

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:631.89.631.445.2

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-40-49](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-40-49)

ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФАТОВ И КАЛИЯ, ИХ БАЛАНС В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачёва

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие почв является базой устойчивого развития аграрной отрасли. При систематическом известковании, применении органических и минеральных удобрений улучшаются режимы питания почв, физические и биологические свойства, т.е. идёт постепенное окультуривание. На стадии окультуренности большинство агрохимических свойств дерново-подзолистых почв достигают оптимальных параметров. В результате чего формируется высокий потенциал почвенного плодородия, что в свою очередь оказывает непосредственное влияние на повышение продуктивности возделываемых культур. Поддержание достигнутого уровня плодородия почв – одно из важнейших условий эффективного ведения сельского хозяйства республики.

Наращивание объёмов применения известковых материалов, органических и минеральных удобрений в период широкого внедрения в сельскохозяйственное производство интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур позволило снизить кислотность дерново-подзолистых почв, существенно повысить содержание в них гумуса, подвижных фосфатов и калия, увеличить продуктивность пахотных земель. В настоящее время в земледелии Республики Беларусь доля участия почвенного плодородия в формировании урожайности сельскохозяйственных культур составляет порядка 50 %, что свидетельствует о достаточно высоком потенциальном плодородии почв, созданном за предшествующий период использования удобрений [1]. Статистический анализ применения минеральных удобрений показал, что за последние 5 лет (2016–2020 гг.) в среднем по стране на 1 га пашни ежегодно применяли 167 кг д. в. NPK, из них азота – 76 кг д. в., фосфора – 18 кг д. в., калия – 74 кг д. в.

Для обоснования эффективности применяемых систем удобрения и целенаправленного регулирования почвенного плодородия определяется баланс основных элементов питания и оценивается показателями их дефицита или избытка,

интенсивностью и т.д. Анализ баланса азота, фосфора и калия в почвах показал, что уменьшение объёмов внесения минеральных удобрений в стране на 36 % (за 2016–2020 гг.) по отношению к предыдущему периоду (2011–2015 гг.) обусловило по стране изменение положительных показателей до слабоположительных (табл. 1).

Таблица 1

Баланс элементов питания и интенсивность баланса в пахотных почвах Республики Беларусь

Элемент	2016–2020 гг.	2011–2015 гг.	±	Интенсивность баланса, %
	Баланс, кг/га			
Азот	10,3	29,3	–19,0	107
Фосфор	1,3	25,7	–24,4	104
Калий	18,7	65,2	–46,5	120

При уровне продуктивности 43,3 ц к. ед./га (в среднем за 2016–2020 гг.) и средневзвешенных показателях содержания фосфатов и калия 181 и 215 мг/кг почвы соответственно. Интенсивность баланса азота, фосфора и калия по республике характеризуется как положительная и в целом близка к оптимальным значениям (110–130 %) [2].

Уровень плодородия почвы достаточно нестабильная величина, которая зависит от многих факторов, и в первую очередь от доз и сбалансированности применяемых под сельскохозяйственные культуры удобрений. В этой связи научный интерес представляет прогнозирование изменения агрохимических свойств почв в зависимости от интенсивности применения удобрений. В длительных полевых опытах были проведены многочисленные исследования по изучению баланса элементов питания, а также закономерностей изменения плодородия почв в условиях применения минеральных удобрений.

В то же время исследований по изучению эффективного последствия минеральных удобрений в течение длительного времени крайне мало. В условиях резкого сокращения объёмов вносимых минеральных удобрений важно не допустить снижения почвенного плодородия, поскольку все процессы окультуривания антропогенно-преобразованных почв обратимы и неустойчивы. И чем в большей степени они изменены по отношению к исходным показателям, тем в большей степени возникает неравновесное состояние [3].

Поскольку последствие азотных удобрений на последующие культуры несущественное, особый интерес представляет изучение длительности эффективного последствия фосфорных и калийных, пролонгированное действие которых оказывает положительное влияние на условия минерального питания возделываемых культур в течение ряда лет.

