

ОЦЕНКА ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

Л.Г. Григорьева, Ю.И. Слабко, д.б.н., ГЦАС "Приморский",
Э.П. Синельников, д.б.н., Приморская ГСХА

Согласно почвенно-географическому районированию территория Приморского края отнесена к буроземно-лесной зоне с автоморфными бурыми лесными почвами, полугидроморфными буроподзолистыми и лугово-бурыми и гидроморфными луговыми глеевыми. На них приходится более 80% всей пашни. Особенности этих почв является преимущественно маломощный гумусовый горизонт, подстилаемый более мощным осветленным элювиальным (A_2), низкие запасы гумуса с фульватно-гуматным составом, повышенная обменная и гидролитическая кислотность, тяжелый гранулометрический состав.

Исследованиями [2-4, 10] установлено низкое содержание подвижных фосфатов в пахотном слое почвы при повышенной валовой форме, что объяснялось ретроградацией фосфорной кислоты в коллоидных растворах полуторных оксидов, проявляющих базидные свойства в кислой среде.

Агрохимслужбой в начальный период обследования почв на селхозугодьях края, приходящийся на 60-е годы, установлено, что более 80% обследованной территории, а это 818 тыс. га, относятся к слабообеспеченным подвижным фосфором при среднем содержании 17 мг/кг почвы с интервалом от 6 до 35 мг/кг.

Однако период 60-90 гг. прошел под лозунгом "химизации сельскохозяйственного производства". В пахотные земли внесены большие объемы средств химизации: известковых удобрений, фосфоритной муки, органических и минеральных, преимущественно фосфорных, удобрений (табл. 1).

| 1. Среднегодовые объемы внесения удобрений за период 1965-2000 гг. (по пятилетиям) | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----|-----|------|------|------|-----|------|
| Внесено удобрений | Ед. изм. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Минеральных | тыс. т д.в. кг/га | 34 | 53 | 79 | 78 | 82 | 23 | 2 |
| Органических | млн. т т/га | 1,1 | 1,2 | 1,9 | 2,5 | 2,4 | 0,9 | 0,07 |
| Известковых | тыс. га | 1,5 | 1,6 | 2,7 | 3,7 | 3,4 | 1,4 | 0,2 |
| Фос. муки | тыс. га | 28 | 42 | 49 | 58 | 65 | 21 | 0,02 |
| | | - | - | 19,4 | 35,9 | 14,9 | 0,1 | - |

Большие объемы агромерелиоративных и агрохимических работ, одновременно с позитивным воздействием на урожайность, изменили и значение агрохимических показателей почв (табл. 2).

Улучшился кислотно-основной и фосфатный режим, ухудшилось калийное и азотное состояние. Так, среднее содержание легкогидролизуемого азота снизилось на 25 мг/кг и составило 75 мг/кг, тогда как подвижного фосфора увеличилось с 17 до 46 мг/кг.

Системный анализ 6-ти туров почвенно-агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий Приморского края, проводимого в течение 1965-2000 гг. агрохимцентром "Приморский", показал динамичное изменение всех агрохимических свойств почв в результате мелиорации, применения удобрений, а также комплексного окультуривания и известкования. Естественно, что интенсивность и сочетание проводимых мероприятий в различных сельскохозяйственных предприятиях были далеко не равнозначны. Это, в свою очередь, способствовало созданию различных соотношений

основных агрохимических параметров почв, в совокупности названных нами "агрохимическое состояние почвы" (АСП) [9].

Было выделено 5 типов АСП на основании уровня и соотношения двух групп агрохимических показателей: содержание гумуса и питательных веществ (ГП) и комплекс физико-химических свойств (ФХ). 1 тип – показатели ГП и ФХ близки к максимальным значениям; 2 – показатели ГП и ФХ близки к среднестатистическим значениям; 3 – показатели ГП и ФХ близки к минимальным значениям; 4 – высокий уровень значений ГП в сочетании с неблагоприятными значениями ФХ; 5 – низкий уровень ГП на фоне близких к норме значений ФХ.

Цель исследований – дать сравнительную оценку фосфатного состояния (ФС) пахотных почв Приморья по типам АСП. Объект исследования – агрогенно-преобразованный (пахотный) горизонт земельных участков, сгруппированных по 5 типам АСП. Поля выделены в результате "ситового" отбора: массовые данные 5 тура агрохимического обследования (6380 почвенных образцов) – 20 типичных хозяйств по агропроизводственным зонам края (1230 образцов) – типопределяющие поля (241) – модельные поля (31). При этом генетический тип почв учитывался, но, как показал анализ статистического материала, реального значения в формировании типа АСП он не имеет.

