

УДК 631.415.2

ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ПОЧВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗОК

А. С. ХОЛОДНАЯ¹⁾, К. А. ДЕСЯТНИК¹⁾

¹⁾Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского Национальной академии аграрных наук Украины, ул. Чайковская, 4, 61024, Харьков, Украина

Предложенные нами методы значительно ускоряют экологическую диагностику почв, не беря во внимание их происхождение и внешние факторы. При этом упрощается мониторинг почвенных ресурсов и выявляется влияние, которое негативно или положительно влияет на ход почвенных процессов. Данные методы положены в основу методологии оперативной диагностики воздействия природных и антропогенных нагрузок на функциональную устойчивость кислых почв и могут быть использованы не только учеными в специальных научных учреждениях, но и производителями (при наличии необходимого минимума приборной базы). Следует отметить, что данная разработка не требует высоких финансовых затрат, однако дает максимально полную картину состояния почвы в текущий период.

Ключевые слова: функциональная устойчивость; буферность; активность протеазы; коэффициент функциональной устойчивости.

OPERATIONAL DIAGNOSTICS OF FUNCTIONAL STABILITY OF SOILS UNDER THE ACTION OF VARIOUS LOADS

A. S. KHOLODNA^a, K. O. DESYATNYK^a

^aInstitute of Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovski National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Chaikovska street, 4, 61024, Kharkiv, Ukraine

Corresponding author: A. S. Kholodna (lonakalt@gmail.com)

Methods proposed by us considerably speed up the ecological diagnostics of soils, regardless their origin and external factors. This facilitates monitoring of soil resources and reveals the factors that negatively or positively influence the course of soil processes. These methods had already become the basis of «Methodology of operational diagnostics of natural and anthropogenic loads' influence on the functional stability of acid soils». As the final stage of the diagnosis, we proposed a formula for calculating the coefficient of functional stability of soils (K f.st.), based on their genetic features. The fact that this scientific development does not require high financial costs, but gives the fullest possible picture of the soil state in the current period is very important.

Key words: functional stability; buffer ability; activity of protease; coefficient of functional stability.

Образец цитирования:

Холодная А. С., Десятник К. А. Оперативная диагностика функциональной стойкости почв под действием различных нагрузок // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 2. С. 48–56.

For citation:

Kholodna A. S., Desyatnyk K. A. Operational diagnostics of functional stability of soils under the action of various loads. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 2. P. 48–56 (in Russ.).

Авторы:

Алёна Сергеевна Холодная – аспирант.
Карина Александровна Десятник – кандидат биологических наук; научный сотрудник.

Authors:

Alona S. Kholodna, PhD student.
lonakalt@gmail.com
Karina A. Desyatnyk, PhD (biology); researcher.
lonakalt@gmail.com

Введение

В последние годы из-за желания получить максимальные урожаи растет антропогенное давление на почвы. Оно связано с использованием физиологически кислых удобрений, пестицидов, гербицидов, химических мелиорантов разной степени качества, а также с применением в качестве «заменителей» навоза сидератов, которые вследствие быстрой минерализации их свежего высоколабильного органического вещества, обуславливают подкисление почвы. Вместе с этим почвы подвержены стрессу в связи с глобальными изменениями климата, поскольку прогнозируемое повышение температуры почвы усиливает в ней диссоциацию органических кислот, интенсивность воздействия почвенной биоты на минерализацию органического вещества и дополнительное образование кислотообразующих оксидов азота, серы и углерода. Таким образом, в наше время одними из основных критериев диагностики функциональной устойчивости почв должны быть оперативность и способность отражать их «здоровье».

Традиционная система агрохимической и агроэкологической диагностики состояния почв базируется в основном на комплексе таких агрохимических и физико-химических показателей, как уровень рН, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание подвижного алюминия, содержание тяжелых металлов, биологических показателей, но значительно реже – физических. Определение содержания каких-либо веществ в почве по традиционным аналитическим методам является трудоемким и длительным, поскольку включает отбор и транспортировку образцов, а также их лабораторно-химический анализ.

