

УДК 631.851.631.41.631.92

ФОСФОР В ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Мацнев Никита Игоревич

бакалавр

niki-sim@mail.ru

Мацнев Игорь Николаевич

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

min74@mail.ru

Аннотация. Изучены вопросы содержания и трансформации фосфора в почвах центрально-черноземной зоны, а также процесс перехода фосфора в различные формы при внесении основных фосфорных удобрений.

Ключевые слова: фосфорные удобрения, превращения фосфора в почве, выщелоченный чернозем

Фосфор довольно своеобразно участвует в круговороте веществ в природе. Классические исследования академика А.П. Виноградова показали, что в почвах по сравнению с земной корой происходит не уменьшение, а накопление углерода, азота и других элементов. Он установил, что под влиянием жизнедеятельности живых организмов (прежде всего растений), в почве по сравнению с земной корой, то есть с верхними слоями литосферы, содержание углерода увеличилось в среднем в 20 раз, азота – в десять раз [3].

Среди накапливающихся элементов также следует отметить кислород, водород, калий, сера и другие. Это как раз те элементы, которые определяют своим содержанием плодородие почвы. В то же время процесс накопления фосфора в земной коре настолько незначителен, что автор не счел возможным отнести его к числу элементов, которые имеют тенденцию к накоплению в материнских породах и почвах [5, 6, 10]. Поэтому проблема фосфора в современной земледелии является весьма острой, к которой следует относиться с особым вниманием. В работах В.Д. Панникова отмечено, что «фосфор – основа устойчивости земледелия во всех зонах» [11].

Исследования академика А.П. Виноградова показали, что существует определенная закономерность в распределении фосфора в горных породах с большими отклонениями от содержания в земной коре – 0,12 %. Так, в осадочных горных породах содержится много фосфора – до 0,77 %, в средних – 0,16 %, в основных 0,14 %, в ультраосновных – 0,12 %. Естественно содержание фосфора в почвах зависит от характера материнских пород, от их генезиса, химического, минералогического и гранулометрического состава. Например, граниты, гнейсы и сиониты содержат мало фосфора (сотые доли процента), базальты - до 0,5 %, пески - 0,01 – 0,02 %, глины - 0,1 – 0,3 % [3].

Поглощение фосфорной кислоты объясняется её способностью образовывать труднорастворимые фосфаты кальция, железа и алюминия. При этом в нейтральных почвах преобладают первые, а в дерново-

подзолистых и красноземах - фосфаты Al и Fe. Кроме того, фосфор поглощается микроорганизмами почвы, растениями, органическими соединениями гумуса – это органическое поглощение, по сравнению с минеральным оно имеет меньшее значение - в пределах до 50кг/га (считая и культурные растения), что в пересчете на 100 г почвы дает <2,0 мг [8, 13-16].

Запасы фосфора в почве и материнских породах восстанавливаются только внесением удобрений, других источников нет, если не считать мизерного количества приносимого с пылью, к тому же компенсируемых выносам того же количества грунтовыми водами. Подчеркивая это отличие фосфора, Д.Н. Прянишников писал: «Более того, потребность в фосфоре является общей для большей части почв как подзолистой, так и черноземной полосы, для сероземов и латеритных почв влажных субтропиков, в то время как потребность в азоте и калии для разных почв может быть весьма не одинаковой» [12].

Основным источником фосфора в почвах является фосфор материнских пород, которые образовались в результате выветривания горных пород и минералов, в том числе апатитов. В земной коре (верхний слой горных пород и минералов до 6 м) содержится в среднем 0,12% фосфора от общей массы, в материнских породах - 0,08% [2].

П.Г. Адрихин определил в разных породах почв Центрального Черноземья следующее содержание фосфора: четвертичные глины и суглинки - в среднем 0,08% (от 0,06 до 0,15), лессовидные глины – 0,07% (от 0,06 до 0,10%), пески – 0,01% - 0,03%. В почве фосфора содержится примерно 0,20%, иногда до 0,30%. Это результат биологической концентрации переноса фосфора из подстилающих пород корневой системой в листья и стебли растений, и, в конечном счете, в почву, у которой на долю органических фосфатов приходится от 40% до 50% общего содержания [1].

Содержание общего фосфора в почве не является показателем ее плодородия. Важно содержание подвижного фосфора, доступного растениям, хорошо растворимого в воде или слабых кислотах. Растения поглощают

фосфор из раствора в виде ионов $H_2PO_3^-$, HPO_3^{--} , PO_3^{---} , а в небольшом объеме - других фосфат-ионов [9].

