

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ

Е.М. Митрофанова, д.с.-х.н., Пермский НИИСХ

Приведены результаты изучения влияния последействия различных доз извести на содержание подвижных форм фосфора дерново-подзолистой почвы в V ротации севооборота. В исследуемой почве в течение 35 лет без удобрений и извести поддерживался исходный уровень содержания подвижных фосфатов, который соответствовал средней обеспеченности. Высокие дозы извести продолжали оказывать положительное влияние на почвенную кислотность, где pH_{KCl} на 0,4–0,5 ед. выше контрольного варианта опыта. Содержание подвижных фосфатов в почве и концентрация фосфора в почвенном растворе не зависели от последействия доз извести.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, известкование, pH_{KCl} , подвижный фосфор, степень подвижности фосфатов.

Одно из важных направлений в современном земледелии – оптимизация и регулирование фосфатного режима почв. Это предопределяет всю систему удобрения сельскохозяйственных культур в севооборотах и устойчивость их урожаев в различных почвенно-климатических условиях [24].

Углубленное изучение фосфатного состояния и фосфатного режима почв не самоцель, а диктуется запросами практики. В последние 15–20 лет фосфорные удобрения в России применяют в крайне ограниченных количествах, основным источником фосфора для растений стала почва. На этом этапе развития земледелия большое значение придается содержанию доступных фосфатов как важнейшему фактору плодородия дерново-подзолистых почв [4, 23]. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почвах Пермского края, по данным агрохимического обследования на 01.01.2013 г., составило 97 мг/кг с довольно значительными колебаниями по районам. Площадь пашни, имеющая низкую и очень низкую обеспеченность подвижным фосфором, равна 510,55 тыс. га (34,1 %), среднюю – 493,91 тыс. га (33,1 %) [8].

Принято считать, что фосфатный режим дерново-подзолистых почв в значительной степени зависит от реакции почвенной среды. Известкование, резко изменяющее реакцию среды, представляет собой мощный фактор мобилизации и иммобилизации питательных веществ в почве. Труднодоступные растениям соединения фосфора с железом и алюминием под влиянием известкования переходят в более усвояемые растениями фосфаты кальция [10]. По мере повышения уровня реакции среды все большая часть фосфатов алюминия (и других полуторных оксидов) осаждается в виде гидроксида с выделением аниона фосфорной кислоты в почвенный раствор. Однако судьба этих анионов в большей мере зависит от других катионов, содержащихся в почве, поэтому степень улучшения фосфатного режима при известковании для разных почв неодинакова [20, 21].

Увеличение содержания подвижного фосфора от известкования кислых почв и улучшение питания расте-

ний фосфором отмечают многие исследователи [5–7, 11–12, 15, 19, 22, 25, 29 и др.]. Однако, имеются данные и об отсутствии влияния извести на содержание подвижного фосфора [2–3, 9, 30]. В настоящее время немало информации о том, что на почвах, произвесткованных с высокими дозами, количество доступных для растений фосфатов уменьшается [1, 26–28]. Следовательно, сорбция или высвобождение фосфатов в почвенный раствор в результате внесения извести зависит от особенностей конкретной почвы, её генезиса, приемов окультуривания и др.

Цель исследований – изучить влияние первичного и периодического известкования почвы на содержание подвижных фосфатов дерново-подзолистой почвы Предуралья.

Методика. Исследования проводили на базе длительного полевого опыта Пермского НИИСХ, заложенного в 1980 г. в первом поле полевого 7-польного севооборота с чередованием культур: 1 – чистый пар; 2 – озимая рожь; 3-яровая пшеница + клевер; 4, 5 – клевер 1-2-го г.п.; 6 – ячмень; 7 – овес. Схема опыта включала шесть доз извести (в том числе нулевую) с шагом 0,5 гидролитической кислотности (Нг) (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5). Известь, в соответствии со схемой, вносили перед закладкой опыта в паровом поле под дискование, в вариантах с дозами 0; 0,5; 1,0 и 1,5 Нг на половине делянок опыта известь в дозе 0,5 Нг вносили периодически (в паровых полях II и IV ротаций севооборота). Повторность вариантов в опыте 3-кратная, размещение рендомизированное. Изучение содержания подвижных фосфатов почвы проводили в посевах овса сорта Дэнс V ротации севооборота в 2014 г.