Нами предложена удобная, ресурсоохраняющая и, что особенно важно, относительно дешевая разработка, представляющая собой оперативную диагностику функциональной устойчивости почв под влиянием природных и антропогенных нагрузок. Диагностирование выполняется в несколько этапов: потенциометрические исследования *insitu*, моделирование нагрузок (природных и антропогенных), диагностика изменений в почве путем биоиндикации с использованием чувствительных к изменениям окружающей среды организмов и определение кислотно-основной буферности почвы. Такой способ позволяет комплексно отразить эффективность функционирования почвы.

Следует отметить, что впервые было предложено использование коэффициента функциональной устойчивости почвы (К ф.уст.), как интегрального показателя физико-химических (буферная способность и активность кальция) и биологических (активность фермента протеазы) свойств почв. Все это является весомым фактором, если рассматривать почву как живое биологическое тело, которое нельзя представлять через призму отдельных составляющих, а только через определенную их совокупность [1, с. 3].

Буферные свойства почв играют важную роль в стабилизации почвенного плодородия, поэтому в прогнозировании эволюционной направленности плодородного потенциала почв именно это свойство было выбрано нами как одно из тех, что наиболее влияет на их устойчивость. Буферная емкость относительно того или иного элемента плодородия является надежным критерием его устойчивости и показателем для оценки функционирования питательного режима по конкретному элементу.

Одним из ключевых показателей плодородия почвы является их кислотно-основное состояние. Кислотно-основное равновесие почв непосредственно связано с содержанием щелочных и щелочно-земельных катионов в качестве основных антагонистов водорода и других элементов, которые влияют на формирование уровня рН. Именно баланс этих элементов в почве определяет вектор направления почвенных процессов в сторону подкисления или, наоборот, подщелачивания почвенной среды.

Величина активной или потенциальной кислотности, а также щелочности часто не могут служить объективной характеристикой кислотно-основной функции почв. В теоретическом и практическом плане важнее четкое определение уровня податливости почв к подкислению и, наоборот, к ощелачиванию. Применение последних достижений почвоведческой науки в направлении использования теоретических и практических положений буферной способности почв позволяет избавиться от этих недостатков. Пример диагностики и оптимизации кислотно-основного состояния конкретного типа почвы приведены в работах [2–4].

Говоря о стабильности почвы, необходимо обратить внимание на кальций, который является важной составляющей стабильности почвы как природного тела. Он одновременно – один из важнейших макроэлементов питания растений, фактор структурирования почвы и стабилизации гумуса, регулятор почвенной кислотности. Поэтому устойчивость запасов почвенного кальция и оптимизация процессов его аккумуляции-диссипации в почве является первостепенным вопросом. Особую актуальность эта проблема приобретает в современных условиях климатической нестабильности в связи с накоплением в атмосфере двуоксида углерода, а следовательно, опасности сдвигов карбонатного равновесия.

Характеристику почвенных процессов с участием кальция осуществляют через группу потенциалов, среди которых главное место занимает известковый потенциал $pH - 0,5pCa$ или потенциал водородно-кальциевого обмена.

Среди многих существующих сегодня методов диагностики и оптимизации кислотно-щелочного равновесия в почвах преобладают методы, опирающиеся на определение в них гидролитической кислотности, солевого и водного pH.

Почвенные микроорганизмы – пионеры почвенно-образовательного процесса. Они в значительной степени определяют биологическую активность почв, их плодородие, экологическое состояние. Однако на сегодняшний день актуальным является их свойство служить индикаторами «здоровья почвы». Именно микроорганизмы одними из первых реагируют даже на незначительные изменения окружающей среды, поэтому их реакции на разного рода поллютанты, чаще – тяжелые металлы, или колебания условий существования являются очень ценными для экологического мониторинга, в том числе и для почвенного.