Если рассматривать почвы нашей лесостепной зоны, то оптимальное содержание в них подвижного фосфора составляет 180-200 мг/1кг почвы (т.е. 18-20 мг/100г). Низкое содержание фосфора в почве связано не только с плохой растворимостью, но и с энергичным поглощением почвой. Как было выше отмечено, фосфорная кислота в больших количествах поглощается почвой. В связи с этим для повышения содержания на 1 мг/100г почвы требуется сверх выноса культурой внести от 70 до 100 кг P_2O_5 [2, 4].

Знание форм фосфора в почве, группового состава фосфатов разных удобрений – одно из важных условий эффективного их применения. Превращение фосфора в почве зависит и от свойств почвы, в том числе реакции, степени насыщенности основаниями, увлажненности, температурных условий и др. [7].

В нашем лабораторном опыте изучалось превращение фосфора суперфосфата, обесфторенного фосфата, фосфоритной муки в черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом со следующими свойствами: $pH_{KCl} = 4,9$; $Hг = 6,8$ мг-экв; $S = 28,1$ мг-экв на 100г почвы. Компосты были помещены в емкости объемом 0,5 л при влажности 60% от НВ, при этом на 200 г почвы вносилось от 20 до 40 мг P_2O_5 на 100г почвы.

Таблица 1

Групповой состав фосфатов компостов по срокам опыта, мг/100г почвы

Сроки опыта и группы	1 группа - вода				2 группа – уксусная кислота				3 группа – соляная кислота			
	10	месяцев			10	месяцев			10	месяцев		
		1	3	12		1	3	12		1	3	12
Почва	0,19	0,17	0,12	0,48	4,9	4,7	3,9	4,8	6,3	6,2	8,2	7,1
Суперфосфат – 20 мг	4,11	2,65	1,19	0,59	15,8	13,9	14,8	14,9	25,9	24,9	25,4	23,6
Обесфторенный фосфат – 20 мг	1,96	1,05	0,59	0,51	11,8	11,1	11,3	12,1	26,6	26,8	27,8	25,4
Фосфоритная мука – 40 мг	0,28	0,25	0,23	0,26	9,7	9,7	10,6	10,8	19,8	18,1	18,8	19,3

Первая группа фосфатов нашего опыта представлена щелочными солями ортофосфорной кислоты (хорошо растворимыми в воде). В почве таких фосфатов всего 0,2 мг/100г почвы (или 6 кг на 1 гектар). В естественных условиях они обнаруживаются только во влажной почве. Через 10 дней в компостах с суперфосфатом из 20мг/100г почвы извлечено всего около 4 мг (20%) фосфорной кислоты. Суперфосфат содержит водорастворимый фосфор – следовательно, уже за 10 дней было поглощено 80% P_2O_5 , т.е. через год поглотится практически весь фосфор. Обесфторенный фосфат является водонерастворимым удобрением, но в компостах обнаружилось около 2 мг/100г почвы. Это объясняется тем, что при высокой температуре производства удобрений (>1450 °C) апатит частично разрушается с образованием щелочных фосфатов, а они растворимы в воде.

Доступными растениям считаются фосфаты 2-й группы – кислые соли Ca и Mg и часть более основных (трехзамещенных) фосфатов кальция. Из компоста с суперфосфатом извлечено 15,8 мг, из почвы – 4,9мг, следовательно, из удобрения извлекалось – 10,9 мг, через 1 месяц – 9,2 мг, далее несколько больше. Можно считать, что 50% P_2O_5 суперфосфата оказывается во второй группе и только 0,5н соляная кислота извлекает около 100% P_2O_5 . Часть фосфора этого удобрения оказывается в 5 группе. Обесфторенный фосфор заметно уступает суперфосфату по растворимости – ко второй группе относится 34% (в среднем из 4-х определений), к 3-й – 98%. Полевые опыты показывают, что это удобрение при основном внесении на самых разных почвах не уступает суперфосфату.

Основным источником фосфора для растений на выщелоченных черноземах являются фосфаты кальция, а потенциальным источником - все определенные Ca-P, Fe-P и в последнюю очередь Al-P [9].

Выше было отмечено, что в поглощении фосфора в почве определенную роль играет и поглощение микробиотой и зелеными, в том числе культурными растениями. На фоне колоссального минерального

поглощения это представляется малозначительным, но именно поглощение сельскохозяйственными культурами и определяет урожайность, сбор сухого вещества, белка, углеводов, витаминов и т.д. В связи с этим было бы неправильно совершенно не коснуться этой проблемы в аспекте усвоения фосфора разными культурами. В этом вопросе все исследователи едины во мнении, что фосфор удобрений используется значительно слабее калия и тем более азота. По результатам многолетнего (24 года) опыта в учхозе «Комсомолец» Мичуринского ГАУ при внесении суперфосфата в дозах 40, 80, 240 кг P₂O₅ на разный срок (ежегодно, через год, 1 раз в 6 лет) КПД составил 36,3 %. В краткосрочных опытах этот показатель изменялся от 8,1% до 24,5% [8, 9].