В исследованиях по изучению фосфатного режима почв [4, 5] показано, что фосфорные удобрения в прямом действии используются растениями лишь на 10–20 %. Остаточные фосфаты играют большую роль в фосфатном режиме окультуренных почв и обеспеченности растений фосфором, их доступность варьирует в зависимости от свойств почвы, количества внесенных ранее фосфатов, времени взаимодействия фосфорных удобрений с почвой, биологических особенностей культур и других факторов. Доказано, что последствие фосфорных удобрений может проявляться в течение нескольких десятилетий [6, 7].

Изучение последствий почвенного фонда калия, сформированного предшествующим внесением различных доз калийных удобрений, показало, что его длительность и эффективность закономерно зависят от исходного уровня содержания калия в почве, обусловленного ранее поддерживаемым балансом данного элемента, а также системами удобрения возделываемых культур и структурой севооборотов [8–13]. Наши исследования показали, что применение калий-дефицитных систем удобрения за ротацию севооборота даже на почве с высоким содержанием калия ведёт к развитию интенсивных деградационных процессов в отношении данного элемента и истощению калийного фонда почвы [14].

Цель исследований – оценить влияние различных систем удобрения, а также последствий остаточных количеств фосфора и калия, вносимых с минеральными и органическими удобрениями в предшествующий период, на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на протяжении 1986–2018 гг. в длительном стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком. Пахотный слой почвы перед закладкой опыта в 1986 г. характеризовался следующими усреднёнными показателями: pH_{KCl} – 5,8, содержание P_2O_5 – 94, K_2O – 225 мг/кг почвы, гумус – 2,1 %.

В предыдущий период исследований (1986–1998 гг.) за счёт известкования, применения органических и минеральных удобрений в трех ротациях культур зернопропашного севооборота агрохимические свойства почвы были доведены до оптимального уровня. Суммарная доза внесенных органических удобрений в виде навоза КРС за весь период составила 120 т/га. За счёт среднегодового внесения минеральных удобрений в дозе 240–245 кг/га NPK на фоне органических удобрений (10 т/га/год) продуктивность культур севооборотов составила 61–65 ц/га к. ед./год, а содержание подвижных соединений фосфора достигло 161–176 мг/кг почвы при сохранении высокого уровня калия (207–230 мг/кг почвы).

Во второй период исследований (1999–2018 гг.) в опыте устанавливалась длительность последствий остаточных количеств фосфора и калия, вносимых с минеральными и органическими удобрениями в предшествующий период на продуктивность сельскохозяйственных культур. Установлено время, за которое почва по содержанию фосфора и калия возвращается в исходное состояние [15]. Схема опыта включала варианты внесения полного (NPK), азотного (N), а так же с исключением азотных (PK), фосфорных (NK) и калийных (NP) удобрений.

В этот период чередование культур в опыте было следующим: вико-овсяная смесь (1999) – озимое тритикале (2000) – люпин (2001) – картофель (2002) – ячмень (2003) – горохо-овсяная смесь (2004) – озимое тритикале (2005) – люпин (2006) – ячмень (2007) – горохо-овсяная смесь (2008) – озимое тритикале (2009) – овес (2010) – яровой рапс (2011) – яровая пшеница (2012) – горохо-овсяная смесь (2013) – озимая пшеница (2014) – ячмень (2015) – яровой рапс (2016) – горохо-овсяная смесь (2017) – кукуруза (2018).

Из минеральных удобрений применяли аммиачную селитру или мочевины, двойной суперфосфат и калий хлористый. Среднегодовые дозы и сочетания ви-

дов удобрений представлены в таблице 1. Органические удобрения внесены последний раз в 1995 г. и далее в системах удобрения не использовались.

Опыт заложен в одном поле. Общий размер делянки – 49,5 м² (5,5 м · 9,0 м). Агротехника возделывания культур – рекомендуемая для центральной зоны Республики Беларусь на супесчаных почвах в соответствии с отраслевыми регламентами и рекомендациями [16–17].

