

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА ГРУППОВОЙ СОСТАВ ФОСФАТОВ В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВАХ

Г. В. ГОЛОВ

При внесении различных видов минеральных удобрений в почву полагается улучшение пищевого режима элементами, которые в них содержатся. Между тем, влиянию на подвижность и превращение других элементов почвы и сопутствующих удобрений уделяется мало внимания. Только за органическими удобрениями признается роль многостороннего воздействия на физико-химические и биологические процессы в почве.

Однако и минеральные удобрения оказывают определенное влияние на эти процессы. Например, изменение реакции среды и соотношения катионов в почвенном растворе, вытеснение катионами удобрений оснований поглощающего комплекса, поглощение элементов удобрений почвенными микроорганизмами — все это оказывает прямое влияние на пищевой режим почвы.

Особый интерес представляет исследование процессов превращения фосфатов почвы и фосфорных удобрений под воздействием различных видов удобрений. Известно, что воднорастворимая P_2O_5 удобрений при контакте с почвой претерпевает значительные изменения, переходит в формы, менее растворимые и мало доступные для растений. При внесении фосфорных удобрений совместно с другими следует ожидать изменения направления этих превращений. Известно, что органические удобрения резко снижают закрепление фосфорной кислоты суперфосфата в недоступное для растений состояние.

Сводка весьма ограниченного числа работ о влиянии отдельных ионов и солей на подвижность фосфатов дана Ф. В. Чириковым (4). Большая часть имеющихся работ посвящена влиянию отдельных катионов на передвижение фосфорной кислоты в почве; почти отсутствуют данные о влиянии удобрений на подвижность фосфатов, изучению подвергались только легкорастворимые формы фосфора. Эти исследования впервые провели Ф. В. Чириковым (4). Им установлено, что на дерново-подзолистой почве вносимые удобрения по-разному влияют на количественные изменения фосфатов почвы и фосфатных удобрений.

Влияние различных видов удобрений на превращение форм фосфора в луговых черноземных почвах Приамурья до настоящего времени не изучалось, хотя это имеет большое практическое значение. Такие исследования проведены нами в лабораторных и полевых условиях в 1963—1964 годах.

Лабораторные опыты проводились методом компостирования почвы. Фарфоровые стаканы, с предварительной укладкой дренажа, набивались почвой, просеянной через сито, с размером ячеек 3 мм. В стаканы помещалось по 400 г почвы, которую перед набивкой смешивали с удобрениями согласно принятой схеме. На 1 кг почвы вносили 50 мг P_2O_5 в суперфосфате, 70 мг N в аммиачной селитре, 60 мг K_2O в хлористом калии и 4 г перегноя. Повторность четырехкратная. Влажность почвы в течение опыта поддерживалась в пределах 50—60% полной влагоемкости. Образцы для анализа брали через 30, 120 и 180 дней после постановки опыта.

Полевые исследования мы проводили на специально оставленных незасеянными участках делянок в 20 кв. м в одном из опытов по восьмерной схеме. Сроки анализов — через 40, 75, 95 и 115 дней после внесения удобрений. Для анализа использовали средний образец из трех прикопок. Анализировались свежие образцы. Навеску рассчитывали на абсолютно сухую почву при соотношении почвы и растворителя 1:25. Почва — луговая черноземовидная, среднемощная.

Разделение фосфатов производили по методу Ф. В. Чирикова: 1-я группа фосфатов растворяется в воде, насыщенной углекислотой, 2-я группа — в 0,5 н уксусной кислоте, 3-я группа — в 0,5 н соляной кислоте. В лабораторном опыте определяли уксуснокислые и солянокислые фосфаты и рН, в полевом дополнительно — углекислорастворимые фосфаты и нитраты.

Таблица 1

Влияние видов удобрений и их сочетаний на групповой состав фосфатов в лабораторном опыте (P_2O_5 мг на 1 кг абс. сухой почвы)

Варианты	1+2 группы			3-я группа			рН водн. суспензии	
	С р о к и						2-й	3-й
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й		
Контроль	24,1	37,2	23,6	253,4	219,2	246,2	6,4	6,25
Рс	33,8	50,7	35,4	292,8	244,5	258,4	6,4	6,23
Кх	27,3	30,6	22,1	246,2	243,2	244,9	6,45	6,27
N aa	40,2	29,3	22,6	233,3	235,9	228,2	6,1	5,95
N aaРс	59,5	54,3	38,2	283,4	273,8	268,9	6	5,8
N aaРсКх	53	53	38,1	298	280,4	264,2	6,15	5,9
Перегной	54,6	37	31,2	259,7	304	293,2	6,65	6,25
Перегной + Рс	77,2	55,6	40,5	261,6	327,2	322	6,35	6,15

