

ВЫБОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ФОСФАТНОГО И КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

И. Е. Королева

Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Дается экспертная оценка методов определения содержания в почве фосфора и калия, используемых в почвоведении и агрохимии, для оценки изменения фосфатного и калийного состояния почв при антропогенном воздействии. Принцип отбора методов основывался на необходимости строгого согласования задачи исследования, объекта изучения (разнообразие почв) с реальными возможностями методов анализа.

Ключевые слова: фосфатное состояние почв, калийное состояние почв, плодородие почв.

Антропогенное воздействие является одним из факторов почвообразования, которое возможно зафиксировать на основной прикладной функции почв – плодородия (т.е. зависимости продуктивности почвы от некоторого набора основных количественных характеристик почв). Содержание и формы соединений питательных элементов в почве отражают характер почвообразовательного процесса и служат диагностическим показателем окультуренности и плодородия почв.

Необходимость количественных оценок плодородия почв делает актуальным анализ существующих методов эффективного количественного описания основных характеристик почв и, прежде всего, тех, которые определяют агрономическое качество почвы.

Для фиксации изменений и регулирования процессов, протекающих в почве, необходимо иметь надежную аналитическую информацию. Под надежностью следует понимать качество анализов, основными показателями которого являются правильность и воспроизводимость (их соответствие действительности) (Большаков, 1992).

Многообразие методов, используемых в почвоведении и агрохимии, ставит вопрос о необходимости строгого согласования задач исследования и объекта изучения с реальными возможностями методов анализа.

Аналитическое обеспечение в почвоведении и агрохимии – это открытая искусственная система (проектируемая человеком и по существу являющаяся физической моделью его замысла). Под системой в данной работе подразумевается набор методов, нацеленных на получение характеристик фосфатного и калийного состояния почв. По мнению Н.П. Карпинского

(1970), наиболее тесную связь с почвообразованием и степенью окультуренности почвы имеют общее содержание и формы почвенных фосфатов.

Методика оценки фосфатного и калийного состояния почв имеет более чем полуторазековую историю. Кроутер (цитируется по Куку, 1990) высказал мнение, что обилие применяемых методов объясняется отсутствием объективного способа оценки их эффективности. В настоящее время известно более 100 методов извлечения фосфора и более 150 методов экстракции калия из почвы (Прокошев и др., 2000; Кудеярова, 1995; Янишевский, 1996).

Большое количество разработанных методов определения подвижных форм фосфора и калия свидетельствует в первую очередь о том, что не найдено реактива (экстрагента), воздействие которого на почву было бы устойчиво эквивалентно усваивающей способности корневой системы растений (Глазунов, 1963; Гинсбург, 1981; Касинский, 1979; Кулаковская, 1990; Ониани, 1981; Петербургский, 1979; Перечень показателей..., 1981). Еще Д.Н. Прянишников (1952) писал: «... нужно удивляться не тому, что нет метода, дающего стопроцентное совпадение с показаниями растений, а скорее тому, что все же находятся методы, способные для известного круга почв и растений давать совпадения до 80%».

В агрохимслужбе России официально признанными считаются шесть методов определения подвижных форм фосфора и три метода совместного определения обменного калия и фосфора: Кирсанова (0,2 н. HCl), Чирикова (0,5 М CH₃COOH) и Мачигина (1% (NH₄)₂CO₃) (Агрохимические методы..., 1975). Одним из главных достоинств последних методов является возможность одновременного определения фосфора и калия. Эти результаты характеризуют фактическое (эффективное) плодородие почв. За более чем 30 лет существования агрохимслужбы этими методами выполнено огромное количество анализов. Накоплена существенная база данных.

Для характеристики потенциального плодородия разработаны методы определения потенциально доступных запасов. Такие анализы для широкого пользования не проводятся как стандартные, но их применяют для изучения специальных вопросов – раскрытия механизма трансформации Р и К, в почве для описания почвообразовательного процесса, как в процессе природной эволюции, так и при антропогенном воздействии.

