

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ФОСФОРОМ ПАХОТНЫХ И ЛУГОВЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, И. С. Станилевич, О. Л. Ломонос

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

ВВЕДЕНИЕ

Фосфор является одним из наиболее важных и дефицитных элементов минерального питания растений. Недостаток доступных растениям форм фосфора в мире наблюдается на 67 % площади почв сельскохозяйственного назначения на фоне истощения легкодоступных месторождений этого элемента [1].

Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв [2–5]. Фосфор является важнейшим элементом питания растений, определяющим величину и качество полезной продукции, энергетический баланс и состав органических соединений в растении. Несмотря на способность накапливаться в почвах, содержание подвижных фосфатов сильно изменяется в зависимости от характера интенсификации земледелия. Диапазоны оптимальных показателей реакции почв, содержания подвижных форм фосфора и калия, установленные в полевых опытах, используются в Беларуси при планировании и оценке результатов почвоулучшающих мероприятий [6].

Обеспеченность почв фосфором по полям и участкам в настоящее время сильно различается, в условиях высокой стоимости фосфорных удобрений и сложного экономического состояния хозяйств [7]. Существенны различия и в урожайности культур в зависимости от уровня плодородия почв и факторов интенсификации производства. Возрастает значимость рационального использования удобрений с учетом агрохимических свойств почв. Важным становится дозированное внесение фосфорных удобрений по полям и участкам из расчета формирования возможного урожая и оптимальных параметров содержания подвижных форм фосфора в почве.

Цель работы – провести критический анализ научной информации по динамике обеспеченности пахотных и луговых почв подвижными фосфатами за 2001–2016 гг. в сопоставлении с оптимальными параметрами и уровнем внесения органических и минеральных удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – почвы сельскохозяйственных земель (пашня, улучшенные сенокосы и пастбища) по всем районам Беларуси, обследованные по содержанию подвижных форм фосфора, дозы фосфорных удобрений, продуктивность земель за период 2001–2016 гг. Исследована динамика содержания подвижных форм фосфора по группам гранулометрического состава почв и административным районам в сопоставлении с диапазонами оптимальных параметров. Материалы по видам и количеству применяемых удобрений собраны по данным

статистической отчетности. Предмет исследований – зависимость показателей, характеризующих обеспеченность почв фосфором, от факторов интенсификации земледелия и исходной агрохимической характеристики почв. Метод исследования – системный анализ с применением общепринятой статистической обработки данных.

Оптимальные уровни содержания подвижных фосфатов в почвах. Содержание подвижных форм фосфора, доступных растениям, характеризуется высокой динамичностью. Поэтому в границах полей, хозяйств и районов Беларуси содержание фосфора в почвах различается от низкого до очень высокого. Столь же существенны различия в урожайности культур. За период 2013–2016 гг. различия среднегодовых уровней урожайности зерновых культур по районам достигали 3,3 раз – от 63,8 ц/га в Гродненском до 19,3 ц/га в Рассонском районе. Эти различия преимущественно определялись уровнем плодородия почв и дозами внесенных минеральных и органических удобрений.

По данным многолетних полевых опытов Института почвоведения и агрохимии, проведенных в 1970–1980-х гг., увеличение содержания фосфора в почве сопровождалось достоверным приростом продуктивности севооборотов вплоть до 200–250 мг/кг на супесчаных и 300 мг P_2O_5 /кг на суглинистых почвах [2]. Оптимальные уровни обеспеченности почв фосфором повышаются по мере усиления интенсификации земледелия (введение новых высокопродуктивных сортов растений, повышенных доз минеральных удобрений, средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей и др.). Анализ результатов (2001–2007 гг.) специально спланированных полевых опытов позволил повысить диапазоны оптимального содержания подвижных фосфатов. Для песчаных почв – до 150–230 мг/кг, рыхлосупесчаных почв – до 200–250 мг/кг, связносупесчаных, подстилаемых суглинками почв – до уровня 250–300 мг/кг, а суглинистых почв – до уровня 300–350 мг P_2O_5 на килограмм почвы [7, 8]. Следует отметить, что полевые опыты были проведены на хорошоокультуренных участках связносупесчаных и рыхлосупесчаных почв, подстилаемых суглинками. Однако в большинстве районов республики преобладают песчаные и рыхлосупесчаные почвы, подстилаемые рыхлыми песками, с небольшим потенциалом плодородия. Поэтому необходимо ориентироваться на достижение нижних границ оптимальных диапазонов содержания подвижных фосфатов.

