

ОСОБЕННОСТИ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ФЕРРАЛЛИТИЗАЦИИ И ГУМУСИРОВАННОСТИ

Тавареш Жоаким, В.И. Савич, Д.Н. Никиточкин, М.М. Кузелев, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Показано, что в ферраллитных почвах Анголы преобладают фосфаты железа, содержание подвижных фосфатов положительно коррелирует с содержанием гумуса и отрицательно – с содержанием подвижных форм железа, кальция, магния. Кинетика и депонирующая способность почв была выражена слабее, чем для черноземов, однако тепловой эффект сорбции был выше. В пахотных почвах содержание подвижных фосфатов убывало вниз по профилю.

Ключевые слова: фосфаты, ферраллитизация, кинетика, депонирующая способность почв.

Фосфатное состояние почв – важный параметр, определяющий плодородие и экологическое состояние почв. В значительной степени это обусловлено энергетическими функциями фосфатов в процессах метаболизма растений и микроорганизмов. Наиболее полную картину такого состояния дает комплексная оценка поведения фосфатов в почвах с определением факторов емкости (фракционного состава соединений фосфатов), интенсивности (прочности связи фосфатов с твердой фазой почв), фактора кинетики (скорости перехода фосфатов из твердой фазы в раствор), а также буферных свойств почв в отношении фосфатов. Важным параметром характеристики фосфатного состояния почв является и оценка депонирующей (возобновляющей) способности почв по отношению к фосфатам [1].

Указанные параметры в значительной степени зависят от гранулометрического и минералогического состава почв, степени гумусированности, содержания подвижных, в разной степени окристаллизованных, форм соединений железа и алюминия, кальция и магния, pH и Eh среды [2].

Как правило, величина оптимального содержания подвижных фосфатов в почвах возрастает с утяжелением гранулометрического состава, при наличии в почве повышенного содержания аморфных и слабоокристаллизованных соединений железа и алюминия, при кислой и щелочной реакциях среды, при развитии восстановительных условий, при меньшей селективности корневых систем выращиваемых растений к фосфатам. С увеличением степени гумусированности почв прочность связи фосфатов с почвой чаще уменьшается. Это соответствует и меньшему значению оптимума связи подвижных форм фосфатов с почвой [3]. Доступность фосфатов растениям резко уменьшается и при температурах ниже 10°C.

Однако взаимосвязь указанных параметров, определяющих фосфатное состояние, для отдельных почв и регионов неоднозначна. Слабо исследованы и зависимости фосфатного состояния почв от степени их гумусированности и ферраллитизации [3].

Объектом исследования выбраны ферраллитные почвы Анголы, развитые под лесной растительностью и на пахотных угодьях (P-1, P-2, P-3), и для сравнения выщелоченный чернозем (P-1 – нормального увлажнения, P-2 – повышенного увлажнения в западной яблоневого сада) [4].

Для почв Анголы характерны высокое содержание полуторных оксидов, преобладание в минералогическом составе каолинита при наличии гетита и гематита, кислая и слабокислая реакция среды, небольшая емкость поглощения катионов и повышенная емкость поглощения анионов. Для черноземов характерны преобладание в минералогическом составе монтмориллонита, высокие гумусированность и емкость поглощения катионов.

Методика. Состояла в определении в исследуемых почвах фракционного состава соединений фосфатов [2], депонирующей способности почв по отношению к фосфатам [1], кинети-

ки вытеснения фосфатов из почв растворами десорбентов [3]. В образцах почв определены содержание положительно и отрицательно заряженных соединений фосфатов [5], тепловые эффекты сорбции фосфатов почвами [6]. Методом компьютерной диагностики оценена цветовая гамма почв и космических снимков [3]. Для оценки функциональных групп органического вещества почв проанализированы инфракрасные спектры почв, а для оценки содержания в почвах гидроксидов Fe и Al изучены дериватограммы почв [2].

Экспериментальная часть. 1. Подвижность фосфатов в почве в значительной степени определяется содержанием подвижных форм Fe, Ca, Mg. Нами проводилось определение этих элементов в вытяжке $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ с pH 4,8. Соотношение почва – десорбент = 1:5 (5 г + 25 мл).

Содержание подвижных соединений кальция, магния, железа различно в разрезах 1, 2, 3 пахотных и лесных угодий. В пахотной почве (P-1) содержание подвижных форм Ca составляет в верхних горизонтах $7,8 \pm 0,9$ мг/100 г; Mg – $9,9 \pm 4,7$; Fe – $0,25 \pm 0,05$; в нижних горизонтах Ca – $1,5 \pm 0,5$; Mg – $4,3 \pm 0,05$; Fe – $0,7 \pm 0,1$ мг/100 г. В разрезе 2 в целом по профилю до 50 см Ca – $2,4 \pm 0,3$; Mg – $4,2 \pm 0,4$; Fe – $0,25 \pm 0,05$ мг/100 г.