В табл. 1 приведены результаты лабораторного опыта. Рассмотрим характер изменения отдельных групп фосфатов по срокам. В уксуснокислой вытяжке (сумма 1-й и 2-й групп фосфатов, так называемая доступная для растений фосфорная кислота) через 30 дней после внесения удобрений наибольшее количество P_2O_5 обнаружено при внесении смеси перегноя с суперфосфатом, одного перегноя, а также при совместном внесении суперфосфата и аммиачной селитры. Повышенное количество фосфорной кислоты отмечено и при внесении отдельно NH_4NO_3 и суперфосфата. КСI не оказал ни к этому, ни к последующим срокам заметного влияния на увеличение доступного для растений фосфора в почве.

По отношению к контролю суперфосфат дал увеличение P_2O_5 этой группы на 9,7 мг/кг почвы. Это лишь 20% внесенной в суперфосфате фосфорной кислоты. Остальная часть перешла в 3-ю группу фосфатов.

связанных с железом и алюминием, слабо доступных для растений. В дальнейшем превышение P_2O_5 по отношению к контролю на этом варианте составило 13 мг, или 25% внесенной фосфорной кислоты. Таким образом, длительное время в луговых черноземовидных почвах в доступном для растений состоянии остается 20—25% P_2O_5 суперфосфата.

Значительно увеличилось содержание доступной фосфорной кислоты при внесении NH_4NO_3 . Превышение контрольного варианта составило 16,1 мг/кг почвы. Это более чем в 1,5 раза выше, чем при внесении одного суперфосфата. Такое влияние аммиачной селитры можно объяснить увеличением растворимости почвенных фосфорсодержащих минералов, что подтверждается уменьшением количества фосфатов, растворимых в соляной кислоте. С увеличением срока взаимодействия содержание фосфатов, растворимых в уксусной кислоте, по этому варианту снижалось и к концу опыта было равно их количеству в контроле. Положительное влияние на накопление фосфорной кислоты оказала аммиачная селитра при совместном внесении с суперфосфатом. Увеличение составило 35,4 мг/кг почвы — почти на 10 мг выше суммарного эффекта этих удобрений, внесенных отдельно. Длительное время P_2O_5 этой группы фосфатов оставалось выше, чем при внесении одного суперфосфата. Вместе с тем, снижение рН до 6—5,8 привело к повышению активности R_2O_3 и закреплению части фосфора в фосфатах железа и алюминия (3-я группа).

Добавление к этим удобрениям КСІ не внесло особых изменений, характер превращений фосфатов остался аналогичным.

Перегной повысил рН водной суспензии почвы до 6,65. Тем самым создались благоприятные условия для минерализации органических форм фосфора почвы, чем и следует объяснить значительное увеличение фосфатов, растворимых в уксусной кислоте. Снижение рН до 6,25 к концу опыта не замедлило отразиться на снижении содержания фосфатов этой группы и увеличении 3-й группы фосфатов, вследствие активизации R_2O_3 . Смешение суперфосфата с перегноем дает длительное время высокое содержание в почве доступной растениям фосфорной кислоты. Количество P_2O_5 за счет суперфосфата в этом случае увеличивается почти в 2,5 раза, чем при внесении его одного. В доступном растениям состоянии оказывается 50% фосфорной кислоты суперфосфата. Характерная особенность вариантов с внесением перегноя — увеличение суммы минеральных фосфатов всех трех групп. Это следует рассматривать как положительное явление, так как увеличение происходит за счет недоступных для растений органических форм фосфора вследствие их минерализации.

При внесении в почву минеральных удобрений во всех вариантах обнаружилось одновременное уменьшение фосфатов, растворимых в уксусной и соляной кислоте, то есть происходила убыль минеральных форм фосфора, особенно по суперфосфату. Этого явления не наблюдалось, как отмечалось выше, при внесении в почву перегноя. Наоборот, содержание минеральных фосфатов со временем увеличивалось. Причину убыли минеральных фосфатов с увеличением времени компостирования мы склонны отнести к биологическому поглощению фосфорной кислоты микроорганизмами. Это предположение подтвердилось полевыми исследованиями.

