

УДК 631.416(477)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АЗОТНОГО, ФОСФАТНОГО И КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ УКРАИНЫ

© 2014 г. А.А. Христенко

*Национальный научный центр
Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского
61024 Харьков, ул. Чайковская, 4, Украина
E-mail: khristenko.an@mail.ru*

Поступила в редакцию 24.07.2013 г.

Показано, что использование стандартов, принятых в СССР и устанавливающих методы определения содержания подвижных соединений азота, фосфора и калия в почвах Украины, во многих случаях приводит к значительным ошибкам. Указаны основные направления, использованные для решения проблемы повышения точности почвенной диагностики. Обоснована необходимость дальнейшего расширения и углубления теоретических исследований с целью совершенствования почвенной диагностики. Приведены нормативные документы, использование которых позволяет наиболее объективно оценивать азотное, фосфатное и калийное состояние почв страны.

Ключевые слова: национальные стандарты, диагностика, азот, фосфор, калий почвы, Украина.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях одним из наиболее быстрых и экономичных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и получения при этом продукции соответствующего качества является разработка оптимальных систем удобрения на основе точной оценки состояния плодородия почв.

Необходимость совершенствования системы почвенной диагностики исследователями стран бывшего СССР осознана давно. Основная проблема состояла и состоит в том, что доминирующими методами при проведении агрохимического обследования почв, а также научных исследований до сих пор остаются так называемые “жесткие” методы анализа почв. К таковым относят, прежде всего, методы на основе кислотных экстрагентов, многие из которых были разработаны еще в XIX в. Например, использование раствора уксусной кислоты для оценки содержания доступного растениям фосфора почвы было предложено С.М. Богдановым еще в 1896 г. [1].

Проведенный автором системный анализ имеющихся данных показал, что использование боль-

шинства стандартов СССР, устанавливающих методы определения содержания подвижных соединений фосфора и калия в почвах, во многих случаях приводило к значительным ошибкам.

Например, содержание подвижного фосфора, по данным кислотных методов Чирикова или Кирсанова, в пахотном слое экстенсивно используемых почв Украины менялось от 0.1 (сильнокислые буроземы) до 30 и более мг $P_2O_5/100$ г почвы (черноземы типичные, лугово-черноземные почвы на лессовых породах).

При этом параллельное определение фосфора одним из щелочных методов (ISO 11263, по Мачигину) или солевым методом Карпинского–Замятинной показало, что реальный фосфатный уровень данных почв соответствовал границе между низкой и средней обеспеченностью (т. е. 4–6 мг $P_2O_5/100$ г в пересчете на кислотные методы). То, что данный вывод достаточно точен, подтверждают эмпирические данные многочисленных полевых опытов: на всех типах пахотных почв с природным уровнем содержания NPK эффективность минеральных удобрений, в том числе фосфорных, достаточно высока.

В этой связи не хотелось бы указывать величину ошибки, полученной при использовании кислотных методов, поскольку в современной науке такой погрешности определения уже давно быть не должно.

Следует отметить, что несовершенство методических аспектов диагностики питания растений ведет к искажению (завышению или, напротив, занижению) оценки состояния плодородия почв не только конкретных полей, но и целых регионов. Например, на сильнокислых неудобренных буроземах Карпатской горной области по данным кислотных методов обнаруживаются лишь «следы» подвижного фосфора [2]. В таких условиях высшие растения вообще не могли бы расти и развиваться. Однако, как свидетельствует практика, они растут и даже неплохо.

Иллюзия хорошей обеспеченности черноземов Украины подвижными формами питательных веществ, вызванная широким использованием «жестких» методов анализа, чрезвычайно убедительна. Настолько, что ее не в состоянии разрушить даже данные полевых опытов, свидетельствующие о высокой эффективности всех видов удобрений на этих почвах. Причем эффективность фосфорных удобрений на черноземах – самая высокая в Украине. Кроме того, известно, что на поливных черноземных почвах без удобрений высокие урожаи не достигаются, более того, отмечено их постепенное снижение [3].

Исследователями Российской Федерации также признано, что нормативная база для оценки фосфатного и калийного режимов почв на основе кислотных экстрагентов (методы Кирсанова и Чирикова) несовершенна, поэтому очень часто наблюдают слабую связь между упомянутыми показателями, урожайностью и дозами фосфорных и калийных удобрений [4].

Анализ публикаций показал, что получение объективной оценки состояния плодородия почв (точного определения содержания подвижных форм макро- и микроэлементов питания растений) является общемировой проблемой.