Повышение содержания подвижных фосфатов и калия в почвах также является важным фактором получения нормативно чистой растениеводческой и животноводческой продукции на загрязненных радионуклидами землях. Внесение повышенных доз фосфорных удобрений способствует снижению перехода в продукцию продовольственных и кормовых культур радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr до 1,5–2,5 раз, в частности, за счет закрепления в почве микроколичеств ^{90}Sr труднодоступными для растений фосфатами кальция и магния [9–10].

Недостаточное внесение фосфорных удобрений сопровождается как недобором урожая, так и снижением плодородия почв. Недостаток фосфора в почве сопровождается также снижением эффективности азотных удобрений, что отмечено в ряде исследований [2–5]. При повышении содержания подвижных фосфатов в супесчаной почве от низкого до оптимального уровня прибавки урожайности зерна яровой пшеницы от азотных и калийных удобрений возрастают практически вдвое [8]. Характерно, что высокая окупаемость фосфорного удобрения прибавкой урожайности наблюдается в диапазоне от среднего до нижней границы

оптимального содержания подвижных фосфатов: 117–200 мг P_2O_5 на кг почвы. При высоком содержании подвижных фосфатов в почве эффективность фосфорных удобрений резко снижается.

Оптимизация содержания P_2O_5 в почве интенсифицирует процессы аммонификации органических соединений с выделением азота, повышает скорость минерализации целлюлозы в почве. Длительное внесение избыточных доз удобрений приводит к накоплению в почве не востребованных запасов фосфора, нерациональному использованию ресурсов, снижению биологической активности почвы [11–13]. Порога избыточного накопления подвижных фосфатов до уровня токсичности для растений не установлено [14]. Однако известно, что накопление избытка подвижных фосфатов в почвах приводит к снижению эффективности азотных и калийных удобрений и другим негативным экологическим последствиям [15]. Обеспечение рационального баланса фосфора является весьма актуальной задачей современного земледелия [2, 8, 15–18].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика обеспеченности почв фосфором. Почвы Беларуси бедны фосфором. Запасы валового фосфора в 25-сантиметровом пахотном слое оцениваются от 4 т на суглинках до 2 т на песчаных почвах, из которых около 1 т приходится на долю органических фосфатов [2, 3]. Обеспеченность подвижными формами фосфора почв улучшенных сенокосов и пастбищ значительно ниже. За полувековой период средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в пахотных и улучшенных луговых почвах повысилось почти втрое (рис. 1).