В лесных почвах Анголы в разрезе 1 содержание кальция, магния, железа в верхних слоях составляет: Ca – $9,1 \pm 0,4$; Mg – $13,4 \pm 0,9$; Fe – $4,1 \pm 1,8$ мг/100 г; в нижних горизонтах: Ca – 4,6; Mg – 8,6; Fe – 6,0 мг/100 г. В разрезе 2a содержание в верхних слоях составляет: Ca – $8,4 \pm 2,7$; Mg – $12,1 \pm 5,2$; Fe – $0,22 \pm 0,05$ мг/100 г. В нижних слоях Ca – $1,7 \pm 0,1$; Mg – $4,3 \pm 0,4$; Fe – $0,22 \pm 0,05$ мг/100 г. В разрезе 3a содержание по профилю Ca составляет: $27,3 \pm 0,3$; Mg – $10,4 \pm 1,0$; Fe – $1,9 \pm 0,3$ мг/100 г.

Таким образом, максимальное содержание аморфного железа отмечено в лесной почве разрезов 1 и 3. В пахотных почвах разрезов 1 и 2 содержание его невелико.

Наибольшее количество подвижных форм кальция и магния отмечено в разрезе 3. В лесных почвах содержание кальция и магния выше, чем в пахотных. В разрезах 1 и 2 оно уменьшается вниз по профилю.

Наличие в почвах Анголы повышенного количества железа подтверждается и их цветовой гаммой, определенной методом компьютерной диагностики. Так, цветовая гамма в системе RGB (где R – красный цвет) характеризуется интенсивностью R для разреза 1 величиной $168,7 \pm 13,7$; для разреза 2 – $132,5 \pm 21,6$; для разреза 3 – $153,2 \pm 12,4$. Цветовая гамма красно-бурой почвы по космическим снимкам характеризуется величиной R = $151,1 \pm 5,8$; а черной тропической почвы – $90,7 \pm 2,6$.

2. Изучение фракционного состава фосфатов в почве показало, что в черноземах содержание подвижных форм фосфатов убывает с глубиной, преобладают Fe-фосфаты. В почве разреза 2, находящейся в более увлажненных условиях, больше рыхлосвязанных фосфатов, Ca-фосфатов и Al-фосфатов.

В почвах Анголы также преобладают в основном Fe-фосфаты, однако в лесных почвах значительно больше доля Ca-фосфатов. Вниз по профилю содержание рыхлосвязанных фосфатов в основном уменьшается – $1,85 \pm 0,8$ мг/100 г по сравнению с $2,3 \pm 0,8$ в верхнем слое. В пахотных почвах вниз по профилю уменьшается содержание Ca-фосфатов – $1,5 \pm 0,5$ мг/100 г по сравнению с $6,1 \pm 2,8$ в Ап. В целинных почвах противоположная зависимость – $12,1 \pm 3,6$ в A_1 и $18,2 \pm 3,5$ мг/100 г в A_2 .

3. Сорбционные свойства почв по отношению к фосфатам характеризуются тепловым эффектом сорбции фосфатов почвами [6].

По полученным данным, тепловой эффект сорбции фосфатов почвами был для почв Анголы и чернозема (P-1) положительным, для пахотного слоя чернозема (P-2) – отрицательным, достигая 1-1,3⁰С.

При сорбции фосфатов верхним горизонтом лесных почв Анголы тепловой эффект в основном был ниже (0,23±0,06 через 20 сек и 0,30±0,11 через 180 сек), чем для более глубокого слоя 0,40±0,10 через 20 сек и 0,70±0,30⁰С через 180 сек).

Положительный тепловой эффект сорбции фосфатов почвами Анголы был выше, чем для чернозема через 180 сек., соответственно, 0,2 и 0,70±0,30⁰С.

4. Изучение кинетики вытеснения фосфатов из почв проводилось при взаимодействии 10 г почв с 200 мл 0,1н. НС1. Пробы отбирали через 10 мин, 1 ч, 24 ч, 6 дней. Соотношение количества фосфатов, вытесняющихся из почв за 6 дней и 10 мин, составило для чернозема 6,6, для дерново-подзолистой почвы – 3,7, для верхних горизонтов пахотных почв Анголы 2,3±0,5, для лесных почв – 1,1±0,09.

Большая зависимость вытеснения фосфатов из почв от времени взаимодействия обусловлена преобладанием в черноземах минералов группы монтмориллонитов, склонных к интрамицеллярному поглощению. В почвах Анголы преобладает каолинит при наличии гиббсита и гетита.