Для установления общего выноса элементов питания в растительных образцах определяли содержание общего азота – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфора – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–85) и калия – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97).

В почвенных образцах содержание фосфора и калия определяли по методу Кирсанова (ГОСТ 26487–85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213); рН_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85).

Погодные условия по годам в период проведения исследований существенно различались, что отражалось на уровне урожайности возделываемых культур и эффективности применяемых удобрений. В наиболее благоприятные по гидро-термическим условиям годы при внесении полного минерального удобрения сбор кормовых единиц достигал 75–111 ц/га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность культур севооборотов в значительной степени зависела от применяемых систем удобрения. За счёт сформированного плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы среднегодовая продуктивность культур составила 32,8 ц/га к. ед. (рис. 1). Достоверная эффективность последствия органических удобрений отмечалась лишь в первые две ротации севооборотов [15], при среднегодовой продуктивности 34,7 ц к. ед./га прибавка составила 1,9 ц/га, или 6 % к контролю. Максимальную продуктивность культур четырёх пятипольных ротаций (59,6 ц/га к. ед.) предсказуемо обеспечило применение полной минеральной системы удобрения (N₈₀P₃₇K₉₅) на фоне последствия навоза – прибавка к фону составила 24,9 ц/га к. ед., или 82 % к контролю.

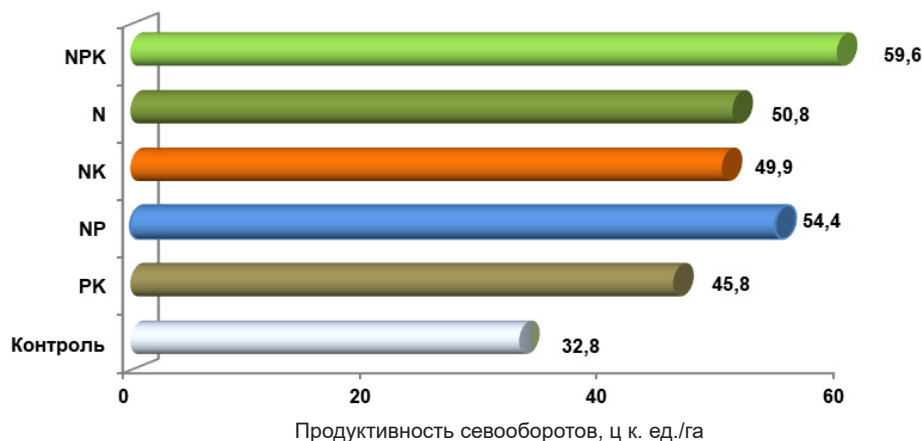


Рис. 1. Влияние систем удобрения на продуктивность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 1998–2018 гг.

Исключение из системы удобрения азота, фосфора или калия оказало негативное влияние на формирование продуктивности возделываемых культур. При последствии калийных удобрений ($N_{81}P_{42}$), и, как следствие, в недостаточном калийном питании, продуктивность снизилась на 5,2 ц/га, или на 9 %, по отношению к полной минеральной системе составила 54,4 ц/га к. ед. Дефицит фосфора ($N_{81}K_{95}$) проявился более существенным снижением урожайности культур на 16 %, недобор составил 9,7 ц/га к. ед. Одновременное исключение из системы удобрения фосфора и калия (N_{86}) обусловило получение 50,8 ц/га к. ед., или 85 % к полной системе удобрения. Наибольшее же снижение продуктивности возделываемых культур отмечалось в варианте без применения азотных удобрений ($P_{42}K_{96}$), которое в среднем за 20 лет исследований составило 13,8 ц к. ед./га. Таким образом, ряд влияния дефицита элементов питания на снижение продуктивности культур представился следующим образом: $N > P > PK > K$ [15].