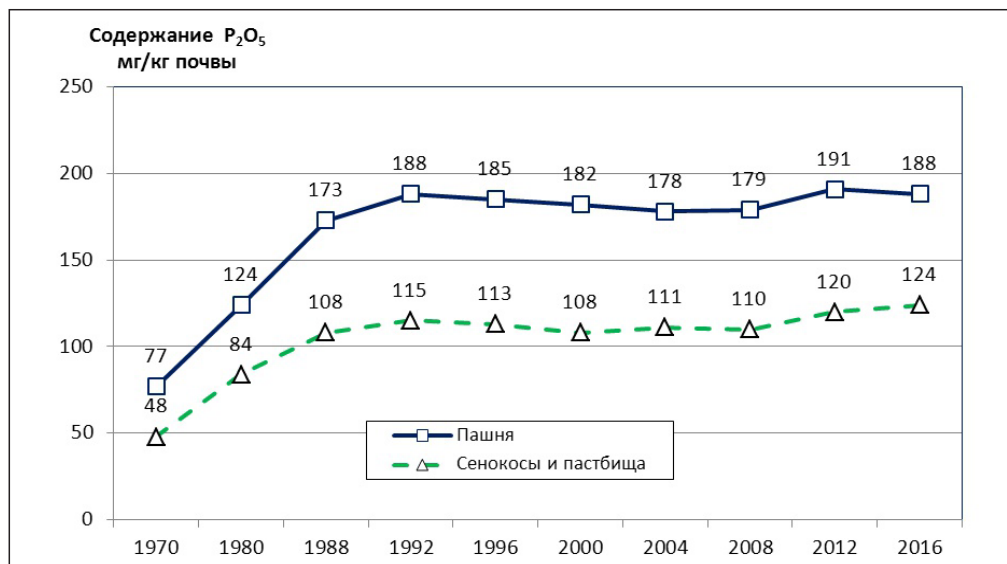


Рис. 1. Динамика содержания подвижных фосфатов в пахотных и луговых почвах Беларуси

Это результат целенаправленной работы нескольких поколений по внесению повышенных доз органических и фосфорных удобрений за весь период химизации

земледелия. За последние 55 лет на гектар пашни в среднем по Беларуси было внесено по 2056 кг фосфора с минеральными и по 1019 кг с органическими удобрениями, всего 3075 кг P_2O_5 . В настоящее время средневзвешенное содержание подвижных фосфатов (по Кирсанову) на пашне составляет 188 мг P_2O_5 /кг почвы, а гектарный запас – 611 кг/га, что примерно в три раза больше исходного запаса подвижных форм фосфора, 211 кг/га в 1965 году.

За период химизации земледелия Беларуси преобладал положительный баланс фосфора. Выделяются два периода наиболее благоприятного фосфатного режима по результатам обследования: 1989–1992 и 2009–2012 гг., когда средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора в пахотных почвах достигло уровня 188 и 191 мг P_2O_5 на кг почвы соответственно. Именно в эти годы вносились наиболее высокие дозы фосфорных удобрений. За период 1989–1992 гг. в среднем на гектар пашни было внесено по 65 кг P_2O_5 минеральных удобрений, по 26 кг фосфора ежегодно поступало в почву с органическими удобрениями. В сумме это обеспечивало положительный баланс фосфора – 58 кг P_2O_5 в год. За период 2009–2012 гг. среднегодовой баланс фосфора составил +35 кг P_2O_5 на гектар пашни (рис. 2), что и обеспечило интенсивное накопление подвижных фосфатов в почвах.

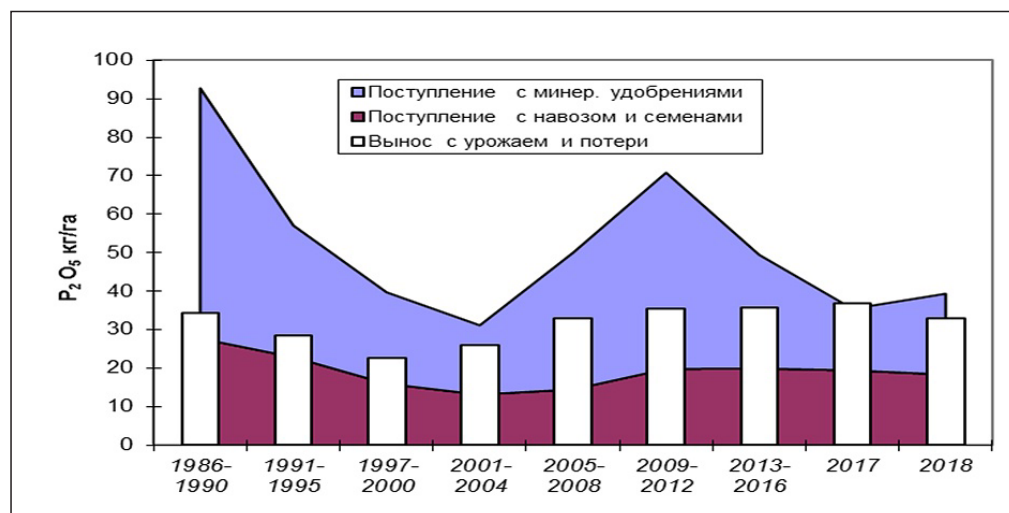


Рис. 2. Динамика баланса фосфора в земледелии Беларуси за период 1986–2018 гг.