5. Содержание фосфатов в почвенном растворе определяется эффективной растворимостью имеющихся осадков, эффективными константами устойчивости фосфатных комплексов и эффективными константами ионного обмена фосфатов из потенциалоопределяющего слоя мицеллы на другие анионы. Однако эта величина не полностью характеризует содержание подвижных фосфатов в твердой фазе почв. Для оценки данного показателя используют методы радиоактивных индикаторов и последовательного вытеснения фосфатов из почв возрастающими объемами десорбента.

Нами проводилась десорбция фосфатов из 5 г почв Анголы: последовательно 25 мл 0,05н. НС1, затем 100 мл, затем опять 100 мл и еще 100 мл. При этом каждую порцию десорбента приливали к почве после отделения от нее путем фильтрации предыдущей фракции.

Как установлено предыдущими исследованиями [1], при использовании данной методики сначала растворяются наиболее растворимые осадки, и концентрация фосфатов в растворе становится выше. Затем начинают растворяться менее растворимые осадки, и концентрация фосфатов в растворе ступенчато падает.

С нашей точки зрения, депонирующую способность почв целесообразно выражать в уменьшении концентрации P₂O₅ в растворе при приливании возрастающего количества десорбента (фактор интенсивности) и в общем количестве фосфа-

тов, вытесненных из почв последовательными порциями десорбента (фактор емкости).

По полученным данным, большая концентрация фосфатов в растворе 0,05н. НС1 была характерна для разреза 1 (больше в пахотной почве и меньше в лесной, убывая и в том, и в другом случае с глубиной). Наименьшая концентрация фосфатов в растворе отмечалась для разреза 3. Концентрация фосфатов в растворе в последней фракции десорбента (мг/л) была для разреза 1 в 1,5 раза меньше, чем в 1-й фракции; для лесной почвы разреза 2 в 5 раз меньше. Это свидетельствует о меньшей депонирующей способности последней по отношению к фосфатам.

Результаты химической автографии почв на основе электролиза показали наличие фосфатов в изучаемых почвах в виде положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений.

Данные инфракрасной спектроскопии подтвердили повышенное содержание органического вещества в лесных почвах по сравнению с пахотными и уменьшение его с глубиной. Существенно различалось и соотношение функциональных групп. Данные дериватографии по потере массы в области -100⁰С подтвердили эти закономерности, а по пику в области 360⁰С показали значительную долю в почвах минералов группы гидроксидов.

Таким образом, с точки зрения фосфатного состояния почв, изученные почвы Анголы характеризуются низким валовым содержанием P₂O₅. В разрезе 1 повышенное содержание подвижного железа, в разрезе 3 повышенное содержание подвижного кальция. В почвах преобладают фосфаты железа, общее содержание подвижных фосфатов и Са-фосфатов в пахотных почвах уменьшается вниз по профилю. В изученных ферраллитных почвах тепловой эффект сорбции фосфатов выше, чем в черноземах, однако кинетика вытеснения из почв 0,1н. НС1 выражена слабее. Оценка депонирующей способности почв по отношению к фосфатам выявила более высокие ее показатели для почвы разреза 1 и более низкие – для лесной почвы разреза 2.

Литература

1. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Платонов И.Г. Комплексная оценка обеспеченности почв фосфатами// Изв. ТСХА. - 2004. - №1. - С. 1-13.
2. Савич В.И., Шишов Л.Л., Амергужин Х.А., Норовсүрэн Ж. Агрономическая оценка и методы определения агрохимических и физико-химических свойств почв. - Астана, 2004. - 620 с.
3. Савич В.И., Тавареш Ж.Д. Фосфатное состояние почв тропиков и субтропиков. - М.: ВНИИА, 2013. - 156 с.
4. Трунов Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони. - Мичуринск: Научоград РФ, Воронеж: Кварта, 2010. - 400 с.
5. Савич В.И., Трубицина Е.В., Докучаев В.С. Оценка состояния системы почва-растение по содержанию и соотношению положительно и отрицательно заряженных соединений// Почвоведение. - 1990. - №6. - С. 61-73.
6. Савич В.И., Амергужин Х.А., Хусейн Х.А. Оценка сорбционных свойств почв на основе тепловых эффектов взаимодействия сорбатов с почвой// Изв. ТСХА. - 1998. - Вып.4. - С. 70-77.

PHOSPHATE STATUS OF SOILS WITH DIFFERENT DEGREES OF FERRALLITIZATION AND HUMIFICATION

Joaquim Tavares, V.I. Savich, D.N. Nikitochkin, M.M. Kuzelev
Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy,
Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia

It has been shown that iron phosphates prevail in ferrallitic soils of Angola; the content of mobile phosphates positively correlates with the content of humus and negatively correlates with the contents of mobile iron, calcium, and magnesium. The kinetics and depositing capacity of soils were less manifested than for chernozems; however, the heat effect of sorption was higher. In arable soils, the content of mobile phosphates decreased down the profile.
Keywords: phosphates, ferrallitization, kinetics, depositing capacity of soils.