Научные основы применения удобрений в земледелии базируются на познании круговорота веществ и их баланса. При отсутствии или недостаточном уровне поступления элементов питания с удобрениями их баланс в почве характеризуется большой напряжённостью. Отчасти определённая их часть восполняется за счёт веществ, высвобождающихся при разложении послеуборочных остатков, однако, их количество не компенсирует вынос с урожаем. По мере истощения почв развитие растений ухудшается, снижается количество поступивших в почву растительных остатков, включается механизм способности самой почвы в какой-то мере восполнять дефицит доступных соединений элементов питания за счёт потенциальных ресурсов. В наших исследованиях анализ роли факторов в формировании максимальной среднегодовой продуктивности севооборотов показал, что значительная её часть (48–67 %, а в среднем 55 %) формировалась за счёт потенциального плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы.

В соответствии с методикой [2] был рассчитан среднегодовой баланс фосфора и калия за 20-летний период исследований (1999–2018 гг.). В приходную статью включены: поступление азота, фосфора и калия с минеральными удобрениями, осадками и семенами; среднегодовая фиксация азота (15 кг/га) свободноживущими микроорганизмами. Расходная статья включала: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота (25 % от общего количества, внесенного с удобрениями), вынос с инфильтрационными водами.

Расчёты показали, что практически при всех изучаемых системах удобрения расход фосфора на формирование урожая превышал его поступление в почву (табл. 2).

Исключение составил вариант со среднегодовым применением $P_{42}K_{96}$, где сложился слабоположительный баланс фосфора (+4 кг/га). Слабоотрицательный баланс фосфора (–5 кг/га) был получен при парной комбинации такой же дозы фосфорных удобрений с азотом (N_{81}). Среднегодового внесения полного минерального удобрения ($N_{80}P_{37}K_{95}$) также оказалось недостаточным для восполнения выноса элемента высокими урожаями культур – баланс фосфора отрицательный (–14 кг/га). Наибольший же дефицит элемента характерен для неудобренного варианта (–26 кг/га), а также систем удобрения с парной комбинацией $N_{81}K_{95}$ и моноазота N_{86} , который составил 40 и 44 кг/га соответственно.

Интенсивность баланса фосфора в системах удобрения с применением P_{37-42} составила 74–110 %.

Таблица 2

Среднегодовой баланс и динамика содержания фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2018 гг.

Вариант	Фосфор, кг/га			Интенсивность, %	Изменение содержания P ₂ O ₅ в почве, мг/кг		
	поступило	вынос	баланс ±		1998 г.	2014–2018 гг., Ø	±
Без удобрений (контроль)	2	24	–26	8	101	76	–25
P ₄₂ K ₉₆	44	40	+4	110	176	104	–72
N ₈₁ P ₄₂	44	49	–5	90	173	144	–29
N ₈₁ K ₉₅	2	42	–40	5	154	85	–69
N ₈₆	2	44	–42	5	166	78	–88
N ₈₀ P ₃₇ K ₉₅	39	53	–14	74	161	142	–19

Баланс калия характеризовался большей напряжённостью. Дефицит элемента в варианте без использования удобрений достиг 86 кг/га (табл. 3). При среднегодовом применении K₉₅₍₉₆₎ в парных комбинациях с азотом или фосфором, а также в составе полной минеральной системы удобрения (NPK) расход элемента на формирование 45,8–49,9 ц/га к. ед. превышал его поступление на 40, 19 и 50 кг/га соответственно. Максимальные же по опыту потери элемента наблюдались в вариантах с последствием калийных удобрений при моноазотной системе удобрения и парной комбинации NP – 126 и 134 кг/га соответственно.

Интенсивность баланса калия при всех системах удобрения с применением K₉₅₋₉₆ составила 68–85 % и характеризуется как дефицитная.

Балансовые методы расчёта позволяют лишь приблизительно оценить эффективность последствия фосфорных и калийных удобрений на состояние плодородия почвы. Более точным и показательным критерием оценки является фактическое изменение содержания элементов питания за период исследований. Наши исследования показали, что дефицит одного или нескольких питательных элементов в системе удобрения сельскохозяйственных культур способствовал истощению почвенных ресурсов [15].