Изменения группового состава фосфатов в полевом опыте приведены в табл. 2. Следует отметить, что в полевых условиях полученные данные оказались идентичными лабораторным. Вместе с тем, имелись особенности в превращениях группового состава фосфатов.

Высокое содержание фосфатов 1-й группы обнаружено по суперфос-

Влияние видов удобрений и их сочетаний на групповой состав

Варианты	1-я группа				2-я групп	
	С р о					
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	-й
Контроль	1,5	1,2	2,1	сл.	4,1	4,9
N aa	2,5	1,2	1,7	сл.	11,1	13
Pc	5,2	1,5	2,4	сл.	6,3	14
Kx	2,2	1,5	1,4	сл.	2,7	4,7
N aa Pc	5,7	1,3	1,4	сл.	12,8	10
N aa Px	2	3,1	2	сл.	11,7	7,7
Pc Kx	4,2	5,5	3,9	сл.	8	7,7
N aa Pc Kx	5,7	5,4	2,4	сл.	9,9	10,7

Примечания: сроки взятия образцов после внесения: 1-й через 40 дней, группы указано

фату. NH_4NO_3 при совместном внесении с ним несколько повысил, а KCl — снизил количество фосфатов этой группы. В течение лета происходило уменьшение фосфатов, и через 115 дней после внесения удобрений отмечены лишь их следы.

Интенсивность снижения количества фосфатов первой группы по вариантам была различной: более сильная — без внесения удобрений, а также по суперфосфату, как одному, так и в смеси с NH_4NO_3 , замедленная — при внесении суперфосфата с KCl и трех удобрений вместе. Таким образом, KCl положительно влиял на удерживание воднорастворимой P_2O_5 суперфосфата в наиболее доступных для растений фосфатах, растворимых в воде, насыщенной углекислотой.

В количественном изменении фосфатов 2-й группы следует отметить следующие особенности. Резкое увеличение и поддержание длительное время на высоком уровне фосфатов этой группы обнаружено при внесении в почву NH_4NO_3 . В полевых условиях более отчетливо проявилась ее растворяющая способность в отношении почвенных фосфоросодержащих минералов. Об этом свидетельствует, как и в лабораторном опыте, уменьшение количества фосфатов 3-й группы. Вытеснение же ионом NH_3 из поглощающего комплекса Ca приводит к образованию основных фосфатов кальция, которые и увеличивают содержание уксуснорастворимых фосфатов. Подсчеты показывают, что увеличение доступной для растений фосфорной кислоты от 1 ц NH_4NO_3 равно таковой при внесении 3 ц суперфосфата на гектар.

Аммиачная селитра, внесенная вместе с суперфосфатом, и в полевом опыте положительно влияла на увеличение уксуснорастворимых фосфатов в период до 40 дней взаимодействия удобрений с почвой. В лабораторном опыте время положительного влияния NH_4NO_3 на увеличение этих фосфатов было более продолжительным. KCl в полевом опыте не проявлял заметного влияния на подвижность уксуснорастворимых фосфатов.

Характер количественных изменений доступной для растений фосфорной кислоты (сумма 1-й и 2-й групп) в условиях полевого опыта был аналогичным лабораторному опыту. К концу опыта количество доступной для растений фосфорной кислоты на контроле увеличилось. По NH_4NO_3 произошло некоторое уменьшение к 3-му сроку, а к 4-му — увеличение. При внесении суперфосфата изменения количества подвиж-

Таблица 2.

фосфатов в полевом опыте (мг P_2O_5 на 1 кг аб. сухой почвы)

па		3-я группа				рН	
К и							
3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й	2-й	4-й
5,1	9,9	146,8	148,4	130,4	86,4	6,45	6,35
3,4	10,1	133	133,7	127,2	128,7	6,5	6,65
9,2	15,3	150,7	149,8	140	111,6	6,45	6,55
3,7	10,2	143,1	138,4	123,4	103,7	6,55	6,55
10	17,1	132,2	135,5	124,6	122,3	6,4	6,6
8	11,1	158,9	146,9	100,2	115,5	6,4	6,62
13	12,4	163,7	158,6	149,3	137,5	6,45	6,56
13,2	13,5	149,8	143,6	151,1	142,9	6,4	6,4

2-й — 75, 3-й — 95 и 4-й через 115 дней; количество фосфатов последующей за вычетом предыдущей.