Ранее автором было установлено, что чем больше отклоняется величина рН применяемого экстрагента от нейтрального рН (как в кислую, так и в щелочную сторону) и чем меньше буферность данной вытяжки, тем выше вероятность ошибки и тем уже диапазон почв, где полученные с помощью того или иного метода результаты реально отвечают принятым группам обеспеченности растений питательными веществами [5].

Поэтому недостатки, свойственные кислотным методам Кирсанова (рН 1.0) и Чирикова (рН 2.5), в большей или меньшей степени характерны для всех

методов (в том числе методов на основе фтористого аммония), имеющих величину рН экстрагента <5.0. Это, прежде всего, методы Brau-Kurtz 2 (рН 1.0), Mehlich 1 (рН 1.2), Arrhenius (рН 2.0), Mehlich 3 (рН 2.5), Mehlich 2 (рН 2.6), Van Lierop (Kelowna) – рН 2.7, Truog (рН 3.0), Egner-Riehm (рН 3.6), Brau-Kurtz 1 (рН 3.5), Egner-Riehm-Domingo (рН 4.2) и др.

Необходимо отметить, что в соответствии с требованиями закона Украины «О метрологии и метрологической деятельности» аттестованные измерительные (аналитические) лаборатории обязаны в своей деятельности использовать действующие нормативные документы или аттестованные методики выполнения измерений.

В этой связи в Национальном научном центре «ИПА им. А.Н. Соколовского» проводится систематическая работа, направленная на усовершенствование национальной системы стандартизации. Техническим комитетом стандартизации (ТК 142 «Почвоведение»), созданным на базе института в 2001 г., разработано свыше 300 нормативных документов в области почвоведения, агрохимии и охраны почв, из них 169 стандартов – в рамках программы «Гармонизация национальных стандартов с международными и европейскими» [6].

В их числе: 8 национальных стандартов Украины (ДСТУ) и 5 утвержденных проектов новых нормативных документов, устанавливающих методы определения валовых или подвижных соединений азота, фосфора или калия в почвах, за которые автор несет моральную ответственность как научный руководитель разработок.

Предложенная система национальных стандартов Украины в целом отвечает современным требованиям, поскольку она частично гармонизирована с международными нормативными документами, при ее разработке были использованы новейшие теоретические положения. Использование новых нормативных документов позволяет существенно повысить точность диагностики обеспеченности почв макроэлементами для питания растений.

Цель работы – изложение опыта использования национальных стандартов для диагностики азотного, фосфатного и калийного состояния почв Украины, который, возможно, будет полезен коллегам из других стран, а допущенные ошибки учтены.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для диагностики состояния плодородия почв в отношении содержания макроэлементов и получения оценки их плодородия использован комплекс методов, базирующихся на разных принципах. Проведены статистический анализ и обобщение мате-

риалов автоматизированного банка данных агрохимических свойств почв на основе СУБД Access 98. Информационный банк содержит данные анализа ≈ 2000 образцов почв Украины и других стран СНГ и включает как собственные, так и литературные материалы. Данные обработаны с помощью интегрированной с Access 98 программы Microsoft Excel 2007 и статистического пакета программ Statistica 10.0. Кроме того, было проведено обобщение материалов агрохимслужбы Украины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что почвы, особенно разного гранулометрического состава, содержат разное количество термодинамически устойчивых соединений фосфора или калия (в виде апатитов, полевых шпатов и т. д.). Фосфор или калий, заключенный в этих минералах, растениям непосредственно не доступен, но может частично экстрагироваться растворами сильных кислот или щелочей в процессе химического анализа почв.

Проведенными ранее исследованиями было установлено следующее. Применение кислотных методов (Кирсанова, Чирикова и др.) для анализа как сильнокислых почв, так и почв, имеющих щелочную реакцию, а также почв с низким содержанием апатитоподобных соединений (прежде всего, песчаных и супесчаных), обязательно приводило к существенному занижению оценки обеспеченности этих почв фосфором. Использование этих методов для почв с повышенным и высоким содержанием соединений, обозначаемых как фракция Са-Р (метод Chang, Jackson и его модификации), и содержанием >10 мг/100 г для метода Кирсанова и >15 мг/100 г для метода Чирикова приводило к обязательному существенному завышению этой оценки. Повышенное и высокое содержание высокоосновных фосфатов кальция характерно прежде всего для почв аккумулятивного типа почвообразования на лессах и лессовидных суглинках.

Применение методов, основанных на использовании вытяжек, имеющих слабощелочную реакцию (Olsen, Мачигин, Chang, Jackson–вытяжка NH_4F), на почвах с щелочной реакцией ведет к значительному занижению оценки фосфатного состояния почв.