Наиболее существенное снижение уровня применения фосфорных удобрений на пашне пришлось на периоды 2001–2004 гг. и в 2017 г., когда среднегодовые гектарные дозы фосфорных удобрений уменьшились до уровня менее 20 кг P_2O_5 , что не позволяло поддерживать запасы подвижных фосфатов на прежнем уровне. Как следствие, наблюдалось некоторое снижение средневзвешенного содержания подвижных фосфатов в пахотных почвах. Разумеется, колебания средневзвешенного уровня содержания подвижных фосфатов в целом по республике небольшие, они не могут быть серьезной причиной снижения плодородия почв в ближайшей перспективе. Однако на уровне регионов изменения могут быть значительно больше.

В ходе реализации Государственной программы возрождения села за 2005–2012 гг. в большинстве районов Беларуси был сформирован и поддерживался благоприятный фосфатный режим пахотных почв. Теперь в целом по республике слабообеспеченные фосфором почвы (менее 100 мг P_2O_5 на кг почвы) занимают 22,8 % площади пашни, с колебаниями от 31,5 % в Минской до 15,2–15,9 % в Гродненской и Гомельской областях (табл. 1). Значительная доля пахотных почв с высоким содержанием фосфора (251 и более мг P_2O_5 на кг почвы) характерна для Гомельской (38,3 %), Гродненской (28,3 %) и Могилевской (26,6 %) областей. Для сравнения в Нечерноземной зоне России около 60 % площади пахотных почв характеризуется повышенной кислотностью и низким содержанием подвижных форм фосфора [5].

В луговых почвах Беларуси преобладает невысокое, почти равновесное содержание подвижных фосфатов, а в Минской и Могилевской областях средневзвешенное содержание P_2O_5 снизилось за последние четыре года на 4 и 14 мг/кг почвы соответственно (табл. 2).

Таблица 1

Распределение площади пахотных почв областей Беларуси по группам обеспеченности подвижными фосфатами за период 2013–2016 гг.

Область	Доли площади по группам содержания P_2O_5 , %						Средневзвешенное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы		
	<60	61–100	101–150	151–250	251–400	>400	2016 г.	2012 г.	2008 г.
Брестская	9,6	16,5	22,4	29,3	18	4,2	177	156	156
Витебская	8,7	16,2	21,2	29	17,1	7,8	186	180	171
Гомельская	5,1	10,8	15,8	30	28,1	10,2	223	225	225
Гродненская	4,1	11,1	19,6	36,9	21,4	6,9	204	203	165
Минская	10,9	20,6	24,4	27,4	15,2	1,5	161	175	174
Могилевская	5,6	13,8	21,2	32,8	22,7	3,9	190	214	189
Республика Беларусь	7,6	15,2	21,0	30,6	20,1	5,5	188	191	179

Таблица 2

Изменение средневзвешенного содержания подвижных фосфатов в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ (P_2O_5 мг/кг почвы) по областям Беларуси за 2013–2016 гг.

Область	2001–2004 гг.	2005–2008 гг.	2009–2012 гг.	2013–2016 гг.	Разница (2016–2012 гг.)
Брестская	92	92	97	108	11
Витебская	142	143	151	162	11
Гомельская	123	123	134	146	12
Гродненская	92	86	104	107	3
Минская	94	92	97	93	–4
Могилевская	124	125	149	135	–14
Республика Беларусь	111	110	120	124	4

Динамика обеспеченности почв подвижными фосфатами имеет также некоторые региональные отличия. Так, обеднение пахотных и луговых почв фосфором затронуло большинство районов Минской и Могилевской области, но меньше проявилось в Брестской и Витебской областях (табл. 3).