Отбор смешанных образцов с модельных полей выполнен по единой методике в один срок после длительного сухого летнего периода, что способствовало установлению оптимального уровня водно-воздушного режима почв и окислительно-восстановительных процессов, характерных для данного региона. Подвижные формы фосфора определены в 0,2 и 0,5 н НСl вытяжке, а также в 1% молибдатной вытяжке по Гинзбург-Артамоновой; состав минеральных фосфатов определяли по Гинзбург-Лебедевой и Чангу-Джексона [Агрохимические методы..., 1989].

| 2. Трансформация показателей плодородия почв на пашне, тыс. га | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Уровень показателя | 1965-1970 | 1971-1975 | 1976-1980 | 1981-1985 | 1986-1990 | 1991-1995 | 1996-2000 |
| Кислотность, pH сол. | | | | | | | |
| Кислые | 475 | 483 | 434 | 393 | 308 | 286 | 290 |
| Слабок. и нейтр. | 225 | 234 | 285 | 360 | 415 | 428 | 434 |
| Содержание подвижного фосфора | | | | | | | |
| Низкое | 570 | 585 | 472 | 395 | 289 | 281 | 306 |
| Среднее | 63 | 60 | 96 | 111 | 118 | 106 | 104 |
| Повыш. и выс. | 67 | 72 | 151 | 247 | 316 | 328 | 314 |
| Содержание обменного калия | | | | | | | |
| Низкое | 153 | 71 | 119 | 152 | 178 | 244 | 263 |
| Среднее | 323 | 328 | 300 | 279 | 230 | 214 | 221 |
| Повыш. и выс. | 224 | 318 | 300 | 323 | 315 | 258 | 240 |

Оценка и роль подвижных фосфатов в пахотных антропогенно-преобразованных почвах не всегда однозначны. С одной стороны, подвижные формы фосфора предлагалось считать "критерием окультуренности" [5, 7, 8]. С другой, – слишком высокая вариабельность содержания фосфатов в пределах типа почвы, ставила под сомнение использование их в качестве "диагностического признака" [1, 6]. По нашему мнению, содержание и состав фосфатов в пахотных почвах, несмотря на большую вариабельность, являются одним из определяющих факторов агрохимического состояния и

достаточно четко отражают уровень и направленность антропогенного воздействия. Если в начале 60-х гг. более 90% пашни характеризовалось очень низким и низким содержанием подвижного фосфора, то в настоящее время почти 20% пашни имеют явные признаки "зафосфачивания", а 40% по-прежнему слабо обеспечены подвижным фосфором. Причиной явились большие объемы работ по известкованию и фосфоритованию кислых почв в период 60-90 гг., проведенные в Приморском крае, а также высокие нормы фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры в полевых севооборотах.

Обобщенная оценка агрохимических свойств через комплексный агрохимический показатель (КАП) отражает различия плодородия пахотного горизонта по типам АСП (табл. 3). Несколько сглаженные данные по содержанию легкогидролизуемого азота обусловлены небольшими различиями в содержании гумуса.

Оценка фосфатного состояния почв предусматривала определенную последовательность: определение содержания и запасов валовых и подвижных форм фосфора → качественно-количественный анализ и расчет комплексного показателя минеральных форм фосфора → построение модели фосфатного состояния. Усредненные показатели указанных составляющих представлены в таблице 4.

| 3. Агрохимические свойства и оценка пахотного горизонта почв | | | | | | | |
|--|----------|---------|----------------|----------|--------------|-------------------------------------|------------------------|
| Тип АСП | Гумус, % | pH сол. | S мг-экв/100 г | Hg мг/кг | N л.г. мг/кг | P ₂ O ₅ мг/кг | K ₂ O мг/кг |
| 1 | 3,76 | 5,75 | 23,7 | 1,9 | 68 | 104 | 170 |
| 2 | 3,32 | 5,24 | 20,7 | 3,1 | 67 | 30 | 126 |
| 3 | 2,73 | 4,38 | 13,1 | 4,1 | 63 | 11 | 98 |
| 4 | 4,23 | 4,60 | 17,1 | 4,7 | 74 | 12 | 147 |
| 5 | 2,40 | 5,70 | 19,6 | 1,5 | 60 | 34 | 130 |
| | | | | | | | КАП |
| | | | | | | | 62 |
| | | | | | | | 52 |
| | | | | | | | 28 |
| | | | | | | | 40 |
| | | | | | | | 35 |