Среди микробиоты значительную роль играют ферменты – органические катализаторы белковой природы, которые накапливаются в почве в процессе жизнедеятельности живых организмов. Благодаря ферментам в почвах происходят процессы гумусообразования, восстановления, активизируются трофическая и санитарная функции и т. д. Однако природные катализаторы сплошь и рядом ингибируются за счет:

- 1) применения интенсифицированной обработки почв;
- 2) загрязнения почвы пестицидами;
- 3) образования таких специфических природных соединений, как танины и терпены в почвах под лесной растительностью, а также микроцистинов в почвах озерных отложений;
- 4) загрязнение окружающей природной среды и др.

Ферменты составляют весомую долю почвенной фауны, поэтому в современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, улучшение условий их существования является одной из важнейших задач экологического почвоведения. В частности, применение научно обоснованной системы обработки и удобрения почвы способствует увеличению популяций различных микроорганизмов. Однако, в связи с популяризацией именно ресурсоохранных методик, в мире появляются новые пути оптимизации микробного режима почв. Одним из таких методов является запахивание дубового (и других видов) биоугля в пахотный слой почвы [5, с. 215]. Доказано, что это приводит к увеличению количества общего органического углерода, микробиологической активности и, как следствие, качества почвы.

Деградационные процессы имеют дуалистический характер – природный, с одной стороны, и антропогенный – с другой. Новым в почвоведении является вопрос рекультивации и восстановления нарушенных почв городских массивов. В последнее время в литературе все чаще появляется термин «урбаноземы» – антропогенно измененные [6, с. 5] почвы городских территорий, искусственный профиль которых имеет поверхностный слой толщиной до 50 см, созданный человеком путем отсыпки, перемешивания, захоронения материалов (субстратов) чисто урбаногенного происхождения. Поэтому функции и свойства таких почв подвергаются значительному нарушению, особенно в плане функционирования их биологической составляющей.

Нас заинтересовали исследования на экологически уязвимых почвах городских массивов (урбаноземах) с целью активизации их биологической составляющей и, как следствие, частичного самовосстановления. Было предложено выращивание некоторых видов энергетических культур, которые положительно влияют на состояние почвенной фауны и активности фермента протеазы [7; 8], причем не только на урбаноземы, но и на ряд других почв. Важно отметить, что такие энергетические культуры, как мискантус гигантский (*Miscanthus Giganteus*) и ива энергетическая (*Salix*) являются также и декоративными растениями, что особенно ценно при их культивировании в городских зонах.

Протеазная активность – один из интегральных показателей общей биологической активности почвы, ее потенциальная способность разлагать белки и пептиды. Протеаза участвует в мобилизации и круговороте азота. Чем выше содержание подвижного азота и других элементов питания в почве, тем активнее происходит процесс окисления целлюлозы. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы расщепляют клетчатку, синтезируют и частично выделяют аминокислоты в среду.

Протеазу считают одним из важнейших ферментов в почвах черноземного типа, однако нельзя недооценивать ее положительное влияние и в других почвенных видах. Определение протеазной активности в кислых и лесных почвах, почвах, подвергшихся деградационным процессам, – эффективный прием почвенно-экологического мониторинга. Именно деградированные почвы представляют собой широкое поле для исследования в области экологического почвоведения, так как в первую очередь они нуждаются в мероприятиях по рекультивации, причем экологически безопасных из-за своей уязвимости.

Биологическое воспроизводство и поддержание плодородия почв как деградированных, так и с нарушенным строением невозможно без учета микробиологической, следовательно, и ферментативной составляющей. Особое значение в данной работе мы предоставляем именно протеазе как ферменту, участвующему в преобразовании азотистых соединений. Определению протеазной активности уделялось много внимания и в прошлом веке, однако даже после многих лет исследований в литературе остается

значительное количество пробелов по реакции протеазы на посторонние факторы. Существующие методики подсчета активности этого фермента отличаются трудоемкостью и применением достаточно большого количества реактивов и приборов. Кроме того, погрешности при таком анализе весьма существенны.