Почва опыта дерново-подзолистая среднесуглинистая (суглинок средний песчано-крупнопылеватый) на некарбонатной покровной глине. Агрохимические показатели перед закладкой следующие: pH_{KCl} – 4,4–4,5, S-17,0–19,0 мг-экв/100 г; Нг-5,1; $H_{об.}$ – 0,070–0,160 мг-экв/100 г; V – 77–79 %; гумус (по Тюрину) – 2,49–3,12 %; P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову), соответственно, 40–62 и 68–107 мг/кг. В настоящее время почва в контрольном варианте опыта сильнокислая – pH_{KCl} 4,3–4,4. Обменная кислотность пахотного слоя, как и перед закладкой опыта, представлена в основном обменным водородом ($H_{об.}$ – 0,090 мг-экв/100 г, Al – 0,020 мг-экв/100 г). Содержание обменных форм кальция (15,3–16,3 мг-экв/100 г) и магния (3,0–3,2 мг-экв/100 г) высокое.

Химические анализы почвы выполнены с использованием общепринятых методов: гумус – по Тюрину, pH_{KCl} – потенциометрически, Нг – по Каппену, $H_{об.}$ и Al – по Соколову, S – по Каппену-Гильковицу, обменные Ca и Mg – трилонометрически, подвижный фосфор и обменный калий – по Кирсанову.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов с использованием пакетов прикладных программ SPSS -16,0.

Результаты и их обсуждение. К концу V ротации севооборота исследуемая почва в слоях 0-20 и 20-40 см в вариантах с разными дозами первично и периодически внесенной извести имела сильно- и среднекислую реакцию среды; pH_{KCl} в верхнем слое почвы – от 4,4 до 4,9, в нижележащем слое – 4,0-5,1. Реакция почвенной среды в слое почвы 20-40 см по сравнению с верхним (0-20 см) слоем была более кислой. В слоях почвы 0-20 и 20-40 см сохранялось преимущество в снижении кислотности более высоких доз извести, где pH_{KCl} на 0,4-0,5 ед. выше, чем в вариантах без извести.

В результате использования пашни в течение пяти ротаций севооборота без применения удобрений и извести содержание подвижного фосфора в опыте по сравнению с исходной почвой мало изменилось – осталось в пределах одной группы обеспеченности (средняя обеспеченность), что свидетельствует о способности почвы поддерживать определенный уровень подвижных фосфатов в течение длительного времени (табл. 1).

Аналогичные данные получены в других исследованиях [13, 14]. Восполнение использованных растениями запасов подвижного фосфора происходило, вероятно, за счет трансформации менее подвижных соединений фосфатов в более подвижные. Кроме того, растения активно использовали фосфор подпахотных слоев почвы.

Кислая реакция почвенной среды в опыте не способствовала снижению содержания подвижных фосфатов. Очевидно, высокое содержание обменных форм кальция и магния в почве опыта препятствовало переходу подвижного фосфора в осаждаемые формы. В других опытах Пермского НИИСХ [17, 18] кислая среда также не вызывала осаждения подвижных форм фосфора.

1. Изменение содержания подвижного фосфора в почве (слой 0-20 см) за ротации севооборота

Вариант опыта	Содержание P_2O_5 , мг/кг					Изменение за 5 ротаций севооборота, мг/кг
	перед закладкой опыта	в конце I ротации	в конце II ротации	в конце IV ротации	в конце V ротации	
0	55	53	56	51	61	6
$CaCO_3 0,5 Нг$ ч.р.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	63	-
$CaCO_3 0,5 Нг$	50	52	78	65	64	14
$CaCO_3 0,5 Нг + 0,5 Нг$	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	76	-
$CaCO_3 1,0 Нг$	40	54	52	55	71	31
$CaCO_3 1,0 Нг + 0,5 Нг$	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	73	-
$CaCO_3 1,5 Нг$	57	77	74	>>	78	21
$CaCO_3 1,5 Нг + 0,5 Нг$	Н.д.	Н.д.	Н.д.	>>	79	-
$CaCO_3 2,0 Нг$	53	64	74	>>	75	22
$CaCO_3 2,5 Нг$	42	66	78	>>	78	36
HCP_{05}					20	

Накопления подвижных фосфатов в V ротации под влиянием известкования в пахотном слое по сравнению с контрольным вариантом не произошло – изменения в содержании находились в пределах HCP_{05} (см. табл. 1). Существенное влияние известкования на содержание подвижного фосфора выявлено во II ротации севооборота в варианте с дозой извести 0,5 Нг, более высокие дозы извести не способствовали дальнейшему росту этого показателя [16].

Рассматривая влияние реакции почвенной среды на содержание подвижного фосфора в многолетней динамике, следует отметить, что наибольшее положительное действие она оказала через год после внесения извести ($r^2 = 0,58$). В последующие годы из-за подкисле-

ния почв влияние pH_{KCl} на содержание подвижного фосфора ослабевало [16]. В V ротации севооборота выявлена средняя теснота связи между pH_{KCl} и содержанием подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см ($r = 0,61 \pm 0,19$, $n = 20$), в слое 20 – 40 см – связь слабой тесноты ($r = 0,16 \pm 0,23$, $n = 20$).