Поэтому использование кислотных, а иногда и щелочных методов позволяет получить объективную оценку плодородия только тех почв, состав и свойства которых близки к составу и свойствам почв, на которых проводили исследования по разработке группировок их обеспеченности фосфором или калием. Прежде всего, это содержание ила или

физической глины, количество апатитоподобных соединений, величина рН почвенного раствора.

Проблема заключается даже не в “жесткости” метода, а в необходимости в этом случае иметь слишком много “шкал”. Например, для точного определения калийного состояния почв необходимо иметь группировки обеспеченности калием как минимум на каждые 10% содержания ила или физической глины, что явно не технологично. Для фосфора проблема осложняется еще и тем, что количество апатитов тесно связано с гранулометрическим составом только в пределах песчаных и супесчаных почв. Более подробно закономерности взаимовлияния почв и экстрагентов изложены ранее [7–9].

В связи с невысокой природной обеспеченностью почв питательными веществами эффективность удобрений на всех пахотных почвах Украины достаточно высока. Однако на практике окупаемость 1 кг д.в. удобрений редко превышает 4 кг зерна.

К 2000 г. применение удобрений в земледелии Украины упало со 148 кг (1985–1990 гг.) до 19 кг д.в. НРК/га посевной площади. Фактором уменьшения уровня применения удобрений и их невысокой эффективности послужили недостаточно продуманные социально-экономические преобразования в стране. Вторая основная причина такого явления – это ошибочная оценка состояния плодородия почв, нерациональная система удобрения культур и, как следствие, низкая отдача от применения дорогостоящих удобрений и снижение спроса на них.

В этих условиях необходимо было как можно скорее усовершенствовать методологию почвенной диагностики. Наиболее простой путь – это адаптация уже имеющейся нормативной базы к условиям Украины. Причем сделать это необходимо было так, чтобы агрохимслужба страны могла перейти на использование новых стандартов без заметных проблем.

Теоретической основой разработки служила ранее предложенная концепция, рассматривающая фосфатную и калийную системы почв как открытые полиморфные и поликомпонентные термодинамические системы, в которых непрерывно происходят самопроизвольные, энергетически выгодные процессы распада и разрушения, уравновешенные процессами синтеза [10]. Поэтому данные почвенные системы отличаются высокой стабильностью показателей при кажущейся их динамичности. Уровень динамического равновесия экстенсивно используемых почв, выраженный как содержание подвижных соединений, находится на границе низкой и средней обеспеченности для фосфора и в пределах средней обеспеченности для калия.

Существенная динамика количества подвижных соединений фосфора (ограниченное время) возможна в 3-х случаях: после распашки верхнего гумусового горизонта целинных или залежных почв, после прекращения удобрения окультуренных почв (снижение содержания P_2O_5 или K_2O), а также при поступлении в систему фосфора извне (повышение содержания P_2O_5 или K_2O), например, в случае внесения фосфорсодержащих удобрений.

Содержание подвижных фосфора, калия (возможно, микроэлементов) – это не концентрация элементов в почвенном растворе, а некая константа, величина которой предопределена физико-химическими условиями, характерными для поверхности планеты. Это фундаментальная способность почвы к обмену между твердой и жидкой фазами, “цена” которой устанавливается на основе опытов с растениями [11]. Уровень динамического равновесия, выраженный как содержание подвижного фосфора, соответствует следующим величинам (мг P_2O_5 /кг почвы): 50 ± 5 – по Чирикову, 55 ± 5 – по Кирсанову, 16 ± 2 – по Мачигину, 18 ± 2 – по Olsen (ISO 11236), 0.25 ± 0.03 – по Карпинскому–Замятиной. Уровень динамического равновесия калийной системы почвы соответствует следующим величинам (мг K_2O /кг почвы): 60 ± 15 – по Чирикову, 75 ± 15 – по Кирсанову, 150 ± 25 – по Мачигину и 8 ± 3 – по Дашевскому. Разумеется, полученные результаты нуждаются в уточнении. Автор надеется, что эта информация заинтересует коллег и будет проверена. Данное положение легко проверить при определении фосфора методом Карпинского–Замятиной, а также методами Мачигина или Olsen (почвы с кислой или нейтральной реакцией). Для этого достаточно всего лишь провести качественно аналитическую работу.

При использовании кислотной или щелочной вытяжки (для определения содержания калия) приведенные выше результаты можно получить для почв, свойства которых близки к свойствам почв, для которых разрабатывали группировки их обеспеченности фосфором или калием. Например, с высокой степенью вероятности можно утверждать, что для метода Кирсанова данные группировки разрабатывали на почвах оподзоленного ряда при pH_{KCl} в пределах 4.5–6.8, содержанием фракции Са-Р – 80–100 мг P_2O_5 /кг почвы и содержанием физической глины – 44–48%.