Таблица 3

Количество районов Беларуси, где произошло снижение содержания подвижных фосфатов в пахотных и луговых почвах за период 2013–2016 гг.

Область	Пашня	Сенокосы и пастбища
Брестская	3	2
Витебская	5	3
Гомельская	12	5
Гродненская	11	7
Минская	20	16
Могилевская	17	12
Республика Беларусь	68	45

Очевидно, что предстоит многолетняя ресурсоемкая работа по оптимизации фосфатного статуса пахотных и луговых почв во многих районах страны. Чтобы оптимизировать необходимые ресурсы дорогостоящих фосфорных удобрений, необходимо, в первую очередь, предотвратить их нерациональное использование и ограничить их внесение на участках с высоким и избыточным содержанием подвижных фосфатов. Анализ результатов последнего тура агрохимического обследования почв, сгруппированных по элементарным участкам, показывает непропорциональные отклонения обеспеченности почв различного гранулометрического состава фосфором по отношению к оптимальным параметрам (табл. 4).

Таблица 4

Распределение площади пашни Беларуси по уровням обеспеченности фосфором почв различного гранулометрического состава (2013–2016 гг.) в сопоставлении с оптимальными параметрами

Почвы	Оптимальное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Средневзвешенное содержание P_2O_5 мг/кг почвы	Распределение площади пахотных почв по уровням содержания фосфора, %		
			ниже оптимума	оптимум	выше оптимума
Глинистые и суглинистые	300–400	193	83	13	4
Супесчаные	200–300	195	56	26	18
Песчаные	150–230	201	39	25	36
Торфяные	600–1000	360	85	10	4

В целом по Беларуси песчаные и супесчаные почвы характеризуются наибольшей долей (36 и 18 %), соответственно 400 и 480 тыс. га пашни с избыточным накоплением остаточного фосфора на уровне выше оптимального диапазона. В то же время основные массивы наиболее потенциально плодородных суглинистых почв (83 % площади) характеризуются недостаточным содержанием подвижных фосфатов. Это значит, что примерно на 800 тыс. га пашни на суглинках расте-

ния испытывают недостаток фосфорного питания, в то время как на площади 880 тыс. га песчаных и супесчаных земель наблюдается избыток подвижных форм фосфора в почве. Разумеется, дефицит фосфора наблюдается также и на преобладающей части супесчаных и песчаных участков пашни, всего на площади 1920 тыс. га. Указанные резервы снижения дефицита фосфора в земледелии Беларуси за счет дифференцированного внесения фосфорных удобрений по полям и участкам с учетом содержания в почве подвижных фосфатов должны быть использованы.

Повышенное накопление подвижных фосфатов в почвах легкого гранулометрического состава (свыше оптимальных уровней) сложилось в результате многолетней практики завышения планируемой урожайности основных культур, а также оплаты приобретения удобрений для экономически несостоятельных хозяйств из бюджета и других централизованных источников. В последние пять лет приобретение всех видов минеральных удобрений оплачивают сами хозяйства, что, вероятно, будет способствовать повышению эффективности удобрений. На рис. 3 показана среднегодовая продуктивность севооборотов (к. ед., ц/га) в зависимости от содержания подвижных фосфатов в почвах за период 2013–2016 гг. по районам Беларуси.