Динамика подвижного фосфора в течение вегетационного периода 2014 г. слабо выражена в слоях почвы 0-20 и 20-40 см. В отдельных вариантах наблюдалось более активное потребление фосфатов растениями, в других – менее активное.

Концентрация фосфора в почвенном растворе в сезонной динамике подвержена резким колебаниям. В фазе кущения в слое почвы 0-20 см отмечена повышенная обеспеченность фосфором, в слое 20-40 см – средняя (табл. 2). В фазе выметывания произошло резкое снижение содержания легкодоступного для растений фосфора по сравнению с фазой кущения, что связано с использованием фосфора растениями. Перед уборкой урожая содержание легкодоступного фосфора стало возрастать (ввиду сокращения потребления растениями), особенно в верхнем слое почвы.

2. Подвижность фосфора по фазам развития овса, мг/л

Вариант опыта	Кущение	Выметывание	Восковая спелость	Кущение	Выметывание	Восковая спелость
	0–20 см			20–40 см		
0	0,27	0,05	0,09	0,15	0	0
$CaCO_3 0,5 Нг$ ч.р.	0,28	0	0,04	0,14	0	0
$CaCO_3 0,5 Нг$	0,25	0	0,06	0,15	0	0
$CaCO_3 0,5 Нг + 0,5 Нг$	0,14	0,02	0,16	0,19	0	0,02
$CaCO_3 1,0 Нг$	0,25	0,13	0,14	0,16	0,03	0,02
$CaCO_3 1,0 Нг + 0,5 Нг$	0,24	0,16	0,11	0,15	0	0,01
$CaCO_3 1,5 Нг$	0,24	0,06	0,14	0,17	0	0,04
$CaCO_3 1,5 Нг + 0,5 Нг$	0,22	0	0,10	0,12	0,07	0,01
$CaCO_3 2,0 Нг$	0,26	0,02	0,08	0,13	0,08	0,01
$CaCO_3 2,5 Нг$	0,24	0,06	0,19	0,18	0,05	0,03
HCP_{05}	0,24	0,11	0,08	0,09	0,01	$F\phi < F_T$

Изменения концентрации фосфат-ионов в почвенном растворе в слоях почвы 0-20 и 20-40 см не зависели от изучаемых вариантов опыта (находились в пределах HCP_{05}).

Заключение. В конце V ротации севооборота действие извести, внесенной перед закладкой опыта и во II и IV ротациях, продолжало существенно влиять на почвенную кислотность. Кислая среда не вызывала снижение содержания подвижных фосфатов в исследуемой дерново-подзолистой почве. Количество подвижных фосфатов под влиянием последствия различных доз извести в V ротации севооборота существенно не изменялось. Реакция почвенной среды в слое почвы 0-20 см находилась в средней корреляционной связи с содержанием подвижных фосфатов, в слое 20-40 см – в слабой. Сезонная динамика лабильных фосфатов в слоях почвы 0-20 и 20-40 см не выражена. Концентрация фосфат-ионов в почвенном растворе (степень подвижности фосфатов) из-за потребления растениями снижалась, независимо от вариантов опыта, от фазы кущения к выметыванию, а к концу вегетации растений повышалась.

Литература

1. Адрианов С.Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрения. - М.: ВНИИА, 2004. – 296 с.
2. Аканова Н.И. Агроэкологическая и энергетическая эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями: Авто-

реф. дис....докт. биол. наук.- М., 2001. – 36 с. 3. Андрианов А.А. Эффективность сочетания доз извести и минеральных удобрений на дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах Чувашской АССР: Автореф. дис. ...канд.с.-х. наук. – М.,1985. – 26 с. 4. Ваулин А.В., Коваленко А.А., Варламов В.А. Изменение фосфатного режима дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почвы без внесения фосфорных удобрений // Агрохимический вестник. – 2013. – № 3. – С. 8-10. 5. Волосатова Е.А. Подвижность и доступность растениям остаточных фосфатов удобрений при известковании дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы: Автореф. дисс....канд. с.-х. наук. – СПб-Пушкин, 2005 – 28 с. 6. Гомонова Н.Ф. Эколого-агрохимические функции удобрений при их длительном применении (50 лет) в агроценозе на дерново-подзолистой почве: Автореф. дисс.... докт. биол. наук. – М., 2010. – 48 с. 7. Елькина Г.Я. Эколого-агрохимические особенности минерального питания и продуктивность сельскохозяйственных культур на подзолистых почвах европейского Северо-Востока: Автореф. дисс....докт.с.-х.наук. – Пермь, 2006. – 50 с. 8. Кайгородов Н.Т. 50 лет агрохимической службе Пермского края. – Пермь, 2014. – 52 с. 9. Каличкин В.К., Минина И.Н. Влияние известкования на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборотов // Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. – С.85 – 91. 10. Кедров-Зихман О.К. Известкование почв и применение микроэлементов. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 432 с. 11. Кирпичников Н.А., Андрианов С.Н. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при различной степени известкования // Агрохимия. – 2007 – № 10. – С. 14 – 23. 12. Кирпичников Н.А., Шильников И.А., Аканова Н.И., Чернышкова Л.Б. Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы в зависимости от применения известковых и фосфатных удобрений // Плодородие.- 2014. – № 4. – С. 21 -23. 13. Кобзаренко В.И. Известкование и мобилизация фосфатов дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности // Агрохимия. – 1999.- № 6.- С.5 -15. 14. Кобзаренко В.И., Батура И.Н. Прогнозирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв // Агрохимический вестник. – 2009. – № 1. – С. 29 -31. 15. Кукреш Н.П. Эффективность известкования и удобрений на изменение агрохимических свойств почвы и урожай сельскохозяйственных культур // Известкование кислых почв и применение микроудобрений. – Жодио, 1979.- С. 66-78. 16. Митрофанова Е.М. Влияние известкования в зависимости от уровня минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора дерново-подзолистых почв Предуралья //