Предложенная концепция фосфатного и калийного состояния почв является дискуссионной и, безусловно, требует обсуждения. Тем не менее, по мнению автора, она отвечает главным критериям – истории и практике земледелия. Использование концепции позволяет объяснить известные эмпирические данные о высокой эффективности мине-

ральных удобрений на всех типах пахотных почв с природным уровнем плодородия, в том числе черноземах (при условии высокой культуры земледелия и достаточной влагообеспеченности). Кроме того, становится понятным, почему рекомендуемые дозы удобрений практически не зависят от типа почвы (исключая почвы засушливых зон) [12]. Тем не менее, без дальнейшего совершенствования теоретических положений разработка точной системы почвенной диагностики невозможна.

Территория Украины подразделяется на следующие основные природные зоны: Украинское Полесье, Лесостепь и Степь.

Наиболее пестрым является почвенный покров Полесья, что обусловлено большой неоднородностью гранулометрического и химического состава почвообразующих пород. Преобладают (>65%) дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава.

Почвообразующей породой большей территории зоны Лесостепи служат лессы тяжелого гранулометрического состава. В почвенном покрове данной зоны преобладают черноземы типичные, составляющие около 57% площади пашни.

Основные почвы зоны Степи – черноземы обыкновенные, южные и каштановые почвы на лессовых породах. Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава (45–55% и более частиц почвы < 0.01 мм) занимают ≈60% площади пашни.

Поскольку почвенный покров страны достаточно неоднороден, было очевидно, что простого решения проблемы повышения точности почвенной диагностики не существует. Поэтому было решено использовать несколько направлений.

Первое направление. Были определены регионы и типы почв, на которых применение конкретных химических методов позволяло наиболее объективно оценить уровень их плодородия. Установлены нормы погрешности определения P_2O_5 и K_2O в зависимости от состава и свойств почв и предложены соответствующие поправки. Например, для метода Кирсанова (ДСТУ 4405-2005) с целью уменьшения ошибки определения подвижных P_2O_5 и K_2O автором предложена система поправки на влияние гранулометрического состава почв и pH_{KCl} почвенного раствора (табл. 1, 2).

Для почв легкого гранулометрического состава данные, приведенные в таблице, следует складывать с фактическими величинами, полученными при проведении химического анализа; для тяжелых почв (в отношении содержания K_2O) – наоборот, вычитать.

Таблицы с указанием норм поправки в зависимости от состава или свойств почв были также включены в стандарты Украины: ДСТУ 4115-2002 (метод Чирикова), ДСТУ 4114-2002 (метод Мачиги-на), проект ДСТУ (метод Масловой).

Следует признать, что использование поправок может лишь несколько повысить точность диагностики, но не решить проблему в целом. Например, при одних и тех же величинах содержания ила или физической глины почвы могут различаться по минералогическому составу, что может повлиять на результаты их химического анализа. Кроме того, для установления величины поправки для данных анализов необходима дополнительная информация о содержании физической глины или о величинах рН почвы. Причем эта информация должна быть точной.

Второе направление. В случаях, когда введение поправок было невозможным, была изменена сфера использования стандартов. Например, содержание апатитов в почвах аккумулятивного типа на лессовых породах определяется их литогранулометрическими особенностями, которые нельзя связать с какими-либо почвенными показателями. Поэтому сфера использования метода Чирикова в национальном стандарте (ДСТУ 4115) включает только почвы оподзоленного ряда Лесостепной зоны на лессовых породах, в которых, как правило, содержание фракции Са-Р находится в пределах 100–150 мг P_2O_5 /кг почвы.

По всей видимости, группировки обеспеченности фосфором для данного метода разрабатывали именно для этих типов почв. Во всяком случае, метод Чирикова позволяет получить наиболее объективную оценку фосфатного состояния почв с содержанием фракции Са-Р в пределах 130–150 мг P_2O_5 /кг и с рН_{КСl} в интервале 4.5–6.8.

Третье направление – стандартизация солевых методов. Автором были разработаны нормативные документы на методы Карпинского–Замятиной (0.03 н. раствор K_2SO_4) и Дашевского (0.03%-ный раствор $MgSO_4$) как наиболее изученные. Результаты анализов почв данными методами практически не зависят от содержания термодинамически устойчивых соединений фосфора или калия. Поэтому данные методы определения подвижных соединений фосфора или калия являются универсальными и не требуют введения поправок на негативное влияние тех или иных свойств почв. К преимуществам солевых методов следует отнести их низкую себестоимость, простоту анализа и высокую производительность.