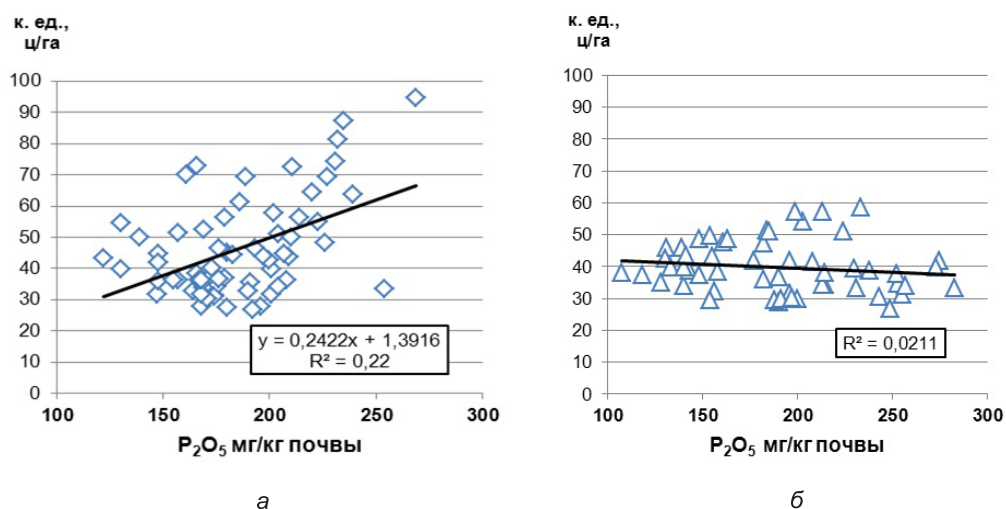


Рис. 3. Среднегодовая продуктивность севооборотов в зависимости от содержания подвижных фосфатов в пахотных почвах за период 2013–2016 гг.:

а – в 64 районах с преобладанием суглинистых и супесчаных подстилаемых суглинками почв; б – в 54 районах с преобладанием песчаных и рыхлосупесчаных почв

Нетрудно заметить, что в группе районов, где преобладают потенциально высокоплодородные почвы, продуктивность севооборотов закономерно возрастает в диапазоне 30–90 ц к. ед./га по мере повышения содержания подвижных фосфатов от 120 до 280 мг P_2O_5 на кг почвы. В группе районов, где преобладают менее продуктивные песчаные почвы, урожайность севооборотов в меньшей степени, но также различается по районам от 30 до 60 ц к. ед. с гектара. Но здесь различия в продуктивности севооборотов не связаны с содержанием подвижных фосфатов в почвах. В районах, где преобладают песчаные и рыхлосупесчаные почвы до-

статочно вносить сравнительно меньшие дозы фосфора, чтобы компенсировать вынос фосфора с отчуждаемой частью урожая сельскохозяйственных культур и поддерживать содержание подвижных фосфатов в почвах на нижней границе оптимального диапазона: 150–170 мг P_2O_5 на кг почвы.

На улучшенных сенокосах и пастбищах за период 2009–2016 гг. в большинстве районов среднегодовые дозы внесения фосфорных удобрений были незначительны и только в отдельных районах достигали уровня 6–12 кг P_2O_5 на гектар. За длительный период химизации сформировались большие различия в содержании подвижных фосфатов в луговых почвах по районам Беларуси в диапазоне от 60 до 200 мг P_2O_5 на кг почвы. Незначительные дозы фосфорных удобрений, вносимые непосредственно на луговые травостои, не могут влиять на изменение содержания фосфора в луговых почвах. Повышение содержания подвижных фосфатов в луговых почвах по сравнению с предыдущими турами обследования обусловлено трансформацией участков лугов под пашню и наоборот. В целом по республике, по данным статистического учета, непосредственное среднегодовое поступление фосфора с удобрениями на улучшенные сенокосы и пастбища заметно уменьшилось: составило за период 2009–2012 гг. P_2O_5 4,0±5,3 кг/га, сошло практически на нет до 0,5±1,0 кг/га в 2013–2016 гг.

Ежегодное внесение фосфорных удобрений в дозах 20–30 кг P_2O_5 на гектар травостоя многолетних трав является важным условием повышения их продуктивности, получения дешевых высококачественных кормов и окультуривания луговых почв.

Рекомендации по среднегодовым нормам баланса фосфора в пахотных почвах. Для рационального применения фосфорных удобрений будет полезно использовать понятную и удобную систему контроля среднегодовых параметров баланса фосфора в земледелии на уровне районов (и хозяйств) на основе приведенных нормативов (табл. 5). В таблице приведены нормативы баланса фосфора в земледелии, дифференцированные по преобладанию гранулометрического состава почв по группам районов (или хозяйств) в зависимости от исходного содержания подвижных фосфатов в почвах и соответствующего уровня продуктивности пашни, выраженного в эквиваленте кормовых единиц суммарной урожайности всех возделываемых культур.