| 4. Основные показатели фосфатного состояния пахотного горизонта по типам АСП (КП – комплексный показатель, балл; Г-Л – метод Гинзбург-Лебедевой; Ч-Д – метод Чанга-Джексона) | | | | | |
|--|----------|-------|-------|-------|-------|
| Показатель | Типы АСП | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Валовой P ₂ O ₅ , % | 0,274 | 0,227 | 0,152 | 0,218 | 0,200 |
| Подв. P ₂ O ₅ , мг/кг, при вытяжках: | | | | | |
| 0,2 н HCl | 104 | 30 | 11 | 12 | 34 |
| Молибд.-я | 168 | 100 | 73 | 84 | 116 |
| Минеральные формы (Г-Л), % от валового*: | | | | | |
| Ca-P1 | 2,31 | 2,32 | 2,97 | 2,05 | 2,35 |
| Ca-P2 | 3,15 | 2,94 | 3,40 | 3,55 | 3,42 |
| Al-P | 2,93 | 2,26 | 2,05 | 1,75 | 2,57 |
| Fe-P | 10,5 | 11,4 | 18,1 | 12,3 | 14,3 |
| Ca-P3 | 2,89 | 2,40 | 2,65 | 1,95 | 2,82 |
| Сумма | 21,1 | 21,4 | 29,1 | 21,6 | 25,5 |
| Ca-P / Fe-Al-P | 0,68 | 0,56 | 0,47 | 0,56 | 0,62 |
| Сумма / остаток | 0,27 | 0,27 | 0,42 | 0,29 | 0,38 |
| То же, (Ч-Д)*: | | | | | |
| Al-P | 5,80 | 3,20 | 4,13 | 5,13 | 3,35 |
| Fe-P | 32,3 | 34,5 | 55,0 | 39,0 | 41,5 |
| Ca-P | 11,6 | 11,8 | 8,68 | 7,30 | 10,8 |
| Сумма | 49,7 | 49,5 | 67,8 | 51,4 | 55,7 |
| КП мин. форм. балл*: | | | | | |
| Г-Л | 45 | 46 | 56 | 38 | 58 |
| Ч-Д | 50 | 33 | 41 | 36 | 42 |
| Модель фосф. состояния, балл | | | | | |
| Г-Л | 31 | 35 | 40 | 32 | 40 |
| Ч-Д | 66 | 37 | 26 | 39 | 45 |

По содержанию валового фосфора агрогенные (пахотные) горизонты относятся к "богатым" по оценкам, предложенным Д.Н.Прянишниковым. Среднее количество составляет 0,22±0,01% при вариабельности 37%, что обусловлено в первую очередь составом почвообразующих пород. Максимальные запасы 7,0-8,7 т/га приходятся на 1,2 и 5 типы АСП, минимальные 4,3 и 5,7 т/га на 3 и 4 соответственно.

Доля подвижных фосфатов, определяемых в стандартной 0,2 н HCl вытяжке, крайне мала и составляет максимум 3,6 и 1,8% от валового фосфора в АСП 1 и 5, а минимум (0,78%) в АСП 3. В агрогруппах 2 и 4 типов АСП – 1,4-1,2%. По результатам молибдатной вытяжки явно выделяются

произвесткованные варианты АСП (1 и 5), где относительное содержание подвижных фосфатов составляет 6,3% от валового, а в остальных – всего лишь 3,8-4,9%.

Сумма минеральных форм фосфора (метод Гинзбург-Лебедевой) составляет от 21 до 29% от валового содержания. Принципиальные различия по типам АСП выделяются лишь по количеству фосфатов железа. Максимальное количество Fe-P (18,1%) приходится на наиболее малокультурный вариант АСП 3. Содержание гумуса реально не влияет на состав минеральных фосфатов, а известкование способствует накоплению высокоосновных труднорастворимых фосфатов типа апатита (Ca-P3). Сумма минеральных фосфатов существенно выше в вариантах агрогрупп с АСП 3 и 5.

При анализе почвы с использованием метода Чанга-Джексона определялось только содержание "активных" фосфатов, количество которых возможно связано с характером антропогенного воздействия, что в целом подтвердилось.

Сумма "активных" фосфатов явно выше на малогумусных вариантах 3 и 5 и достигает 56-68% относительно 50% других групп. Фосфаты алюминия преобладают в почвах с повышенным содержанием гумуса, фосфаты железа, напротив, в 3 и 5 вариантах. Известкование способствует снижению содержания фосфатов железа на 5-15% и накоплению фосфатов кальция на 2-3%.

Наличие достаточно большого ряда индивидуальных значений минеральных форм фосфора (31) позволяет рассчитывать комплексный показатель (КП) состава минеральных фосфатов. Для этой цели использована методика расчета, предложенная нами ранее [9] с предварительным ранжированием и выделением максимальных и минимальных базовых величин.