В связи со стандартизацией методов на основе солевых растворов необходимо отметить следующие

Таблица 1. Величины поправок при определении содержания P_2O_5 и K_2O в почвах по методу Кирсанова в зависимости от содержания в них физической глины, мг/кг

Содержание фракции почвы <0.01 мм, % (по Качинскому)	Поправки, мг/кг почвы	
	P_2O_5	K_2O
≤6	+30	+30
6–10	+25	+20
11–15	+20	+10
16–20	+15	+5
21–25	+10	0
41–45	–	0
46–50	–	–10
51–55	–	–20
56–60	–	–30
60–65	–	–40
≥66	–	–50

Таблица 2. Величины поправок при определении содержания P_2O_5 в почвах по методу Кирсанова в зависимости от рН_{КСl} почвенного раствора

рН _{КСl} (ГОСТ 26483)	Поправка, мг/кг
4.5	+5
4.4	+10
4.3	+15
4.2	+20
4.1	+25
4.0	+30
3.9	+35
3.8	+40

шее. Для характеристики плодородия почв относительно содержания питательных веществ и доступности их растениям, принято употреблять ряд терминов: усвояемый, доступный, подвижный (фактор емкости), степень подвижности (фактор интенсивности), обменный, активный и другие. Подразумевается, что каждое из этих понятий отражает некую особенность используемого метода и различия в доступности конкретного элемента питания растениям.

Вместе с тем принцип действия всех без исключения химических методов одинаков, а поэтому утверждать, что по данным конкретного метода такой-то элемент более “подвижный”, чем по другому методу, некорректно.

Оценка плодородия почв, полученная ранее автором на основе использования методов, базирующихся на разных принципах, – химических методов, метода ионообменной хроматографии, метода

радиоактивных индикаторов; биологических методов (полевых, вегетационных и лабораторных опытов с растениями) – позволила прийти к следующему выводу. Отсутствие тесной корреляции между данными, полученными разными химическими методами, свидетельствует не об “оттенках” подвижности, а всего лишь о случайной либо систематической ошибке.

Четвертое направление – это гармонизация национальных стандартов с международными: например, стандарта Украины ДСТУ ISO 11263:2001. Метод на основе раствора гидрокарбоната натрия (ISO 11263), известный как метод Olsen, получил широкое распространение в мировой практике. К сожалению, он также не лишен определенных недостатков: для почв, имеющих щелочную реакцию, использование метода Olsen ведет к значительному искусственному занижению получаемых данных, вплоть до полного “исчезновения” фосфора в карбонатных горизонтах почв, имеющих сильнощелочную реакцию [9]. Автором разработан способ повышения точности оценки фосфатного состояния почв по данному методу за счет учета влияния щелочности почв на результат проведения их химического анализа и усовершенствования шкалы обеспеченности почв фосфором [13].

Высокие требования нормативных документов к точности проведения анализа часто обесцениваются несовершенством группировок обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ, а иногда и их отсутствием. Это еще одно направление, важность которого, по мнению автора, сильно недооценена. Работа по определению оценки состояния плодородия почв даже при условии использования оптимального для данной почвы метода может быть перечеркнута неправильно разработанной группировкой почв. То есть невозможно получить положительный результат, используя, например, измерительный прибор с неправильно откалиброванной шкалой.

Например, проведенные автором исследования показали, что использование в Украине группировок обеспеченности почв фосфором и калием по методу Кирсанова ведет к искусственному занижению оценки плодородия почв Украинского Полесья. Это связано с тем, что почвы данной зоны, как правило, имеют легкий гранулометрический состав (<20% физической глины), а исследования по разработке данных группировок явно проводили для более тяжелых почв России (по-видимому, средне-суглинистого гранулометрического состава).

Кроме того, при разработке шкалы необходимо соблюдать одно обязательное правило: цена деления должна быть одинакова. К сожалению, в агрохимии

это условие часто не соблюдается. Например, для метода Чирикова величина градации (шаг) составляет сначала 30, потом 50 мг P_2O_5 /кг; для метода Кирсанова – сначала 25, потом 50, далее – 100 мг P_2O_5 /кг почвы.

Автором проведена работа по совершенствованию группировок обеспеченности почв фосфором и калием для стандартных методов. Усовершенствование проведено за счет расширения или, наоборот, сокращения числа градаций, корректировки интервала величин в пределах градации (шага), а также в отдельных случаях корректировки величин отдельных группировок. Данная разработка находится на стадии производственной проверки. Исключение составляет разработанная автором группировка обеспеченности почв фосфором по методу Карпинского–Замятиной (соответствующая таблица включена в стандарт).

Первые разработанные автором национальные стандарты Украины были введены в действие еще в 2001–2002 гг. Анализ результатов агрохимического обследования конкретных полей показал, что предложенная система диагностики позволяет достаточно точно диагностировать плодородие почв в отношении макроэлементов. В целом это и являлось сверхзадачей, поскольку систему удобрения разрабатывают отдельно для каждого поля.

