

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ОГЛЕЕНИИ И ВНЕСЕНИИ ВЫСОКИХ ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

В.И.Савич¹, Р.Ф.Байбеков², Д.Н.Никиточкин¹, М.М.Кузелев¹, ¹РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, ²ВНИИА

Показано, что избыточное увлажнение нижних горизонтов дерново-подзолистых почв приводит к увеличению доли фосфатов железа и алюминия и к уменьшению их подвижности. Высокие дозы органических удобрений усиливают развитие восстановительных процессов и закрепление фосфатов, а также блокируют фосфаты в твердой фазе, покрывая их органической пленкой.

Ключевые слова: плодородие, фосфаты, избыточное увлажнение почв.

Избыточное увлажнение почв и внесение больших доз органических удобрений приводят к существенному изменению фосфатного режима почв. При этом, с одной стороны, увеличение гумусированности почв и внесение органических удобрений вызывают увеличение подвижности фосфатов в связи со связыванием в комплексы соединений кальция, магния, железа, алюминия [2, 4, 5]. С другой стороны, органические пленки могут блокировать фосфаты, поглощенные твердой фазой, и уменьшать их подвижность [1]. Избыточное увлажнение почв увеличивает количество подвижных соединений железа, марганца, алюминия и, в частности, закисных соединений железа и марганца, связывающих фосфаты. При этом подвижность фосфатов возрастает.

Однако при развитии затем окислительных условий при высыхании почв подвижность и доступность фосфатов резко падают [6]. Развитие этих процессов в глубине почвенного профиля практически не учитывают при оценке плодородия почв, но они имеют большое значение при оценке плодородия почв под плодовые культуры, в частности, яблони [7, 2].

Объект исследования – дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Мичуринского сада РГАУ-МСХА и аналогичные хорошо окультуренные почвы под яблоней участка Нарофоминского района Московской области.

Методика исследования состояла в оценке состояния яблони, в определении свойств почв и фракционного состава фосфатов общепринятыми методами.

На подвижность фосфатов в почвах в значительной степени влияет избыточное увлажнение почв, которое приводит к развитию восстановительных процессов и в большей степени при более высокой температуре. Так, при компостировании дерново-подзолистой почвы 40 дней при оптимальной влажности величина Eh составляла при 18°C – 556 мВ, а при 40°C – 530 мВ. При компостировании почв при избыточной влажности Eh равнялась: при 2°C – 9 мВ, при 18°C – 169, при 40°C – 189 мВ [2].

По полученным данным, в слабоокультуренной дерново-подзолистой почве при оптимальном увлажнении количество рыхлосвязанных форм отрицательно заряженных комплексных соединений железа составило 34,5 мкг/см², положительно заряженных – 38,1. При избыточном увлажнении эти величины были, соответственно, 42,9 и 44,7 мкг/см², т.е. выше [2].

Уменьшение содержания усвояемых форм P₂O₅ с развитием анаэробизиса, увеличение доли Fe, Mn, Al-фосфатов убедительно показано И.С. Кауричевым [3]. Увеличение степени гумусированности почв повышает емкость поглощения почв, связывает соединения железа, марганца и алюминия в комплексы, что увеличивает подвижность фосфатов. Однако при очень высокой степени гумусированности и при внесении органических удобрений после внесения фосфатов и поглощения их почвой органические соединения блокируют фосфаты в твердой фазе почв и уменьшают их подвижность. Так,

например, по полученным данным, на дерново-подзолистой почве при pH 6,3±0,1 и содержании гумуса 2,4±0,1% содержание подвижных форм P₂O₅ составляло 638±13,6 мг/кг, а при содержании гумуса 3,1±0,1% – всего 170,0±1,0 мг/кг [1].

Однако при увеличении содержания гумуса до определенных пределов содержание подвижных форм P₂O₅ возрастало, отношение водорастворимых Fe:Ca падало. Так, при содержании гумуса 1,68±0,06 % и pH 5,7 содержание водорастворимого фосфора составляло 0,19±0,05 мг/л; подвижного фосфора – 15,7±2,6 мг/100 г; отношение Fe:Ca = 0,56±0,16. При содержании гумуса 3,42±0,18% содержание водорастворимых форм P₂O₅ возрастало до 0,36±0,07 мг/л, подвижных форм – до 56,3±18,7 мг/100 г; отношение водорастворимых форм Fe:Ca составляло 0,006±0,002.