Для типов АСП (метод Гинзбург-Лебедевой) формируется следующая зависимость (табл. 4; позиц. 6). Варианты с повышенными значениями КАП 1, 2, 4 имеют меньшую балльную оценку 38-45, а малогумусные 3 и 5 – 56-58 баллов. Известкование более четко проявляется на высокогумусном фоне (45 против 38 баллов) и менее на малогумусном (58 против 56). В целом варианты с пониженным содержанием гумуса имеют явно более устойчивый комплекс минеральных форм фосфатов.

Метод Чанга-Джексона подтвердил указанные зависимости. Известкование существенно повысило величину комплексного показателя фосфатного состояния только на высокогумусном фоне АСП 1 (50 против 36 баллов в АСП 4).

Проведенный корреляционный анализ зависимости между содержанием валового фосфора и суммой минеральных фосфатов показал обратную зависимость для обоих методов анализа ($r = -0,571$). Наивысший коэффициент корреляции ($r = 0,783$) получен между суммой выделенных по методу Гинзбург-Лебедевой минеральных форм фосфатов и величиной КП. Для метода Чанга-Джексона эта зависимость ниже ($r = 0,441$).

Конечным показателем фосфатного состояния почв исследуемых типов АСП является "модель фосфатного состояния". В число показателей модели нами включены: валовые запасы фосфора (т/га); содержание подвижных фосфатов (0,2 н HCl вытяжка); количество извлекаемых минеральных форм фосфора; содержание наиболее доступных для растений фракций фосфатов Ca-P1 по методу Гинзбург-Лебедевой и Al-P по методу Чанга-Джексона - все в процентах от валового содержания; комплексный показатель состава минеральных фосфатов. Модель фосфатного состояния также рассчитывалась по методике определения комплексного агрохимического показателя.

Модель, основанная на использовании данных минеральных форм фосфора по методике Гинзбург-Лебедевой (позиц. 8), отражает рост оценки с 31 до 40 баллов при снижении общего уровня агрохимического состояния почвы соответственно величине КАП. При этом степень гумусированности и известкования не оказали влияния на фосфатное состояние.

Модель фосфатного состояния, основанная на использовании данных содержания минеральных форм фосфатов по Чангу-Джексону показывает на более четкую зависимость величины оценки от характера антропогенного воздействия. Оценки снижаются одновременно со снижением величины показателя КАП и составили для вариантов 1, 2 и 3, соответственно, 66, 37 и 26 баллов. Известкование повышает балльную оценку с 39 баллов в 4-м варианте до 66 баллов в 1-м.

Таким образом, при оценке фосфатного состояния антропогенно-преобразованных почв тяжелого гранулометрического состава более предпочтителен метод анализа минеральных форм почвенных фосфатов, предложенный Чангом-Джексоном в соответствующей модификации. Предлагаемая нами система оценок уровня трансформации фосфатного состояния может быть использована в мониторинговых наблюдениях за динамикой плодородия пахотных земель в зависимости от интенсивности и характера антропогенного воздействия.

Литература

1. Вальков В.Ф., Клименко Г.Г., Продан В.И. Оценка и некоторые варьирования генетических характеристик почв // Почвоведение. –

1975, №11. – С. 5-13. 2. Грицун А.Т. Применение удобрений в Приморском крае. – Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. – 439 с. 3. Качияни А.И. К характеристике почв Уссурийской области // Сб. научн. тр. / ДальНИИ земледелия и животноводства. – 1939. – 720 с. 4. Куртесов А.П. Коллоидно-химические свойства дерново-подзолистых почв Приморского края и действие минеральных удобрений // Научн. тр. / С.-х. опыт.-исслед. учреждений Приморского края. – Владивосток. – 1948. – Вып. 1. – С. 39-63. 5. Кулаковская Т.Н. Значение оптимизации свойств почв и проблемы их регулирования // Тезисы докладов V делегат. съезда ВОП. – Минск, 1977. Вып. 8. – С. 5-20. 6. Лебедева И.И., Тонконогов В.Д., Шишов Л.Л. Классификационное положение и систематика антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение, 1993. № 9. – С. 98-106. 7. Муха В.Д. Общие закономерности и зональные особенности изменения почв главных генетических типов под воздействием сельскохозяйственной культуры: Автореф. дис. д.с.-х.н. Харьков, 1979. – 36 с. 8. Пестряков В.К. Окультуривание почв Северо-Запада. – Л.: Колос, 1977. – 343 с. 9. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Использование комплексных показателей для оценки агрохимического состояния почвы // Агрохимия, 1991. - № 7. – С. 96-103. 10. Стрельченко Н.Е. Фосфатный режим переувлажненных почв юга Дальнего Востока / Владивосток: ДВ кн. изд-во, 1982. – 142 с.