Тем не менее, оказалось, что получить объективную оценку эффективности новых нормативных документов, опираясь только на данные агрохимслужбы Украины (ГУ “Госпочвохрана”), практически невозможно.

Это можно пояснить следующим образом. Внешение удобрений переводит фосфатную или калийную систему почв в энергетически невыгодное неравновесное состояние. Вследствие этого после прекращения внесения удобрений содержание подвижных питательных веществ в почве, согласно второму закону термодинамики, должно снижаться до исходного уровня, причем длительность этого процесса определяется прежде всего количеством остаточных удобрений и гранулометрическим составом почвы. Это, собственно, и было отмечено в условиях фактически экстенсивного земледелия (1995–2010 гг.).

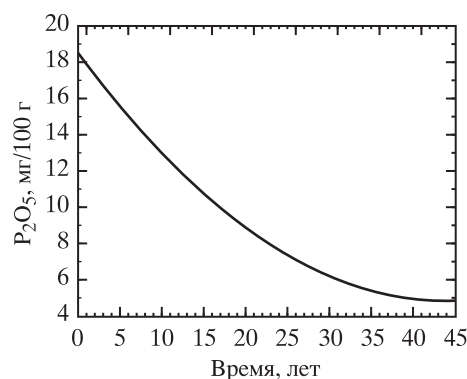
Проблема лишь в том, что интенсивность снижения, по данным агрохимического обследования, была существенно меньше прогнозной, полученной автором на основе статистической обработки данных ряда полевых опытов. Например, согласно полученной математической модели, среднегодовое уменьшение содержания P_2O_5 на искусственно созданном фосфатном фоне (P1800) составляло в первые 10 лет 0.55 мг P_2O_5 /100 г почвы, за 30 лет –

0.41 мг $P_2O_5/100$ г. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Снижение фосфатного уровня почвы с 18.0 мг $P_2O_5/100$ г до уровня динамического равновесия (5.0 мг $P_2O_5/100$ г) ожидается после 35 лет экстенсивного использования (рисунок). Среднегодовое уменьшение содержания K_2O на калийном фоне (К1200) составило 0.85 мг $K_2O/100$ г. Снижение калийного уровня почвы с 13.5 мг $K_2O/100$ г до уровня динамического равновесия – 8.1 мг $K_2O/100$ г почвы – произошло всего за 12 лет.

Согласно установленным закономерностям, в целом в Украине содержание калия уже к 2006 г. должно было прийти к уровню 1966 г., который, учитывая низкие дозы удобрений, примененных в то время, можно принять за природный уровень. Средневзвешенное содержание фосфора в Украине к 2010 г. должно было приблизиться к этому уровню и составлять ≈ 80 мг $P_2O_5/кг$ почвы.

Расхождения в оценке плодородия, полученной по данным полевых опытов и данным агрохимического обследования, вызваны рядом факторов. Основной причиной появления видимости незначительного уменьшения содержания P_2O_5 и K_2O в почвах в условиях резко отрицательного баланса питательных веществ в земледелии послужило несовершенство методики обследования. А именно – выведение в последние годы из оборота и обследования наименее плодородных почв, прежде всего почв легкого гранулометрического состава, что автоматически способствовало искусственному завышению статистических показателей. Если в 1966–1970 гг. площадь обследования составляла 31.8 млн. га, то в 2006–2010 гг. – всего 24.8 млн. га (табл. 3).

В связи с методическими проблемами сравнительная оценка точности разных методов диагностики была проведена на основе статистического анализа и обобщения материалов автоматизированного информационного банка данных. Для проведения такой оценки использовали данные химического анализа только удобренных или малоудобренных почв (в которых содержание остаточных соединений фосфора или калия не превышало



Динамика уменьшения содержания подвижного фосфора (по Чирикову) в пахотном слое чернозема тяжелосуглинистого после прекращения внесения фосфорных удобрений.

10–20 мг/кг почвы в пересчете на метод Чирикова). В этом случае имелся критерий – величина уровня динамического равновесия фосфатной или калийной почвенных систем. Если данные конкретного вида анализа совпадали с этой величиной, оценка составляла 100 баллов. Погрешность проведенного статистического анализа в зависимости от объема выборки, как правило, находилась в пределах 5–10 баллов.