Таблица 3

Среднегодовой баланс и динамика содержания калия в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2018 гг.

Вариант	Калий, кг/га			Интенсивность, %	Изменение содержания K ₂ O в почве, мг/кг		
	поступило	вынос	баланс ±		1998 г.	2014–2018 гг., Ø	±
Без удобрений (контроль)	12	98	–86	12	148	62	–86
P ₄₂ K ₉₆	108	127	–19	85	215	163	–52
N ₈₁ P ₄₂	12	146	–134	8	228	63	–165
N ₈₁ K ₉₅	107	136	–29	79	230	129	–101
N ₈₆	12	138	–126	9	218	65	–153
N ₈₀ P ₃₇ K ₉₅	107	157	–50	68	207	120	–87

Расчёты показали, что в варианте без удобрений содержание подвижного фосфора в почве снизилось до исходного уровня (90 мг/кг почвы) через 10 лет [15], а ежегодные потери элемента на протяжении периода исследования составили 1,3 мг/кг почвы.

Максимальные значения потерь фосфатов характерны не только для вариантов с остаточным последствием фосфора при парной комбинации НК (–69 мг/кг) и моноазотной системе удобрения (–88 мг/кг), но также и при применении РК (–77 мг/кг). Ежегодные потери элемента за весь период исследований при таких системах удобрения составили 2,6–4,4 мг/кг почвы с наиболее интенсивным снижением содержания подвижного фосфора в варианте с внесением только азотных удобрений (N_{86}).

При внесении полного минерального удобрения в среднегодовой дозе $N_{80}P_{37}K_{95}$ фактическое снижение содержания подвижных соединений фосфора в почве за 20 лет составило 19 мг/кг почвы, или около 1 мг/год.

В варианте без внесения удобрений потери подвижного калия за 20-летний период исследований составили 86 мг/кг, или 4,3 мг/кг почвы ежегодно. Наиболее значительные потери элемента отмечены при системах удобрения с использованием последствия калийных удобрений – моноазотной (N_{86}) и парной комбинации азотных удобрений с фосфорными ($N_{81}P_{42}$), когда содержание подвижного калия за исследуемый период снизилось более чем в 3 раза к исходному при соответствующих ежегодных потерях 7,7 и 8,3 мг/кг почвы.

Расчёты показали, что систематическое ежегодное применение калийных удобрений в дозе 95–96 кг д. в./га в комбинациях с азотными и фосфорными удобрениями несколько замедляло процесс потери подвижного калия, однако через 20 лет также привело к снижению его содержания более чем в 2 раза, с неблагоприятным прогнозом усиления потерь в 3 раза через 25 лет [15]. Ежегодные потери элемента составили 5,1 и 2,6 мг/кг почвы соответственно.

При внесении полного минерального удобрения в среднегодовой дозе $N_{80}P_{37}K_{95}$ фактическое снижение содержания подвижных соединений калия в почве за 20 лет составило 87 мг/кг почвы, или 4,4 мг/год.

К началу проведения исследования (1998 г.) содержание гумуса составляло в среднем 2,10 %, увеличившись за предыдущие годы (1986–1997 гг.) на 0,16–0,55 % за счёт комплексного применения минеральных и органических удобрений при возделывании культур.

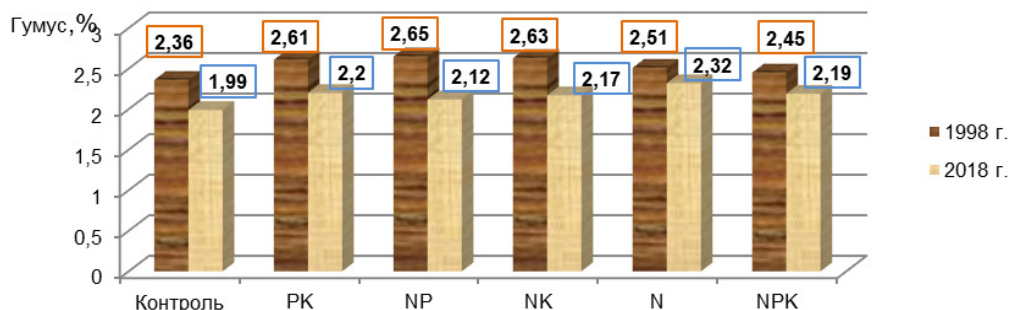


Рис. 2. Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

За 20-летний период применения дефицитных минеральных систем удобрения (без использования органических удобрений) содержание гумуса снизилось на 0,19–0,53 % (рис. 2).