Нами был усовершенствован метод определения протеазной активности по Мишустину и разработан точный экспресс-механизм определения количественного показателя протеазной активности почвы, который позволяет значительно упростить и ускорить существующие методики, получить объективные данные о качестве почвы. Важно и то, что данный метод достаточно легко воспроизвести на практике, имея в наличии необходимый минимум материалов. Именно поэтому предложенный метод имеет значительные преимущества по сравнению с уже существующими.

Исходя из того, что в современном мире предпочтение отдается не только качеству, но и скорости получения результатов, изложенная ниже методика диагностики изменений и экологического состояния почв позволит значительно усовершенствовать экологический мониторинг почв различного генезиса и, как следствие, воспроизвести физические и биологические свойства.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовали потенциметрические, биологические методы и методы определения кислотно-основной буферности.

Кислотно-основное состояние почвы эффективно оценивать через прямое потенциметрическое определение ион-селективными электродами, которое позволяет проводить измерения непосредственно в почве без отбора образца, а в лабораторных условиях не требует никаких операций обработки почвенного материала, кроме разведения водой.

Определяемая потенциметрически активность вещества в почве – это активное содержание данного вещества в водной фазе в натурной почве, или в условиях, максимально приближенных к таковой.

Активность обычно измеряют в мг-экв/л; или приводят в виде логарифмического показателя, аналогичного рН:

$$a \text{ [мг-экв/л]}; \text{ или приводят в виде логарифмического показателя, аналогичного рН: } pa = - \lg a.$$

Для перехода от миллиграммов на литр следует умножить значение a на атомную или молекулярную массу определяемого элемента, отнесенную к единице его валентности (эквивалентную массу). Для перехода к содержанию в почве следует учесть содержание в ней водной фазы (влажность).

Для обменных катионов кальция (Ca^{++}) активность следует трактовать как активное содержимое подвижной, водорастворимой формы.

Любое потенциметрическое измерение является эффективным для непосредственного изучения динамики содержания подвижного вещества в почве, а также для определения пространственной вариативности (пестроты) этой информации – например, для нахождения «пятен», чтобы корректировать нормы удобрений на полях, что особенно важно в практике точного земледелия.

В настоящее время существует общепринятый способ потенциметрического определения рН. Кальций может быть определен по ДСТУ 4725:2008.

Метод определения кислотно-основного буферности почвы базируется на измерении изменения рН почвенной суспензии в результате добавления серии возрастающих доз кислоты и щелочи. Он определяется по ДСТУ 4456:2005. Результаты оформляют графически в виде зависимости рН дозы добавки (d). Полученная кривая рН-буферности является основой для нормативного прогнозирования потребностей химической мелиорации для той или иной почвы.

Кислотное плечо буферности для кислых почв нами принято за отрицательное (негативное) крыло рН-буферности, а щелочная – за положительное. Основными показателями рН-буферной способности почв являются:

- буферная емкость почвы в щелочном плече (интервале) нагрузок (БЕщ);
- буферная емкость почвы в кислом плече (интервале) нагрузок (БЕк);
- коэффициент буферной асимметрии (КБА) – соотношение между разницей и суммой вышеназванных емкостей:

$$\frac{\text{БЕ}_{\text{л}} - \text{БЕ}_{\text{к}}}{\text{БЕ}_{\text{л}} + \text{БЕ}_{\text{к}}};$$

- общий оценочный показатель буферности (ООПБ), включающий сумму буферных емкостей с учетом коэффициента асимметрии, определяется по формуле:

$$(\text{БЕщ} + \text{БЕк}) (1 - | \text{КБА} |).$$

Чем ниже коэффициент асимметрии, тем более высокий уровень течения обратных процессов, или уровень саморегуляции генетически присущей кислотно-щелочному равновесию почвы.

Диагностику и оптимизацию кислотно-основного состояния конкретной почвы осуществляют путем:

- определения оптимальных значений рН почвенного раствора для сельскохозяйственных культур;
- построения графика рН-буферности для конкретной почвы с отделением оптимальных зон рН на графике;
- определения оптимального уровня рН почвы в пределах конкретного севооборота, для достижения которого необходимо рассчитать дозу мелиоранта;
- расчета и внесения соответствующей дозы мелиоранта в почву с целью достижения заданного уровня.