Однако в современных условиях основным видом воздействия на почвы является комплексное природно-антропогенное. Это обстоятельство должно быть учтено при выборе метода получения количественных показателей изменения свойств плодородия.

Нами сделана попытка на основании собственных архивных и литературных экспериментальных данных выбрать и ранжировать существующие методы определения форм фосфора и калия в почве (табл. 1).

Таблица 1. Показатели фосфатного и калийного состояния почв при оценке их плодородия и устойчивости к агроистощению

Формы нахождения элементов	Почвы	Метод определения	Примечание
Валовые формы	Все	Фосфатное состояние Валовой фосфор по Гинзбург Применение рентгенофлуорес- центного дисперсионного ме- тода (Методические рекомен- дации, 1982) По Кирсанову (ГОСТ 26207-91) По Чирикову (ГОСТ 26204-91) По Мачигину (ГОСТ 26205-91)	Характеризует потенциальный запас фосфора в почве, фоновый показатель потенциального плодородия
Подвижные формы соединений фосфора («фактор емкости»)	Некарбонатные (Нечерноземная зона) Некарбонатные (Черноземная зона) Карбонатные	По Кирсанову (ГОСТ 26207-91) По Чирикову (ГОСТ 26204-91) По Мачигину (ГОСТ 26205-91)	К этой группе относятся различные формы почвенных фосфатов, участ- вующих в динамическом равновесии между твердыми фазами почвы и поч- венным раствором. Эти фракции фос- фора характеризуют общее количество («запас») подвижных фосфатов, фос- фатную емкость. Характеризуют эф- фективное плодородие
Фракционный состав минеральных форм фосфатов	Все, кроме торфяных	По Гинзбург–Лебедевой	Дает полную информацию о транс- формации соединений фосфатов в поч- ве. Позволяет селективно выделить отдельные фракции минеральных со- единений почвенных фосфатов, разли- чающихся по основности и степени окристаллизованности, а, следовательно, но, по растворимости и доступности растениям

Формы нахождения элементов	Почвы	Метод определения	Примечание
Фракционный состав минеральных форм фосфатов	Торфяные	Модификация метода Чанга– Джексона	Характеризует эффективное (содержа- ние фосфатов щелочных и щелочнозе- мельных элементов) и потенциальное (содержание высокоосновных фосфа- тов кальция) плодородие почв. Уро- вень изменения их содержания – сте- пень их устойчивости к истощению
Баланс фосфора	Все	Разностный* метод: – содержание фосфора в исход- ных объектах (до начала слеже- чания ротации) и периодическое (по окон- чании ротации) его изменение; – учет поступления фосфора с удобрениями, семенами, осадка- ми; – учет выноса с урожаем товар- ной и побочной продукции сель- скохозяйственных культур; – потери при эрозии	Комплексная оценка фосфатного со- стояния в агроценозах, его прогноз, и на основе оценки разработка меро- приятий по регулированию плодородия почв и степени истощения по фосфору

Формы нахождения элементов	Почвы	Метод определения	Примечание
Валовой калий	Все	Калийное состояние Инструментальное определение при использовании рентгенофлуоресцентного дисперсионного метода (Методические рекомендации, 1982)	Отражает генетические особенности почвы и потенциальные запасы калия в ней, а также уровень потенциального плодородия. Содержание валового калия носит зональный характер и связано как с литогенными факторами, так и с процессами преобразования современных почв, в том числе и антропогенными. Мало меняется во времени и в процессе с использованием
Потенциально доступные запасы калия. Необменный калий	Некарбонатные	Метод Пчелкина (применяют параллельно с определением обменного калия по Масловой) Метод (Pratt-Morse), перспективен	Между обменным и необменным калием существует динамическое равновесие, и накопление обменного калия происходит за счет последнего. Определение обменного калия посылается ближайший резерв усвояемого растениями калия. Самый удобный и простой. Четче, чем метод Пчелкина, отражает степень удобренности (эффективное плодородие) почвы калием. Позволяет установить калийное истощение на контрольных и удобренных участках, фиксировать остаточный калий удобрений в необменной форме