Наименьшие его потери характерны для моноазотной (0,19 %) и полной систем удобрения (0,26 %). Максимальное снижение содержания гумуса отмечено в вариантах со среднегодовым внесением $N_{81}K_{95}$ (0,41 %), $P_{42}K_{96}$ (0,46 %) и $N_{81}P_{42}$ (0,53 %).

ВЫВОДЫ

1. Возделывание сельскохозяйственных культур без применения удобрений в течение 20 лет на дерново-подзолистой супесчаной почве средней окультуренности при среднегодовой продуктивности на уровне 32,8 ц к. ед./га обусловило отрицательные балансы подвижных форм фосфора (–26 мг/га) и калия (–86 мг/га) при ежегодном снижении их содержания на 1,3 и 4,3 мг/кг почвы соответственно.

2. Среднегодовые дозы минеральных удобрений $N_{80}P_{37}K_{95}$ при формировании 59,6 ц к. ед./га, оказались недостаточными для поддержания достигнутого уровня плодородия почвы. Балансы подвижных форм элементов сложились отрицательные: фосфора – –14 мг/га, калия – –50 мг/га при ежегодном соответствующем снижении их содержания на 1,0 и 4,4 мг/кг почвы и потерях гумуса на 0,26 % за весь период исследования.

3. Длительное исключение из систем удобрения одного или двух элементов питания способствует усилению деградационных процессов в почве и снижению продуктивности возделываемых культур:

- внесении парной комбинации $N_{81}K_{95}$ за 20-летний период исследований обусловило: снижение содержания гумуса на 0,41 %, уровня продуктивности (по отношению к полной системе удобрения) – на 16 %, отрицательные балансы калия (–29 кг/га) и фосфора (–40 мг/га) при ежегодных потерях подвижных форм последнего на уровне 2,0 мг/кг почвы;

- при внесении парной комбинации $N_{81}P_{42}$ отмечено снижение содержания гумуса на 0,53 % и продуктивности – на 9 %, баланс фосфора сложился слабоотрицательный (–5 кг/га), калия – резкоотрицательный (–134 мг/га) при максимальных ежегодных потерях подвижных форм последнего на уровне 6,7 мг/кг почвы;

- более благоприятные балансы фосфора (+4 кг/га) и калия (–19 кг/га) сложились при внесении парной комбинации $P_{42}K_{96}$, однако фактические ежегодные потери их подвижных форм составили 3,6 и 2,6 мг/кг почвы соответственно. При этом содержание гумуса снизилось на 0,46 % при наибольшем по опыту недобору урожая (–13,8 ц к. ед./га);