Определение ферментативной активности по показателям активности протеазы выполнено модифицированным методом фотоавтографии на базе лаборатории плодородия гидроморфных и кислых почв ННЦ «ИПА им. А. Н. Соколовского». В основу способа положен метод определения протеазной активности по Мишустину [9, с. 146].

В качестве аппликационного материала были использованы фотопленки. Нами усовершенствован метод подсчета протеазной активности с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

Для проведения определения протеолитической активности необходимы:

- 1) почвенные образцы (50 г – масса одного образца);
- 2) чашки Петри;
- 3) неэкспонированная фотопленка;
- 4) дистиллированная вода.

В чашку Петри на дно кладут отрезок пленки (в нашем исследовании использованы пленки размером 2,5 смх7,5 см) желатиновым слоем вверх. На пленку выкладывают максимально гомогенизированную почву навеской 50 г. Одной из поставленных нами задач было определение скорости полного разложения желатинового слоя пленки, поэтому мы увлажняли почвенные образцы дистиллированной водой, доведя до 80 % от полной влагоемкости почвы.

Пленки вынимают через 3–5 дней (в зависимости от типа почвы) для дальнейшего определения количественной величины активности протеазы, осторожно промывают дистиллированной водой, высушивают и прикрепляют на картон, желательно черного или желтого цвета (наиболее удобные цвета для дальнейшей работы в графическом редакторе). Полученные пленки сканируют. За контроль принимаем пленку с неразложившимся желатином.

Отсканированное изображение открывают с помощью графического редактора Adobe Photoshop. Создают графический документ размером 2,5 см х 7,5 см с прозрачным фоном и разрешением 78,74 пикселей на сантиметр (пкс/см). На отсканированном изображении выделяют участок с фотопленкой, копируют и вставляют в предварительно созданный файл, масштабируют.

С помощью инструмента «Выделение → Цветовой диапазон» пипеткой выбираем цвет фона (разложенный слой желатина), при этом значение команды «разброс» для максимальной точности должно равняться 200. После чего открываем инструмент «Гистограмма», где в пикселях указаны площади как всего изображения (в нашем случае это 116427 пикселей), так и съеденного желатинового слоя – то есть непосредственно фона изображения. По соотношению площадей вариантов с разложившимся желатином к контрольному образцу получаем величину общей биологической активности почвы в процентах.

Важно отметить, что от качества отсканированного изображения и от цвета фона будет зависеть результат дальнейших измерений. Для более лучшей визуализации желательно отредактировать изображение в графическом редакторе, как показано на рис. 1.

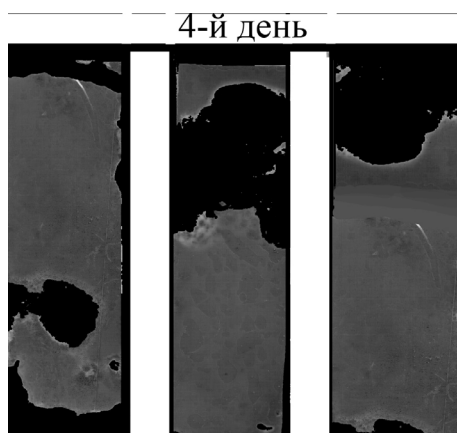


Рис. Оцифрованное изображения фотопленки на 4-й день проведения опыта

Fig. Digitized image of a photo-film piece on the 4th day of research

Ниже приведен алгоритм пересчета протеолитической активности для изображений с разрешением 78,74 пкс/см и пленок, размером 2,5 см x 7,5 см:

площадь одного квадратного сантиметра в пересчете на пиксели:

$$S = 78,74 \times 78,74 = 6200 \text{ пкс};$$

1) площадь пленки в пикселях

$$S_{\text{пл.}} = 116427 \text{ пкс.}$$

Проверка:

а) $S_{\text{пл.}} = 2,5 \text{ см} \times 7,5 \text{ см} = 18,8 \text{ см}^2;$

б) $S_{\text{пл.}} = 116427/6200 = 18,8 \text{ см}^2;$

2) площадь разложившегося желатинового слоя в см^2

$$S_{\text{ж.}} = S_{\text{ж.}}(\text{пкс})/6200;$$

3) активность протеазы в %

$$\text{ПА} = S_{\text{ж.}} / S_{\text{пл.}} \cdot 100.$$

По полученным данным, при анализе различных видов почв было обнаружено, что в лабораторных условиях при указанной влагоемкости, проводить сравнение результатов между контролем и полученными вариантами опыта можно уже через 3–4 дня. В табл. 1 сведены данные наблюдения за процессом разложения желатинового слоя пленки в почвах на третий день проведения опыта. Согласно полученным результатам, можно наглядно убедиться в достаточности продолжительности процесса (до 3 дней назад), так как на 4–5-й день желатиновый слой почти полностью уничтожен на всех пленках.

Таблица 1

**Протеазная активность почв разного происхождения
(при условии увлажнения образцов до 80 % от полной влагоемкости)**

Table 1

Protease activity of soils of various origin (in conditions of moistening the samples to 80 % of the total moisture capacity)

Название почвы	ПА I, %	ПА II, %	ПА III, %	Среднее, %	НСР ₀₅ , %
Чернозем типичный среднесмытый	76,90	73,59	75,72	75,40	1,32
Чернозем обычный среднесмытый	51,54	49,03	50,53	50,37	1,87
Дерново-подзолистый	4,85	5,62	5,15	5,21	2,02
Луговая аллювиальная почва	45,05	45,18	44,65	44,69	4,04
Лугово-болотная аллювиальная почва	34,55	37,12	34,13	35,27	5,15
Урбанозем черноземный	39,30	39,81	38,18	39,10	2,11
Урбанозем литоземный	38,44	41,91	40,74	40,36	2,81
Урбанозем черноземно-луговой	70,67	72,07	71,36	71,37	4,58

Кроме того, благодаря этому методу можно определить скорость действия протеаз в отдельных почвах при различных условиях обработки и при различных нагрузках.

Результаты исследования и их обсуждение

Финальным этапом оперативной диагностики функциональной устойчивости почв является непосредственно вывод коэффициента их функциональной устойчивости. В связи с тем, что кислотно-основная буферность почвы является интегральным показателем, отражающим изменения в нем (колебания pH и рСа) и способность почвы противостоять внешним нагрузкам, данный показатель должен быть одним из ключевых при определении устойчивости почвы.

Но, упуская из виду живую составляющую почвы, невозможно сделать объективную оценку реакции почвы на экзогенное влияние. Поэтому нами предложены следующие варианты формулы вывода коэффициента функциональной устойчивости почв (К ф.уст.), исходя из их генетических особенностей:

- для дерново-подзолистых почв

$$K_{\text{ф.уст.}} = 0,4 \times B + 0,6 \times П;$$

- для серых лесных

$$K_{\text{ф.уст.}} = 0,6 \times B + 0,4 \times П;$$

- для черноземов оподзоленных

$$K_{\text{ф.уст.}} = 0,7 \times B + 0,3 \times П;$$

• для луговых почв

$$K_{\text{ф.уст.}} = 0,5 \times B + 0,5 \times П,$$

где B – соотношение значения общего оценочного показателя буферности (ООПБ) исследуемой почвы под влиянием антропогенных или природных нагрузок к значению ООПБ той же почвы без нагрузок;

П – соотношение значения протеазной активности исследуемой почвы под влиянием антропогенных или природных нагрузок к значению протеазной активности той же почвы без нагрузок.

В табл. 2 приведены изменения коэффициента функциональной устойчивости почв под влиянием антропогенных нагрузок, которые имеют место на почвах сельскохозяйственного использования, и изменение коэффициента на почвах (в том числе и деградированных), на которых не выращиваются сельскохозяйственные культуры. Кроме того, нами просчитан коэффициент функциональной устойчивости почв при выращивании энергетических культур.