Доклады РАСХН. – 2010. – № 3. – С. 33 – 35. 17. Митрофанова Е.М. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы Предуралья //Плодородие. – 2014. – № 4. – С.19 -21. 18. Митрофанова Е.М., Васбиева М.Т. Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы при длительном применении органических и минеральных удобрений// Агрохимия.- 2014. – № 9. – С. 13-19. 19. Михайлова Л.А., Дербенева Л.В. Влияние известкования на фосфатный режим дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2007. – № 10 – С. 28-32. 20. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв – СПб: ЛНИИСХ, 2005.-252 с. 21. Никитиш В.И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии – М.: Наука, 1984. – 216 с. 22. Окорков В.В., Григорьев А.А. Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства серой лесной почвы Владимирского Ополя и продуктивность культур севооборота // Агрохимия. – 1997 – № 2 – С. 20 – 25. 23. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Амергузин Х.А., Платонов И.Г., Садуакасов Н.М. Комплексная оценка почв фосфатами // Известия ТСХА. – 2004. – Т 1. – С. 3-15. 24. Сычев В.Г., Кирпичников Н.А. Приемы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях. – М.: ВНИИА, 2009. – 176 с. 25. Шильников И.А. Агрохиммелиорация – основа для применения удобрений // Плодородие. – 2006. – № 5 – С. 24 -25. 26. Curtin D., Smillie G.W. Influence of liming on soluble and labile P in fertilized soil // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 1984. -V. 15.- Issue 2. -P. 177-188. DOI:10.1080/00103628409367465. 27. Curtin D., Syers, J. K. Lime-induced changes in indices of soil phosphate availability // Soil Science Society of America Journal. – 2001. – V. 65. – Issue 1. – P. 147-152. doi:10.2136/sssaj2001.651147x. 28. Naidu R., J. K. Syers, R. W. Tillman and J. H. Kirkman. Effect of liming on phosphate sorption by acid soils //Journal of Soil Science. – 1990.-V. 41. – Issue 1.- P. 165 – 175. Article first published online: 28 JUL 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1990.tb00054.x. 29. Osei B.A. Effects of different lime application rates and time on some chemical properties of an acid soil in Ghana // Soil Use and Management. – 2007. – V. 11. – Issue 1. – P. 25-29. 30. Viadé A., Fernández-Marcos M. L., Nistal J.H., Alvarez E. Effect of Limestone of Different Sizes on Soil Extractable Phosphorus and Its Concentrations in Grass and Clover Species // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2010.- V. 42. – Issue 4. – P. 381 – 394. DOI:10.1080/00103624.2011.542224. Published online: 06 Feb 2011.

CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS DEPENDING ON LIMING OF SODDY-PODZOLIC SOILS IN THE CIS-URALS

E.M. Mitrofanova

Perm Agricultural Institute, ul. Kul'tury 12, Lobanovo, Perm oblast, 614532 Russia, E-mail: pniish@rambler.ru

The aftereffect of different lime rates on the content of mobile phosphorus in soddy-podzolic soil in cycle V of crop rotation has been studied. The original level of mobile phosphates, which corresponded to the average level of supply was maintained in the studied soil for 35 years without application of fertilizers and lime material. It has been found that high rates of lime continued to have a positive effect on soil acidity, where pH_{KCl} was higher than in the control by 0.4–0.5. The content of labile phosphates in the soil and the concentration of phosphorus in the soil solution are independent on the aftereffect of lime.

Keywords: soddy-podzolic soils, liming, pH_{KCl} , labile phosphorus, degree of phosphate lability.