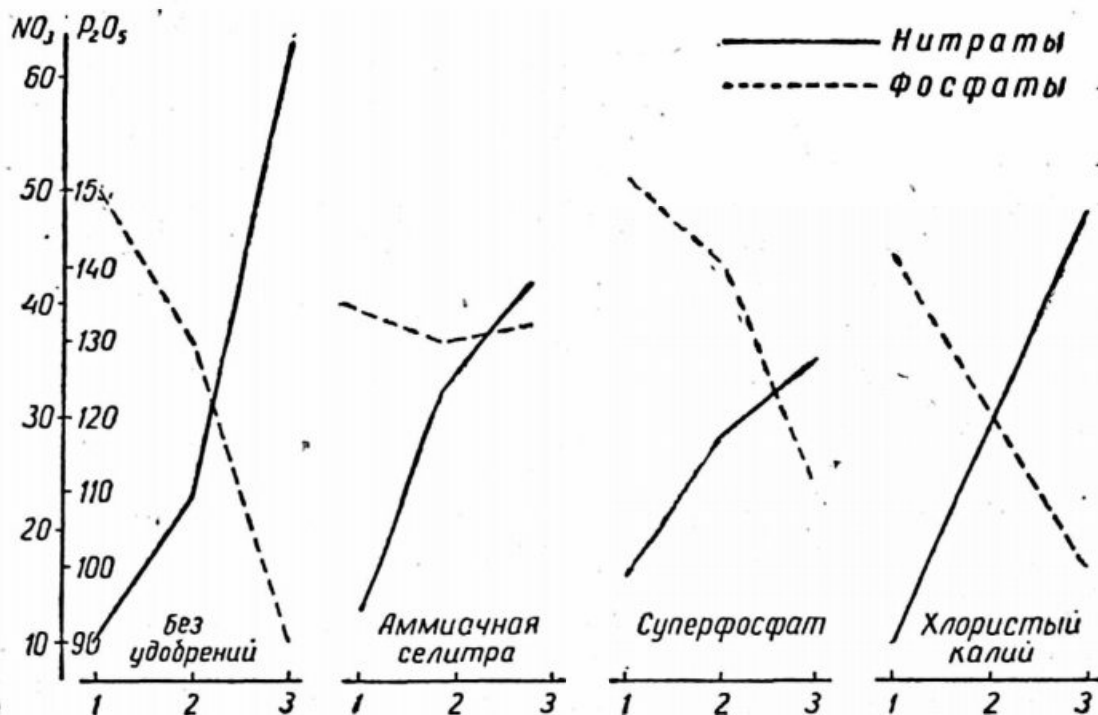
ных фосфатов в течение опыта имели переменный характер. Содержание этих фосфатов было в пределах 11,5—15,5 мг/кг почвы.

Совместное внесение NH_4NO_3 с суперфосфатом резко увеличило суммы углекисло- и уксуснорастворимых фосфатов к 40 дням взаимодействия удобрений с почвой. Затем произошло некоторое снижение, и при последующих анализах содержание фосфатов этих групп было почти равным содержанию их при внесении в почву одного суперфосфата. KCl , добавленный к аммиачной селитре и суперфосфату, не изменил существенно направления изменений доступной для растений фосфорной кислоты. Три удобрения, внесенные вместе, давали постоянное количество доступной для растений фосфорной кислоты на протяжении всего опыта — 15—16 мг/кг почвы. Некоторые расхождения полученных данных с лабораторными наблюдениями можно объяснить колебаниями температуры и влажности почвы в полевых условиях.

Рассмотрим изменения 3-й группы фосфатов. Здесь результаты полевых опытов также были аналогичными лабораторным: количество этих фосфатов с течением времени уменьшалось. Но и здесь наметились некоторые особенности. За время опыта произошла значительная убыль фосфатов 3-й группы в контроле, несколько меньшая убыль — при внесении суперфосфата и KCl , почти отсутствовало уменьшение при внесении NH_4NO_3 . Убыль фосфатов 3-й группы, очевидно, связана с биологическим поглощением P_2O_5 и переводом из минеральных форм в органические под влиянием микроорганизмов. Это можно подтвердить данными накопления нитратов в почве.

На графике отчетливо обнаруживается взаимосвязь накопления нитратов в убыли фосфатов 3-й группы. При этом, чем больше накапливалось нитратов, тем больше была убыль фосфатов 3-й группы. Аммиачная селитра несколько сдерживала убыль фосфатов при достаточно высоком накоплении нитратов. Однако следует отметить, что по NH_4NO_3 в первый срок наблюдается значительное снижение фосфатов 3-й группы по отношению к контролю, поэтому абсолютная величина снижения количества фосфатов этой группы также имеет большую величину.