Формы нахождения элементов	Почвы	Метод определения	Примечание
Подвижные формы калия (обменный калий, фактор емкости)	Все Некарбонатные Некарбонатные (Черноземная зона)	По Масловой По Кирсанову По Чирикову По Мачигину	Характеризует запас обменного калия, наиболее усвояемого растениями, и уровень эффективного плодородия Установлена прямая корреляционная связь запасов подвижного калия в почве с содержанием гидрослоя в илистой фракции как источника ближнего (по Н.И. Горбунову) резерва калия в почве. Степень изменения характеризует устойчивость почвы к истощению калем
Баланс калия	Все	Разностный метод*: – содержание калия в исходных объектах (до начала слежения) и периодическое (до окончания ротации) его изменение; – учет поступления с удобрениями, семенами, осадками; – учет выноса калия с урожаем сельскохозяйственных культур; – потери калия при эрозии	Дает возможность комплексной оценки и прогноза изменения калийного состояния почв в различных агроценозах и степени изменения (тенденцию) эффективного плодородия и истощению калию

* В производственных условиях можно ограничиться хозяйственным балансом, его статьи: приход (удобрения); расход (вынос урожаем). Биологический баланс: все статьи прихода и расхода использовать в научных целях при строгом выверенном учете всех статей баланса.

Такая экспертная работа по характеристике и оценке используемых методов позволит с большой долей уверенности проводить обобщение имеющихся в литературе данных по содержанию и изменению форм фосфора и калия при антропогенном воздействии и выработке критериев показателей изменения по этим элементам.

Метод Гинзбург–Лебедевой (1981) позволяет строго селективно выделять отдельные фракции минеральных соединений почвенных фосфатов; наряду с фракциями Al–P, Fe–P выделяются три отдельные фракции фосфатов кальция (Ca–P1; Ca–PII; Ca–PIII), различающиеся по растворимости и доступности растениям. Так, в опыте с кукурузой на типичном черноземе установлено, что почти все фракции фосфора участвуют в питании этой культуры (преимущество принадлежит фракциям Ca–P1 и Ca–PII), а апатитовая фракция Ca–PIII практически не участвует в питании растений. Следовательно, по состоянию апатитовой фракции можно судить об устойчивости почв к агроистощению фосфором.

Объективное представление о запасах доступного для растений калия и их изменений в почве можно получить только при использовании нескольких взаимодополняющих друг друга методов исследования калийного режима. Эти показатели должны характеризовать как статическое, так и динамическое состояние усвояемого растениями калия. В том числе необходимо определить фиксирующую способность почвы и необменно фиксированный калий (метод Хейлока).

К числу показателей, по которым необходимо проводить оценку обеспеченности растений доступным калием и определять степень изменения запасов обменного калия в почвах всех типов относятся следующие: 1) обменный калий (метод Масловой); 2) отношение обменного калия (метод Масловой) к легкоподвижному калию (метод Голубевой); на почвах с высоким содержанием кальция в ППК вместо подвижности можно определить калийный потенциал; 3) необменный калий (метод Pratt); 4) потенциальная калийная буферная способность почвы (метод Beckett). Нами (совместно с Чижиковой, 1998) предпринята попытка связать степень обеспеченности растений калием, рассчитанную по содержанию его подвижных форм, с одним из литологоминералогических показателей почв – содержанием гидрослюды в илистой фракции как источника ближнего, по Н.И. Горбунову, резерву калия в почве. В табл. 2 представлены данные о содержании гидрослюды в илистой фракции (илистые гидрослюды), рассчитанных на почву в целом с учетом количества этой фракции, и по запасам обменного калия как интегрального показателя калийного состояния почв по обеспеченности растений этим элементом. На основании экспертной оценки собственных и литературных данных сделано ранжирование этих показателей для пахотных горизонтов почв, сформированных на отложениях разного генезиса, имеющих наиболее широкое распространение на территории европейской части России.