Список литературы:

1. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж: ВГУ, 1970. – 478 с.
2. Бобрович Л.В. Фосфор в почвах лесостепной зоны европейской части России / Л.В. Бобрович, В.А. Арзыбов, И.Н. Мацнев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2. - С. 6-13.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. - М.: Издательство АН СССР, 1957. – 483 с.
4. Данилин С.И. Влияние внесения гранулированного удобрения из обеззараженного куриного помета на продуктивность томатов и плодородие почвы в условиях Тамбовской области / С.И. Данилин, Л.В. Степанцова, И.Н. Мацнев // Сб.: Почвы и их эффективное использование: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора В.В. Тюлина, 2018. - С. 75-81.

5. Зайцева Г.А. Оценка приёмов оптимизации параметров почвенного плодородия / Г.А. Зайцева, О.М. Ряскова // Субтропическое и декоративное садоводство. - 2016. - № 57. - С. 117-121.

6. Зайцева Г.А. Фосфор - как основной элемент в развитии растений полевого севооборота / Г.А. Зайцева, О.М. Ряскова // Наука и Образование. - 2019. – Т. 2. - № 4. - С. 158.

7. Мацнев И.Н. Влияние внесения гранулированного удобрения из обеззараженного куриного помета на продуктивность картофеля и плодородие почвы в условиях Тамбовской области / И.Н. Мацнев, С.И. Данилин, Л.В. Степанцова // Сб.: Почвы и их эффективное использование: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора В.В. Тюлина, 2018. - С. 182-188.

8. Мацнев И.Н. Влияние удобрений и известкования почвы на продуктивность картофеля / И.Н. Мацнев, В.А. Арзыбов // Вестник МичГАУ. – 2013. - № 4. – С. 26-29.

9. Мацнев И.Н. Экологическая безопасность длительного применения удобрений, плодородие почвы и урожай / И.Н. Мацнев, А.А. Шарапов, Г.А. Шарапов // Сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Мичуринск, 2020. - С. 82-84.

10. Новообразования (ортштейны и псевдофибры) поверхностно-оглеенных супесчаных почв севера Тамбовской равнины / Ф.Р. Зайдельман, Л.В. Степанцова, А.С. Никифорова, В.Н. Красин, И.М. Даутоков, Т.В. Красина // Почвоведение. - 2019. - № 5. - С. 544-557.

11. Панников В.Д. Теоретические основы расширенного воспроизводства плодородия российского чернозема / В.Д. Панников //

Плодородие черноземов России. Под редакцией Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсультант, 1998. – С. 13-66.

12. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников // Том 2. – М.: Колос, 1965. – 706 с.

13. Ряскова О.М. Влияние погодных условий на содержание доступного фосфора в черноземе выщелоченном в начале вегетации / О.М. Ряскова, Г.А. Зайцева, А.А. Жиронкин // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета. В 4-х томах. Под редакцией В.А. Бабушкина. - Мичуринск, 2016. - С. 200-202.

14. Эффективность фертигации на темно-серой лесной почве в условиях ЦЧР / А.И. Кузин, Г.Н. Пугачев, Л.В. Степанцова, Н.В. Андреева, С.В. Иванов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2020. - № 2 (61). - С. 13-20.

15. Kuzin A.I. Effect of fertigation on yield and fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.) in high-density orchards on chernozems in central Russia / A.I. Kuzin, Y.V. Trunov, A.V. Solovyev // *Acta Horticulturae*. -2018. - Т. 1217. - С. 343-349.

16. Light gray surface-gleyed loamy sandy soils of the northern part of tambov plain: agroecology, properties, and diagnostics / F.R. Zaidel'man, A.S. Nikiforova, L.V. Stepantsova, V.N. Krasin, I.M. Dautokov, T.V. Krasina // *Eurasian Soil Science*. - 2018. - Т. 51. - № 4. - С. 395-406.

UDC 631.851.631.41.631.92

PHOSPHORUS IN SOILS OF THE CENTRAL CHERNOZEM ZONE

Matsnev Nikita Igorevich

Bachelor

niki-sim@mail.ru

Matsnev Igor Nikolaevich

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

min74@mail.ru

Abstract. The issues of phosphorus content and transformation in the soils of the Central Chernozem zone, as well as the process of transition of phosphorus into various forms when applying basic phosphorus fertilizers, were studied.

Keywords: phosphorus fertilizers, phosphorus transformations in soil, leached chernozem.