Таблица 5

Нормативы баланса фосфора для оптимизации уровня содержания подвижных фосфатов в пахотных почвах по группам районов Беларуси

Группа районов	Исходное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Продуктивность к. ед. ц/га	Баланс P_2O_5 , кг/га в год
Районы с преобладанием суглинистых и супесчаных, подстилаемых суглинками, почв	<150	35–40	25–30
	151–200	41–45	15–20
	201 и более	45–50	10–15
Районы с преобладанием песчаных и рыхлосупесчаных почв	<150	35–40	10–15
	151–200	35–45	5–10
	201 и более	35–45	(–5)–0

Использование этих нормативов позволит концентрировать более высокие дозы фосфора в тех районах (и хозяйствах), где содержание подвижных фосфатов в почвах ниже оптимального уровня и где имеется наибольший потенциал

прироста урожайности сельскохозяйственных культур. Одновременно уменьшится вероятность применения нерациональных доз фосфорных удобрений в районах (хозяйствах) с высоким уровнем обеспеченности почв фосфором и снизятся экономические потери. Приведенные нормативы целесообразно также учитывать при резервировании в хозяйствах финансовых средств для закупки минеральных удобрений.

Оптимизация обеспеченности почв подвижными формами фосфора должна осуществляться с учетом внесения всех видов органических и минеральных удобрений в севообороте. В районах (хозяйствах) с преобладанием почв связного гранулометрического состава и бедных фосфатами (<150 мг P_2O_5 на кг почвы) рекомендуется поддерживать положительный среднегодовой баланс фосфора на уровне 25–30 кг/га. Это позволит постепенно повысить плодородие почвы. По мере повышения содержания подвижных фосфатов в почве показатели баланса фосфора снижаются. А на почвах, где содержание фосфатов превышает нижнюю границу оптимума, должен поддерживаться бездефицитный или слабоотрицательный баланс фосфора.

Использование предложенных нормативов позволит ускорить оптимизацию фосфатного режима наиболее плодородных почв связного гранулометрического состава, уменьшить нерациональное накопление остаточных фосфатов в песчаных и рыхлосупесчаных почвах, а в целом существенно повысить окупаемость удобрений.

ВЫВОДЫ

За последние годы применение фосфорных удобрений в целом по республике было резко снижено и стало недостаточным как для реализации потенциала урожайности новых сортов сельскохозяйственных культур, так и для повышения содержания подвижных форм фосфора на слабообеспеченных полях и участках. Использование ресурсов фосфорных удобрений по районам, хозяйствам и полям требует совершенствования в связи с большой пестротой агрохимических свойств почв. Размах колебаний средневзвешенного содержания подвижных форм фосфора в пахотных почвах по районам достигает 2,5 раз, по хозяйствам – до 4 раз, а по полям – на порядок.

В результате анализа результатов обследования почв по всем районам Беларуси за период 2001–2016 гг. установлена зависимость динамики обеспеченности пахотных почв фосфором от интенсивности земледелия. Разработаны нормативы оптимальных показателей среднегодового баланса фосфора в земледелии для двух групп районов Беларуси: а) 64 районов, где преобладают потенциально более продуктивные, суглинистые и супесчаные, подстилаемые суглинками почвы, б) 54 районов, где преобладают песчаные и рыхлосупесчаные почвы. Рекомендованы минимально необходимые дозы для предотвращения деградации плодородия и оптимизации фосфатного статуса пахотных почв на ближайшую перспективу.

За длительный период химизации сформировались большие различия в содержании подвижных фосфатов в луговых почвах по районам Беларуси в диапазоне от 60 до 200 мг P_2O_5 на кг почвы. Незначительные дозы фосфорных удобрений, вносимые непосредственно на сенокосы и пастбища, не могут влиять на изме-

нение содержания фосфора в луговых почвах. Ежегодное внесение фосфорных удобрений в дозах 20–30 кг P_2O_5 на гектар травостоя многолетних трав является важным условием повышения их продуктивности, получения дешевых высококачественных кормов и окультуривания луговых почв.