Таблица 2. Содержание гидрослюды и запасы обменного калия в почвах

Почвы, развитие на разных породах	Гидрослюды*, %	Запасы обменного калия**, кг/га		Степень обеспеченности растений обменным калием
		кислые почвы	нейтральные почвы	
Подзолистые, дерново-подзолистые на песчаных отложениях	1–3	<220	Нет	Низкая
Степные, полупустынные на песчаных, супесчаных отложениях	2–4	Нет	220–230	Средняя
Дерново-подзолистые на моренных отложениях	3–7	220–230	Нет	Средняя
Дерново-подзолистые, серые лесные на покровных отложениях	7–10	330–470	Нет	Повышенная
Серые лесные, черноземы на лёссовидных бескарбонатных суглинках	10–15	Нет	330–500	Высокая
Черноземы, каштановые на карбонатных лёссовидных суглинках	15–25	Нет	>500	Очень высокая

* Содержание гидрослюды илистых фракций, рассчитанных на почву в целом с учетом содержания илистых фракций.

** При вычислении запасов обменного калия учитывалась мощность слоя 0–25 см и содержание в нем калия (кислые почвы – по методу Кирсанова, нейтральные почвы – по методу Чирикова).

Проведен сопряженный анализ этого показателя и оценки обеспеченности почв подвижным калием. Установлено, что степень обеспеченности почв подвижными формами калия совпадает с ареалами, различающимися по содержанию илестых гидрослюдов в почвах.

Полученный материал может быть опосредованно использован при характеристике эффективного почвенного плодородия по калию и позволит ответить отрицательно на высказывание Н.И. Горбунова (1978), о том что по присутствию в почвах значительного количества слюдов и гидрослюдов можно сказать, что в ней достаточно калия как в общем, так и в ближнем минеральном резервах. Но нельзя сказать, сколько калия в доступной растениям форме, каков калийный потенциал!

Хочется надеяться, что экспертная оценка методов определения форм фосфора и калия в почве будет полезна при изучении изменения свойств почв и получения критериев по этим показателям для разработки нормативов изменения свойств почв и прогнозов при антропогенном воздействии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975.
- Большаков В.А. Надежность анализа почв: проблемы и решения. М., 1992. 144 с.
- Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
- Глазунова Н.М. Концентрация фосфат-ионов в солевой вытяжке как показатель подвижности почвенных фосфатов и факторы ее определяющие. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1963. 17 с.
- Горбунов Н.И. Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978. 294 с.
- Карпинский Н.П. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв в связи с их генезисом и окультуренностью // Удобрения и основные условия их эффективного применения. М.: Колос, 1970. 218 с.
- Касицкий Н.И. Об оптимальном уровне обеспеченности почв СССР подвижным фосфором // Агрохимия. 1979. № 3.
- Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат, 1990. 219 с.
- Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы. М.: Колос, 1970. 520 с.
- Кудеярова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. М.: Наука, 1995. 288 с.
- Методические рекомендации Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, М., 1982, 48 с.
- Онцани О.Г. Агрохимия калия. М.: Изд-во АН СССР, 1981. 198 с.
- Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения (Практическое руководство). М., 2000. 184 с.

Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. М.: Наука, 1979.

Перечень показателей свойств почв для оценки почвенного плодородия и методы их определения. М.: ВАСХНИЛ, 1981. 86 с.

Прянишников Д.Н. Избр. соч. Т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 606.

Соколова Т.А. Калийное состояние почв, методы его оценки и пути оптимизации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 46 с.

Чижикова Н.П., Королева И.Е. Взаимосвязь содержания гидрослюдов илестых фракций со степенью обеспеченности растений калием на территории Европейской части России // Антропогенная деградация почвенного плодородия и меры ее предупреждения. М., 1998. Т. 1. С. 322–323.

Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора. М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1956. 464 с.

Янишевский П.Ф. Химическая оценка фосфатного состояния почв // Агрохимия. № 4. 1996.