67,3}K_{85,7}$ (последействие фосфора) – на 0,42%; $N_{67,3}P_{40}$ (последействие калия) – на 0,48% и при последействии с 1998 г. $N_{87}K_{98}P_{53}$ с.д. – на 0,49% (табл. 4).

Таблица 4

Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Динамика содержания гумуса по годам, %									2013–1998 г.г., ±
	1998 г.	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	
1. Без удобрений	2,36	2,35	2,36	2,33	2,39	2,34	1,98	2,10	2,15	–0,21
2. Последействие НКРС – фон	2,44	2,41	2,45	2,34	2,28	2,26	2,29	2,35	2,06	–0,38
3. $P_{с.а.40}$	2,46	2,46	2,36	2,34	2,39	2,28	1,90	2,09	2,23	–0,23
4. $N_{67,3}$	2,51	2,55	2,51	2,43	2,39	2,57	2,33	2,41	2,32	–0,19
5. $N_{67,3}P_{40}$	2,65	2,46	2,40	2,39	2,42	2,41	2,35	2,26	2,17	–0,48
6. $N_{67,3}K_{85,7}$	2,61	2,51	2,67	2,42	2,52	2,40	2,07	2,17	2,19	–0,42

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вариант	Динамика содержания гумуса по годам, %									2013–1998 гг., +1
	1998 г.	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	
7. $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$	2,45	2,50	2,43	2,38	2,31	2,50	2,15	2,27	2,13	–0,32
8. НКР полифосфат Ca – последствие	2,50	2,51	2,39	2,41	2,32	2,42	2,11	1,97	2,24	–0,26
9. НКР с.д. – последствие	2,64	2,63	2,45	2,39	2,43	2,44	2,23	2,25	2,15	–0,49
10. $P_{40}K_{85,7}$	2,63	2,61	2,56	2,43	2,36	2,45	2,21	2,29	2,28	–0,35
НCR ₀₅	0,33	0,35	0,34	0,33	0,32	0,32	0,40	0,32	0,39	0,11

ВЫВОДЫ

При возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве без применения удобрений в течение 15 лет получена среднегодовая продуктивность 33,0 ц к.ед./га при снижении содержания в почве гумуса на 0,21% и подвижных: фосфора – на 64 мг/кг, или на 4,3 мг/кг почвы ежегодно; калия – на 71 мг/кг, или на 4,7 мг/кг почвы ежегодно.

При внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ на фоне последствия органических (последнее внесение – осень 1995 г.) получена максимальная в опыте за 15 лет (с 1999 г.) среднегодовая продуктивность – 59,1 ц к.ед./га. Содержание фосфора и калия в почве за этот период уменьшилось на 76 и 46 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора на 5, калия – на 3,1 мг/кг почвы).

При внесении половины дозы минеральных удобрений на уровне 50% компенсации выноса с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур ($N_{33}P_{20}K_{43}$) на фоне последствия навоза КРС (18 лет) среднегодовая продуктивность составила 49,5 ц к.ед./га, что на 9,6 ц к.ед./га меньше, чем при внесении оптимальной дозы. Содержание фосфора и калия в почве за 15 лет (с 1999 г.) снизилось на 60 и 72 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора – 4,0, калия – 4,8 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 калийных удобрений 43 и 86 кг д.в./га 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 66–87 и 89–144 мг/кг соответственно, при недоборе продуктивности 3,9–9,5 ц к.ед./га при сравнении с оптимальной в опыте дозой $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$.

При последствии органических удобрений с 1995 г. среднегодовая продуктивность за 15 лет (с 1999 г.) составила 35,1 ц к.ед./га, что на 2,1 ц к.ед./га больше, чем при отсутствии минеральных и органических удобрений с 1987 г. Содержание подвижного фосфора в почве за этот период уменьшилось на 60 мг/кг (4 мг/кг ежегодное снижение) и стало ниже уровня 1986 г. (87 мг/кг). Содержание подвижного калия за 15 лет уменьшилось на 72 мг/кг почвы (4,8 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 15 лет содержание фосфора в почве уменьшилось на 109 мг/кг, калия – на 156 мг/кг почвы. За 15-летний период содержание фосфора снизилось в 2,9 раза, содержание калия – в 3,5 раза по сравнению с 1998 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 / под общ. ред. А.А. Попкова. – Минск, 2001. – 308 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Минск.: Белорусская 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: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ.: В.Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Белорусская 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.

DURATION AFTEREFFECT OF RESIDUAL QUANTITIES OF PHOSPHORIC AND POTASH FERTILIZERS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.A. Gracheva

Summary

The data on speed of agrochemical degradation of sod-podzolic loamy sand soil depending on productivity of agricultural crops and level of fertilization are presented.

Поступила 02.05.14

УДК 631.8:631.45:631.559

СТРУКТУРА СЕВООБОРОТОВ, ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЕ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А.В. Демиденко¹, Ю.И. Крывда², В.А. Величко³

¹Черкасская государственная сельскохозяйственная опытная станция

ННЦ «Институт земледелия НААН»,

пос. Холоднянское, Черкасская обл., Украина

²Черкасский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»,

пос. Холоднянское, Черкасская обл., Украина

³ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,

г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях в АПК Украины и Черкасской области важное значение приобретают структура посевных площадей, система удобрения и способ обработки почвы как факторы оптимизации режима увлажнения, баланса органического вещества и элементов питания сельскохозяйственных культур в севооборотах в плане влияния на повышение плодородия и продуктивности агроценозов Левобережной Лесостепи Украины [1, 2, 3]. Повышение плодородия почв является необходимым условием для внедрения передовых агротехнологий при рациональном использовании зональных почвенно-климатических ресурсов, средств интенсификации и системы севооборотов. Баланс питательных веществ и гумуса в значительной степени определяется соблюдением научно обоснованных севооборотов, а состав и соотношение культур в севообороте обуславливают выход органического вещества растительных остатков на единицу севооборотной площади и количественные показатели воспроизводства гумуса в условиях недостаточно развитого животноводства [4, 5, 6, 7].