Необходимо периодически проводить анализ динамики содержания подвижных форм фосфора в почвах на уровне поля, хозяйства и административного района в сопоставлении с соответствующими диапазонами оптимальных параметров. Это позволит выйти на экономически оправданный уровень применения удобрений, который обеспечит положительную динамику содержания фосфора в почвах, недостаточно обеспеченных этими элементами, и откорректировать дозы удобрений для возмещения выноса фосфора с урожаем на почвах с оптимальным содержанием этих элементов. Дифференцированный подход к применению удобрений, в свою очередь, повысит их эффективность и создаст условия для бездефицитного баланса фосфора в почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cramer, M. D.* Phosphate as a limiting resource / M. D. Cramer // *Plant Soil*. – 2010. – Vol. 334, № 1. – С. 10.
2. Оптимальные параметры плодородия почв / Т. Н. Кулаковская [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271 с.
3. *Вильдфлуш, И. Р.* Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
4. *Лапа, В. В.* Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2006. – 120 с.
5. *Сычев, В. Г.* Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.
6. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова; НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 106 с.
7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016) / И. М. Богdevич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богdevича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
8. *Богdevич, И. М.* Зависимость урожайности и качества продукции зерновых культур от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв фосфором и доз минеральных удобрений / И. М. Богdevич, В. А. Микулич, Г. И. Каленик // *Почвоведение и агрохимия*. – 2010. – № 2(45). – С. 55–72.
9. *Путятин, Ю. В.* Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю. В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 255 с.
10. *Bogdevitch, I.* Fertilization as a Remediation Measure on Soils Contaminated with Radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr / I. Bogdevitch, N. Mikhailouskaya and V. Mikulich. / *Fertilizing Crops to Improve Human Health*. – Vol. 3: Risk Reduction. – Paris, 2012. – IPNI/IFA. – P. 275–290.

11. *Johnston, A. E.* Soil Management for sustainable Farming / A. E. Johnston, J. L. Salter // Journal of Royal Agricultural Society of England. – 2001. – Vol. 162. – P. 122–132.

12. *Михайловская, Н. А.* Влияние возрастающей обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными формами фосфора и калия на биологические показатели плодородия / Н. А. Михайловская, Г. В. Мороз // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорусского общества почвоведов. – Минск; Гомель, 1995. – С. 206.

13. *Bergmann, W.* Nutritional disorders of plants / W. Bergmann, G. Fisher. – New York, 1992. – 741 p.

14. *Титова, В. И.* Оптимизация применения азотных и калийных удобрений на почвах с высоким содержанием фосфора / В. И. Титова // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 1(21). – С. 87–92.

15. *Ekholm, P.* Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance / P. Ekholm [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2005. – Vol. 110, № 3. – P. 266–278.

16. *Лапа, В. В.* Продуктивность севооборотов, баланс элементов питания и изменения плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко // Плодородие. – 2005. – № 5.

17. Баланс и изменение содержания подвижного фосфора в пахотных почвах Беларуси / И. М. Богдевич [и др.] // Почвенные исследования и применение удобрений. – 2003. – Вып. 27. – С. 5–15.

18. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

DYNAMICS OF PHOSPHOROUS SUPPLY OF ARABLE SOILS AND GRASSLAND IN BELARUS

I. M. Bogdevitch, Yu. V. Putyatin, I. S. Stanilevich, O. L. Lomonos

Summary

The results of Agrochemical Soil Survey for 2001–2016 showed the decline of mobile phosphate supply of arable soils and grassland in several regions of Belarus. The needs for improvement of P-fertilizer supply of potentially fertile Luvisol clay and loam soils are evident, as well as reduce the P-supply of poorer sandy soils with higher phosphate content. Differentiated norms of P-balance accordingly of initial phosphate content of different textured soils are proposed.

Поступила 09.12.19