При этом, согласно проведенным исследованиям, влияние гумусированности и органических удобрений на подвижность в почвах фосфатов зависело от комплексобразующей способности органического вещества и очередности его внесения в почву (до или после внесения фосфатов).

В то же время, внесение органических удобрений приводит к увеличению степени гумусированности более глубоких горизонтов почв и к поглощению фосфатов из этих слоев [5]. По полученным данным, при окультуривании почв при оптимизации всех звеньев систем земледелия увеличиваются урожайность культур, корневая масса растений, глубина проникновения корней. Это приводит к более интенсивному развитию дернового процесса почвообразования и биохимического выветривания. В результате протекания этих процессов в верхних горизонтах увеличивается содержание подвижных фосфатов и, несмотря на отрицательный баланс по фосфору, содержание P₂O₅ в A_n не падало.

Так, в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при низком плодородии без внесения удобрений содержание подвижных форм P₂O₅ было в 1967 г. – 3,3 мг/100 г, а в 2000 г. – 3,2; при среднем плодородии без внесения удобрений, соответственно, 17 и 14 мг/100 г, при высоком плодородии, соответственно, 30 и 20 мг/100 г. При этом баланс фосфора за эти годы под разными культурами составлял для хорошо окультуренной почвы без удобрений от -6,4 до -18,8 кг/га. Баланс фосфатов на этой почве при внесении удобрений на использование растениями 3% ФАР составлял – 2,6 кг/га, а содержание фосфатов за 1967-1984 гг. практически не изменилось (30 мг/100 г).

Аналогичные тенденции наблюдают и при оценке фосфатного режима под плодовые культуры, когда значительная доля корней развивается не в пахотном, а в более глубоких горизонтах почвы. Полевые исследования на тестовых участках показали угнетение корней на глубине развития глеевых горизонтов и гибель взрослых деревьев яблони при достижении корневыми системами горизонта с ярко выраженным сизо-охристым цветом.

Фракционный состав фосфатов в изучаемых почвах приведен в таблице.

Разрез 1 заложен на хорошо окультуренной оглеенной дерново-подзолистой почве участка Нарофоминского района с видимыми признаками сильного оглеения с глубины 50 см под погибшей яблоней. Разрез 3 заложен в Мичуринском саду РГАУ-МСХА на дерново-подзолистой оглеенной почве под молодыми саженцами яблони при очень большом количестве

торфо-навозного компоста в A_n и при оглеении в горизонтах A_2 и A_2B . Как видно из представленных данных, в обоих разрезах отмечается элювиально-иллювиальное распределение фосфатов по почвенному профилю.

Фракционный состав фосфатов в дерново-подзолистых почвах разной степени гидроморфности

№ разреза, горизонт	Фракции фосфатов по Чангу-Джексоу, мг/100 г почвы			
	рыхлосвязанные фосфаты	фосфаты алюминия	фосфаты железа	фосфаты кальция
P-1, A_n	1,9	1,4	64,1	17,6
A_1	3,5	1,3	41,6	19,3
A_2Bg	3,8	1,3	26,6	17,3
B_2	6,7	1,6	8,3	10,2
B_g	4,2	1,9	30,4	14,7
BC_g	7,7	1,3	25,3	13,4
P-3, A_n	11,8	1,6	76,9	24,0
A_2g	2,4	0,9	51,2	11,2
A_2Bg	5,4	1,3	6,7	7,1
B_1	2,6	1,6	48,1	5,1
B_2	6,1	1,5	6,4	3,8

Для таежно-лесной зоны при промывном типе водного режима увеличение степени гумусированности верхнего слоя приводит к большей массе образующихся фульвокислот и к образованию даже более мощного, чем в слабокультуренных почвах, горизонта A_2 . Однако верхняя граница этого горизонта находится, как правило, на большей глубине. Для почв характерно большее содержание фосфатов, железа, как в верхнем слое, так и в горизонтах B ($P-3$), Bg и BCg ($P-1$). Аналогичная тенденция отмечена и для распределения фосфата алюминия.

Увеличение в оглеенных почвах доли фосфатов железа приводит к меньшей их усвояемости и к энергетическому дефициту. Это обусловлено, как меньшим поступлением фосфатов в растения и частичным ингибированием энергетических циклов, так и восстановительными условиями (гипоксией). Органические лиганды небольшой молекулярной массы, поступающие в растения, участвуют в процессах конкурирующего комплексобразования с продуктами метаболизма растений [4], что может затруднить передвижение фосфатов из корней в листья.