Было установлено следующее. Из всех действующих нормативных документов Украины, устанавливающих методы определения соединений азота в почвах, использование метода определения запаса минерального азота в определенном слое почвы позволяет получить наиболее объективную оценку азотного состояния почв. С 2008 г. в Украине действует национальный стандарт ДСТУ 4727 “Качество почвы. Определение нитратного и аммонийного азота в модификации ННЦ ИПА”. Эта методика позволяет определять как нитратный, так и аммонийный азот из одной навески почвы, следовательно, более оперативно и качественно проводить почвенную диагностику.

Из всех действующих нормативных документов или утвержденных проектов ДСТУ, которые устанавливают методы определения подвижных соединений фосфора и калия в почвах Украины,

Таблица 3. Средневзвешенное содержание подвижных соединений фосфора и калия в почвах Украины (по данным ГУ “Госпочвохрана”)

Годы обследования	Площадь обследования, млн. га	Внесено с минеральными удобрениями, кг/га		P_2O_5	K_2O
		P_2O_5	K_2O		
1966–1970	30.9	14	12	71	98
1986–1990	29.4	41	42	106	113
2006–2010	24.8	10	7	100	112

Таблица 4. Сравнительная оценка методов диагностики фосфатного и калийного состояния почв зоны Украинского Полесья (высшая точность – 100 баллов)

Метод	Нормативный документ	Оценка состояния почв	
		фосфатного	калийного
Olsen	ДСТУ ISO 11263	100	–
Мачигина	ДСТУ 4114-2002	110	35
Карпинского–Замятиной	ДСТУ 4727-2007	100	–
Дашевского	Проект ДСТУ	–	100
Кирсанова	ГОСТ 26207-91	50	45
Кирсанова	ДСТУ 4405-2005	75	70

наиболее объективно позволяют оценить питательный режим почв слабощелочные и солевые методы Olsen (ДСТУ ISO 11263), Мачигина (ДСТУ 4114), Карпинского–Замятиной (ДСТУ 4727), Дашевского (утвержденный проект ДСТУ).

Необходимо отметить и проблемы, связанные с использованием национальных стандартов Украины. Методики анализа по методам Мачигина и Olsen предусматривают дополнительную операцию – обесцвечивание вытяжки. Имеющиеся группировки обеспеченности почв K_2O для метода Мачигина позволяют точно оценить калийное состояние, как упоминалось выше, только тяжелых по гранулометрическому составу почв (тяжелосуглинистых и легкоглинистых). Использование данного метода на легких почвах (в том числе Полесья) ведет к искусственному занижению оценки калийного состояния почв (табл. 4). Методы Olsen и Карпинского–Замятиной позволяют определять только содержание P_2O_5 в почвах. Необходимо также наработать опыт использования этих методов в производственных условиях (в филиалах ГУ “Госплородолие”). Существует также необходимость в разработке нормативного документа, устанавливающего группировки обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора по методу Olsen.

Применение кислотного метода Кирсанова (ГОСТ 26207) ведет к искусственному занижению оценки фосфатного и калийного состояния почв Полесья (соответственно на 50 и 45 баллов). Применение кислотного метода Чирикова (ГОСТ 26204) приводит к искусственному завышению этой оценки (в 2 и более раза) некарбонатных почв зоны Степи, которая составляет 210 баллов для фосфора и 230 – для калия. Разумеется, полученные числовые величины оценки не абсолютны. Они зависят от типа изучаемых почв и величины выборки. Тем не менее, можно утверждать, что эти данные достаточно четко отражают реальное состояние проблемы.

Точность оценки плодородия почв Украины при использовании ДСТУ 4405 (метод Кирсанова) по сравнению с ГОСТ 26207 (метод Кирсанова) повышается незначительно. Поэтому задача получения адекватной оценки калийного и фосфатного состояния почв при широком применении (на миллионах гектаров) “жестких” методов Кирсанова и Чирикова (даже с условием их улучшения), по мнению автора, не имеет корректного решения.

Анализ публикаций показал, что в мировой практике для оценки калийного состояния почв широко используют слабощелочной 1 М раствор CH_3COONH_4 [14]. В странах СНГ метод с использованием ацетата аммония известен как метод Масловой. В 2008 г. автором разработан и утвержден в соответствующих инстанциях проект нормативного документа. Дальнейшие исследования не выявили каких-либо явных преимуществ метода Масловой перед другими “жесткими” методами. Возможно, решение автора разработать стандарт на метод Масловой было не вполне обоснованным, поскольку его использование ведет к дублированию результатов анализа, полученных другими методами.