Более отчетливо взаимное влияние нитрификации и превращения фосфатов 3-й группы отмечается при внесении одного вида удобрений или в контроле. Совместное использование нескольких удобрений ус-



Динамика нитратов и солянокислорастворимых фосфатов в почве при внесении минеральных удобрений (NO_3 и P_2O_5 — в мг/кг почвы). Сроки наблюдений: 1 — 20 июля, 2 — 10 августа, 3 — 22 августа.

ложняет взаимодействие химико-биологических процессов растворения и поглощения фосфатов, что не всегда дает отчетливую выраженность этой закономерности. Остается неясным, из каких соединений фосфора происходит биологическое поглощение его в процессе нитрификации.

Известно, что микроорганизмы требуют значительного количества фосфора для своей жизнедеятельности, и, как указывал С. Д. Базаревский (2), в фосфоре они нуждаются больше, чем в других зольных элементах. Процесс нитрификации требует достаточного содержания в почве доступного фосфора (3). Уменьшение и почти полное исчезновение фосфатов 1-й группы в полевом опыте должно быть связано с биологическим поглощением. В 3-ю группу фосфатов входят апатит, фосфорит, фосфаты железа и алюминия и частично фитин. Из каких же соединений фосфор претерпевал биологическое поглощение?

Можно предположить, что растворение и поглощение шло следующим образом. Достаточное количество тепла и влаги в период от 20 июля до 22 августа создали благоприятные условия для нитрификации. Увеличение нитратов приводило к растворению фосфорита и апатита почвы. При этом увеличивалось содержание подвижных фосфатов, то есть процесс шел аналогично, если в почву вносили аммиачную селитру. Характерно, что при этом повышалось содержание фосфатов 2-й группы в контроле, по КСI и суперфосфату, а по NH_4NO_3 произошло незначительное снижение. Таким образом, обнаруживалась прямая зависимость интенсивности нитрификации и накопления подвижной фосфорной кислоты в почве при паровании. Подобное явление неоднократно отмечалось в литературе.

Исходя из полученных данных, можно предположить, что биологическое поглощение фосфора в луговых черноземовидных почвах Приамурья может быть значительным. Однако это не приводит к умень-

лению в почве доступной для растений фосфорной кислоты. Биологическое поглощение идет, главным образом, за счет труднорастворимых форм фосфора.

ВЫВОДЫ

1. В лабораторных и полевых опытах установлено, что P_2O_5 суперфосфата при внесении его в луговые черноземовидные почвы подвергается закреплению в формах, слабо доступных для растений. В подвижном состоянии остается 20—25% фосфорной кислоты, внесенной с удобрением.

2. NH_4NO_3 увеличивает подвижность почвенных фосфатов. Тем самым улучшается не только азотное, но и фосфорное питание растений. При совместном внесении с суперфосфатом снижается степень закрепления его фосфорной кислоты почвой. С увеличением срока взаимодействия с почвой это положительное явление ослабевает.

3. КСИ не оказывает существенного влияния на подвижность 2-й и 3-й групп фосфатов. Внесенный вместе с суперфосфатом, он сдерживает переход его воднорастворимой P_2O_5 в труднорастворимые формы.

4. Внесение перегноя и его смеси с суперфосфатом увеличивает количество доступной для растений фосфорной кислоты и общее количество минеральных фосфатов в почве, снижает переход фосфорной кислоты суперфосфата в труднорастворимые соединения. В подвижном состоянии остается до 50% от внесенного количества фосфорной кислоты.

5. Установлена значительная выраженность биологического поглощения фосфора при усилении нитрификации за счет труднорастворимых форм фосфора. Увеличение количества нитратов идет одновременно с увеличением подвижных фосфатов в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аproxимические методы исследования почв. М., изд-во АН СССР, 1960.
2. С. Д. Базаревский. К вопросу о мобилизации фосфорной кислоты в почве под влиянием жизнедеятельности микробов. «Труды с/х отделения Рижского политехнического института», т. 2, вып. 3, Рига, 1915.
3. Э. Рассел. Почвенные условия и рост растений. М., изд-во иностранной литературы, 1955.
4. Ф. В. Чириков. Аproxимия калия и фосфора. М., Сельхозгиз, 1956.