Так, по полученным нами данным, при хорошем состоянии посевов озимой пшеницы на изучаемых почвах содержание отрицательно заряженных соединений фосфатов в корнях было $21,6 \pm 10,0$ мг/100 г, в листьях $6,9 \pm 3,0$, в посевах плохого состояния, соответственно, $26,7 \pm 14,5$ и $11,6 \pm 6,2$ мг/100 г. Содержание положительно заряженных комплексных соедине-

ний фосфатов было при хорошем состоянии посевов в корнях $2,8 \pm 1,1$ мг/100 г, в листьях $0,7 \pm 0,1$; при плохом состоянии посевов в корнях $4,0 \pm 1,6$, в листьях $0,9 \pm 0,3$ мг/100 г. То есть положительно заряженные комплексные соединения фосфатов при плохом состоянии посевов труднее поступали из корней в листья.

Как известно [8], повышение содержания фосфатов в корнях может блокировать поступление цинка в листья яблонь и вызывает развитие розеточности. С нашей точки зрения, избыточное содержание железа, марганца, алюминия в почве и в корнях может вызывать меньшее поступление фосфатов из корней в листья и приводить к фосфатному и энергетическому дефициту, в связи с ингибированием системы аденозин-дифосфат – аденозин-трифосфат.

По полученным данным, в продуктах транспирации листьев больных яблонь, развивающихся на дерново-подзолистых грунтово-глееватых почвах, по сравнению с продуктами транспирации листьев здоровых деревьев, было больше содержание железа, калия, марганца. Так, в продуктах транспирации здоровых яблонь содержание Ca составляло $19,9 \pm 6,1$ мг/л; Mg – $18,9 \pm 5,1$; Fe – $0,4 \pm 0,2$; Mn – $0,02 \pm 0,01$; Zn – $1,7 \pm 1,7$; K – $8,8 \pm 2,4$ мг/л. В продуктах транспирации больных яблонь содержание этих катионов составляло: Ca – $11,0$; Mg – $36,7$; Fe – $0,8$; Mn – $0,1$; Zn – $0,9$; K – $27,6$ мг/л.

Литература

1. Духанин Ю.А., Савич В.И., Замараев А.Г. Экологическая оценка взаимодействия удобрений и мелиорантов с почвой. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 324 с.
2. Замараев А.Г., Савич В.И., Сычев В.Г. Энергомассообмен в звене полевого севооборота, ч.2 «Баланс вещества, энергии и информации в звене полевого севооборота на дерново-подзолистых почвах». - М.: ВНИИА, 2005. - 336 с.
3. Кауричев И.С., Савич В.И. Генетическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв// В сб. Почвенные режимы и их экологическая оценка. - М.: МСХА, 2003. - С. 87-115.
4. Карпунин А.И. Комплексные соединения почв – одна из основных форм превращений вещества и энергии в почве// В сб. Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии. - М.: МСХА, 2004. - С. 189-201.
5. Кобзаренко В.И. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв// В сб. Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии. - М.: МСХА, 2004. - С. 210-221.
6. Савич В.И., Кауричев И.С., Шишов Л.Л. Окислительно-восстановительные процессы в почвах, их агрономическая оценка и регулирование. - Кустанай, 1999. - 404 с.
7. Савич В.И., Булгаков Д.С., Вуколов Н.Г., Раскатов В.А. Интегральная оценка плодородия почв. - М.: РГАУ-МСХА, 2010. - 347 с.
8. Трунов Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони. - Мичуринск, Научград РФ, 2010, Воронеж, Кварта. - 400 с.

Change in the phosphate status of soddy-podzolic soils at gleyization and application of high rates of organic fertilizers

V.I. Savich¹, R.F. Baibekov², D.N. Nikitorkin¹, M.M. Kuzelev¹

¹Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia

²Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

It has been shown that the excessive moistening of lower horizons in soddy-podzolic soils increases the portions of iron and aluminum phosphates and decreases their mobility. The high rates of organic fertilizers enhance the development of reductive processes and the fixation of phosphates and block phosphates in the solid phase by covering them with an organic film.

Keywords: fertility, phosphates, excessive moistening of soils.