Таблица 2

Функциональная устойчивость почв с разным кислотно-основным равновесием под воздействием антропогенных нагрузок

Table 2

Functional stability of soils with various acid-base balance under the pressure of anthropogenic loads

Вариант	ООПБ, балы	ПА, %	К функц. уст.
Дерново-подзолистые почвы			
Контроль	13,3	37,0	1,00
НРК	11,4	25,0	0,74
Гашеная известь	15,0	36,0	1,03
Сидераты	11,8	20,0	0,67
Энергетические культуры	12,1	39,0	0,99
Серые лесные почвы			
Контроль	16,4	42,0	1,00
НРК	14,2	36,0	0,86
Гашеная известь	18,0	30,0	0,94
Сидераты	16,0	38,0	0,95
Энергетические культуры	16,2	40,0	0,98
Черноземные почвы			
Контроль	30,2	50,0	1,00
НРК	28,2	45,0	0,92
Гашеная известь	29,0	39,0	0,91
Сидераты	30,0	58,0	1,04
Энергетические культуры	30,1	63,0	1,10
Луговые почвы			
Контроль	38,7	63,0	1,00
НРК	–	–	–
Гашеная известь	–	–	–
Сидераты	36,4	61,0	0,95
Энергетические культуры	38,0	65,0	1,01

Исходя из того, что дерново-подзолистые почвы имеют наименьшую буферную емкость, ее роль в поддержании функциональной устойчивости почвы будет менее значимой, чем в серых лесных и черноземных почвах. Луговые почвы отличаются как высокой буферной способностью, так и значительным биологическим разнообразием, то есть эти показатели в равной степени влияют на их свойства.

Поэтому нами предложено вышеприведенное соотношение показателя буферности ООПБ и биологического ПА, которые в совокупности составляют коэффициент функциональной устойчивости почв.

Из табл. 2 следует, что самая высокая функциональная устойчивость присуща черноземам. Дерново-подзолистые почвы более склонны к потере функциональной устойчивости под воздействием внешних нагрузок.

Целесообразно было бы определить преимущества предлагаемых нами методов относительно существующих способов определения вышерассмотренных показателей.

Таким образом, определение каких-либо показателей почвы непосредственно в поле значительно быстрее и менее затратно, так как исключаются расходы времени и материальных ресурсов на подготовку и транспортировку образцов, приобретение реактивов и прочее. Поэтому преимущество потенциометрического метода исследования кислотно-основного состояния почвы очевидно.

До сих пор существовало несколько методов определения биологической активности почвы, но все они – довольно сложные в исполнении, а получение результатов занимает очень много времени. Наиболее распространенные из них следующие:

- метод, основанный на применении целлюлозных стандартов;
- метод по интенсивности разложения льняного полотна;
- метод определения протеолитической активности почв с помощью фотобумаги или фотопленки.

Заключение

Проводилась модернизация уже существующих методов определения протеазной активности почв, что позволило воспроизвести этот анализ при наличии персонального компьютера и незначительного количества лабораторных принадлежностей.

В современных условиях интенсивного роста антропогенного давления человека на окружающую среду одними из основных критериев диагностики функциональной устойчивости почв должна быть ее оперативность, поскольку ряд почв легко поддается изменениям в результате внешних нагрузок. Следовательно, возникает насущная необходимость в своевременном выявлении этих изменений с целью эффективного управления их плодородием.

Впервые был предложен алгоритм определения функциональной устойчивости почв, включающий ряд несложных, нетрудоемких, дешевых этапов, благодаря которым можно получить данные по отдельному типу почвы в очень короткие сроки:

- диагностика кислотно-основного состояния почв ион-селективными методами с определением уровней активности иона кальция и pH почвы;
- моделирование нагрузок (природных и антропогенных) на почвы;
- диагностика изменений биологической активности почвы путем оперативного способа определения протеазной активности в ней;
- определение изменения кислотно-основной буферности почвы под воздействием нагрузок;
- вывод коэффициента функциональной устойчивости почв.