Из всех изученных методов только использование солевого метода Дашевского позволило без поправочных коэффициентов достаточно объективно оценить калийное состояние почв Украины. Существуют факторы, мешающие широкому применению солевого метода Дашевского: представление о солевых методах как о второстепенных методах, лишь дополняющих кислотные; отсутствие опыта его использования в производственных условиях (в филиалах ГУ “Госплородолие”); отсутствие официальных группировок почв по содержанию калия (предварительные группировки разработаны автором); то, что метод позволяет определять только содержание K_2O в почвах. Тем не менее, большинство этих недостатков метода преодолимы. Соответствующий национальный стандарт Украины, вероятно, вступит в действие в 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из наиболее быстрых и экономичных способов повышения урожая сельскохозяйственных культур и получения при этом продукции соответствующего качества является разработка оптимальных систем удобрения на основе точной оценки состояния плодородия почв.

Использование стандартов СССР, устанавливающих методы определения содержания подвижных соединений азота, фосфора и калия в почвах Украины, во многих случаях приводит к значительным ошибкам. Несовершенство диагностики питания растений ведет к искажению (завышению или, напротив, занижению) оценки состояния плодородия почв не только конкретных полей, но и целых регионов.

Совершенствование методики почвенной диагностики достигали путем решения следующих задач: установления нормы погрешности “жестких” методов определения содержания P_2O_5 и K_2O в зависимости от состава и свойств почв и разработки поправок на влияние этих факторов; определения регионов и типов почв, для которых применение конкретных методов позволяет наиболее объективно оценить уровень их плодородия; изменения сферы использования стандартов; стандартизации солевых методов; гармонизации национальных стандартов с международными; усовершенствования группировки обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янишевский П.Ф. Химическая оценка фосфатного состояния почв // *Агрохимия*. 1996. № 4. С. 95–116.
2. Кораблева Л.И. Агрохимическая характеристика светло-бурых глееватых и луговых мощных почв Закарпатской области // *Агрохим. работы*. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. L. С. 275–321.
3. Агрохимическая характеристика почв СССР. Украинская ССР. М.: Наука, 1977. 344 с.
4. Чумаченко И.Н., Янишевский Ф.В. Симпозиум “Совершенствование методологии исследования фосфатного режима почв, оптимизации питания растений и баланса фосфора в экосистемах” // *Агрохимия*. 1999. № 1. С. 94–96.
5. Христенко А.А., Бурлакова Л.Н., Корецкая Л.К. Оценка методов определения содержания подвижных соединений азота, фосфора и калия в почвах // *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тематичн. наук. зб.* Харків: ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського”, 2009. Вип. 70. С. 82–88.
6. Лазебна М.Є. Система нормативного забезпечення якості та охорони ґрунтів: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Харків, 2011. 20 с.
7. Носко Б.С., Христенко А.А. Влияние состава и свойств почв на результаты определения содержания подвижного фосфора химическими методами // *Агрохимия*. 1996. № 4. С. 86–95.
8. Христенко А.А. Влияние состава и свойств почв на результаты определения в них подвижного фосфора по методу Кирсанова // *Агрохимия*. 2004. № 11. С. 80–86.
9. Khristenko A.A., Ivanova S.E. Diagnosis accuracy improvement of the phosphate status of Ukrainian soils // *Better crops*. 2012. V. 96. № 2. P. 5–7.
10. Христенко А.А. Проблема изучения фосфатного состояния почв // *Агрохимия*. 2001. № 6. С. 89–95.
11. Христенко А.О. Рухомість “рухомих” елементів живлення рослин у ґрунті // *Вісник аграрної науки*. 2009. № 8. С. 16–20.
12. Довідник працівника агрохімслужби / Под ред. Носка Б.С. Киев: Урожай, 1986. 312 с.
13. Христенко А.О. Спосіб корегування точності оцінки фосфатного стану ґрунтів за методом Олсена (на основі гідрокарбонату натрію). ПАТ.00 на корисну модель № 41725. Україна, МПК (2009) G01N 33/24 / Бюл. № 11. 6 с.
14. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. *Практ. рук-во*. М.: Ледум, 2000. 185 с.

Use of National Standards for Diagnosing the Nitrogen, Phosphate, and Potassium Statuses of Ukrainian Soils

A.A. Khristenko

National Scientific Center “Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry”
ul. Chaikovskaya 4, Kharkov, 61024 Ukraine
E-mail: khristenko.an@mail.ru

It has been shown that the use of the USSR standards regulating the methods for the determination of available nitrogen, phosphorus, and potassium compounds in Ukrainian soils frequently results in considerable errors. Basic approaches used for increasing the accuracy of soil diagnostics have been indicated. Necessity for the further extension of theoretical researches with the purpose of improving the soil diagnostics has been substantiated. Normative documents have been listed, the use of which allows the most objective assessment of nitrogen, phosphate, and potassium statuses of soils in the country.

Key words: national standards, diagnostics, nitrogen, phosphorus, potassium, soils, Ukraine.