- к наиболее интенсивному истощению почвы подвижными формами фосфора и калия приводит моноазотная система удобрения. Одностороннее ежегодное применение азотных удобрений в дозе N_{86} на протяжении 20 лет исследования на супесчаной почве при сдерживании темпов снижения гумуса и формировании продуктивности культур на уровне 50,8 ц к. ед./га, обусловило отрицательные балансы фосфора (–42 кг/га) и калия (–126 мг/га) при потерях их подвижных форм на 4,4 и 7,7 мг/кг почвы в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенцева Е. Г. Минеральные удобрения: современные тенденции эффективности в АПК Республики Беларусь / Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, С. М. Зенькова // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–25 июня, 2021 г. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2021. – С. 114–118.
2. Методика расчёта элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 24 с.
3. Шафран, С. А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах / С. А. Шафран, Н. А. Кирпичников // Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 3–10.
4. Касицкий, Ю. И. Об оптимальном содержании подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны СССР / Ю.И. Касицкий // Агрохимия. – 1991. – № 6. – С. 107–109.
5. Дзюин, Г. П. Фосфатное состояние дерново-подзолистой суглинистой почвы в севообороте / Г. П. Дзюин, А. Г. Дзюин // Агрохимия. – 2014. – № 11. – С. 20–25.
6. Сычев, В. Г. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран. – М.: ВНИИА, 2012. – 200 с.
7. Кирпичников, Н. А. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве при различной степени известкования / Н. А. Кирпичников, С. Н. Адрианов // Агрохимия. – 2007. – № 10. – С. 14–23.
8. Якименко, В. Н. Действие и последствие калийных удобрений в полевом опыте на серой лесной почве / В. Н. Якименко // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 3–12.
9. Никитина, Л. В. Действие и последствие разных систем удобрения в длительном полевом опыте на калийный режим суглинистой почвы / Л. В. Никитина // Плодородие. – 2015. – № 6. – С. 3–5.
10. Ониани, О. Г. Агрохимия калия / О. Г. Ониани. – М.: Наука, 1981. – 200 с.
11. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения / А. И. Иванов [и др.] // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 21–2.
12. Прокошев, В. В. Агрохимия калийных удобрений: автореф. дис. ...д-ра биол. наук / В. В. Прокошев; МГУ. – М., 1984. – 40 с.
13. Прокошев, В. В. О необходимости применения калийных удобрений / В. В. Прокошев // Плодородие. – 2002. – № 1. – С. 18–20.
14. Кулеш О. Г. Трансформация калийного состояния высокоокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях применения калий-дефицитных систем удобрения / О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1(66). – С. 51–59.
15. Длительность последствия фосфорных и калийных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н. Н. Семененко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2(63). – С. 56–67.
16. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
17. Справочник агрохимика / под ред. Т. Н. Кулаковской, И. М. Богдевича. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Урожай, 1985. – 214 с.

INFLUENCE OF DEFICIT FERTILIZER SYSTEMS ON THE DYNAMICS OF PHOSPHATE AND POTASSIUM CONTENT AND THEIR BALANCE IN LONG-TERM EXPERIMENTS ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOIL

E. G. Mezentseva, O. G. Kulesh, A. A. Gracheva

Summary

The results of multi-year research to assess the impact of fertilizer systems and the effect of residual amounts of phosphorus and potassium introduced with mineral and organic fertilizers in the preceding period on the balance of nutrients and fertility of medium-cultivated sod-podzolic loamy sand soil in article are presents.

It was established that application of $N_{80}P_{37}K_{95}$ at high productivity of cultivated crops (59,6 cfu/ha) was insufficient for maintaining the achieved level of soil fertility with negative balances of mobile forms of phosphorus (-14 kg/ha) and potassium (-50 kg/ha).

The exclusion of a particular nutrient element from the fertilization system for a long period contributes to the intensification of degradation processes in the soil, causing the loss of humus by 0,19–0,53 % for the 20-year period of the study, with annual losses of mobile phosphorus and potassium of 1,0–3,6 and 2,6–8,3 mg/kg of soil.

Поступила 23.03.2022

УДК 631.84:633

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-49-64](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-49-64)

НОВЫЕ ФОРМЫ ЖИДКИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕДЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В БЕЛАРУСИ

Г. В. Пироговская

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Оксиды серы являются одним из загрязнителей атмосферного воздуха и их анализ в атмосферных осадках, почвах и растениях представляет определенный интерес. В 1979 г. на Женевской конференции принято решение о совместных действиях стран в области охраны атмосферного воздуха, в том числе о сокращении выбросов серы в окружающую среду.

При этом сера оказывает важное влияние на рост и развитие растений и, преимущественно, тех, которые положительно отзываются на ее внесение. Практически все сельскохозяйственные культуры хорошо отзываются на внесение серы на фоне систематического и достаточного внесения азотно-фосфорно-калийных удобрений.