Таким образом, предложенная оперативная диагностика позволяет комплексно отразить эффективность функционирования почвы и, соответственно, быстро разрабатывать управленческие меры по улучшению показателей почвы с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Библиографические ссылки

1. Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Холодна А. С. Методологія оперативної діагностики впливу природних та антропогенних навантажень на функціональну стійкість кислих ґрунтів. Харків, 2017.
2. Гамкало М. З., Гамкало З. Г. pH-буферність ґрунтів чорногірського масиву Карпатського біосферного заповідника // Агрохімія та ґрунтознавство. 1998. № 3. С. 142–143.
3. Жарикова Е. А. Оценка параметров калийного состояния почв Среднеамурской низменности // Почвоведение. 2004. № 7. С. 819–827.
4. Зайцева Т. Ф. Буферность почв и вопросы диагностики // Изв. СО АН СССР. 1987. № 14/2. С. 69–80.
5. Demisie W., Liu Z., Zhang M. Effect of biochar on carbon fractions and enzyme activity of redsoil // Catena. 2014. № 121. P. 214–21.
6. Тихоненко Д. Г., Горін М. О. Проблеми картографування урбаноземів // Вісник ХНАУ. 2013. № 2. С. 5–11.
7. Цапко Ю. Л., Холодная А. С. Изменение биологической активности деградированных черноземов Харьковской области при выращивании мискантуса гигантского // Colloquium-journal. 2017. № 10. С. 9–12.
8. Цапко Ю. Л., Холодна А. С. Протеазна активність урбаноземів Харківської області за умов вирощування мискантусу гігантського // Ґрунтознавство. 2017. № 18 (1–2). С. 66–71.
9. Мишустин Е. Н., Никитин Д. И., Востров И. С. Модернизация методов учёта почвенного микронаселения и его активности // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Минск, 1968. С. 144–150.

References

1. Tsapko Yu. L., Desyatnik K. O., Kholodna A. S. [Methodological guidelines for operational diagnostic of natural and anthropogenic loads' influence on the functional stability of acid soils]. Kharkiv, 2017 (in Ukrainian).
2. Gamkalo M. Z., Gamkalo Z. G. [pH-buffer of soil of chornohora massif of the Carpathian biosphere reserve]. *Agrokhimiya ta ґрунтознавство*. 1998. No. 3. P. 142–143 (in Ukrainian).

3. Zharikova E. A. [Potential buffer ability of soils due to Potassium of Amur region plains.] *Pochvovedenie*. 2004. No. 7. P. 819–827 (in Russ.).
4. Zayceva T. F. [Soil buffer and questions of diagnosis]. *New sof AAS USSR*. 1987. No. 14/2. P. 69–80 (in Russ.).
5. Demisie W., Liu Z., Zhang M. Effect of biochar on carbon fractions and enzyme activity of red soil. *Catena*. 2014. No. 121. P. 214–21.
6. Tyhonenko D. G., Gorin M. O. [Problems of mapping of urban soils]. *Bulletin of KhNAU*. 2013. No. 2. P. 5–11 (in Ukrainian).
7. Tsapko Yu. L., Kholodnaya A. S. [Changes of biological activity of degraded chernozems in Kharkiv region due to giant miscanthus cultivation]. *Colloquium-journal*. 2017. No. 10. P. 9–12 (in Russ.).
8. Tsapko Yu. L., Kholodna A. S. [Protease activity of urban soils of Kharkiv region after the influence of giant miscanthus cultivation]. *Gruntoznavstvo*. 2017. No. 18 (1–2). P. 66–71 (in Ukrainian).
9. Mishustin E. N., Nikitin D. I., Vostrov I. S. [Modernization of methods of accounting of soil micro-population and its activity]. *Microorganisms in agriculture*. Minsk, 1968. P. 144–50 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 10.05.2018
Received by editorial board 10.05.2018