

О РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВОВ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

И. И. Ельников

Почвенный институт им. В.В. Докучаева

В развитии исследований по изучению изменения агрохимических показателей свойств почв под влиянием различных воздействий на почву и растения и последующего его нормирования можно выделить несколько основных этапов. Первый связан с разработкой научного обеспечения химизации земледелия, главным образом, применения удобрений. На этом этапе в бывшем СССР выполнены крупные исследования по агрохимической характеристике и определению изменения свойств разных типов почв в пространстве, времени и агрохимическому картированию почв. Результаты исследований обобщены в 16-и выпусках сборников (1962–1976 гг.) под общим названием «Агрохимическая характеристика почв СССР», а также в ряде научных сборников Географической сети опытов с удобрениями. Второй этап связан с научным обеспечением интенсификации земледелия и разработкой технологий по получению максимальной продуктивности растений на разных типах почв. Основное внимание на этом этапе уделялось изучению корреляции изменения агрохимических показателей свойств почв с продуктивностью растений и определению оптимальных параметров свойств, а затем и моделей плодородия почв. Результаты исследований обобщены в серии научных трудов Почвенного института, который координировал эти работы (Основные итоги..., 1981). Новый (современный) этап в развитии исследований агрохимической характеристики почв направлен на научное обеспечение экологизации земледелия, стратегическим ориентиром которого является создание антропогенных ландшафтов со сбалансированным балансом химических элементов в системе «почва–растение» и получением экологически безопасной растительной продукции. В связи с этим на новом этапе антропогенные нагрузки на почву и растения должны дозироваться с учетом их влияния не только на продуктивность, но и на качество питания растений.

Разработанные на первом и втором этапах исследований группировки почв по обеспеченности подвижными формами элементов, с указанием допустимых их пределов изменения, не полностью решают эту задачу. Объясняется это тем, что при их разработке оценка изменения свойств почв проводилась преимущественно по одному критерию – урожайности или прибавкам урожая от внесенных удобрений. Кроме того, эти группировки носят сильно обобщенный характер и нуждаются в уточнении применительно к разным антропогенным ландшафтам и отдельным видам культур и сорту. На современном этапе для научно обоснованной экологи-

ческой оценки дозирования антропогенных нагрузок и изменения под их влиянием агрохимических свойств почв необходимы данные по качеству питания растений большим числом макро- и микроэлементов. Это объясняется тем, что безопасность растительной продукции функционально связана с качеством питания растений, которое в свою очередь зависит от качества почв. Недостаточное внимание к этой проблеме отражается на качестве питания населения, нарушение которого в России является одним из факторов медико-демографического кризиса (Румянцев, 2004) и вымирания населения. За рубежом для целей мониторинга ведутся крупные исследования по разработке кадастров концентраций химических элементов в растениях с применением мультиэлементного анализа растительных образцов (Маркерт, Второва, 1995). Таким образом, экологический подход к определению изменения агрохимических свойств почв под влиянием антропогенных и техногенных воздействий требует сопряженных исследований изменения агрохимических свойств почв и реакции растений на эти изменения применительно к каждому агроландшафту, виду и сорту культуры. Одностороннее изучение изменения только свойств почв невыгодно не только с агроэкологической, но и с экономической точки зрения, так как это дорогостоящие исследования, и при их проведении необходимо стремиться к получению максимального объема информации.

Остановимся на некоторых методических вопросах. Понятие «норматив изменения свойств почв» мы рассматриваем как производное от широко известного понятия «норма». Если в качестве критерия изменения свойств почв взята реакция растений, то за «норму» можно принять такое их изменение, в границах которого сохраняется высокий уровень плодородия и оптимальное качество элементов питания растений, обеспечивающее получение экологически безопасной растительной продукции. Выявленные на основе этого критерия нормативы мы относим к нормативам первого уровня. Их разработка на данном этапе наиболее доступна и в то же время остро необходима для практики. При разработке нормативов второго уровня должен использоваться более сложный комплексный критерий, например показатели устойчивости почвенных процессов, а также показатели загрязнения окружающей среды, связанные с изменением свойств почв под влиянием антропогенных воздействий и показатели круговорота химических элементов в системе почва–растение и др. Разработка норм по полной программе требует специальной организации системы наблюдений (комплексных, профильных, дискретных и непрерывных по времени) за изменением свойств почв. Первоначальная цель этих наблюдений – выявить сам факт изменения изучаемого свойства почвы под влиянием антропогенных воздействий. Затем требуется составить характеристику этого изменения по следующим показателям: статистическая достоверность изменения, амплитуда колебания и степень отклонения от минимального

уровня, обусловленного генезисом почвы, сбалансированность изменения с другими свойствами почвы. Необходимо также различать понятия норматив изменения величины изучаемого показателя и норматив скорости его изменения под влиянием антропогенного воздействия. Норматив изменения величины изучаемого показателя, по нашему мнению, это допустимое по выбранному критерию изменение, которое равно разности между оптимальным и фактическим его уровнем в изучаемых условиях. Определить этот норматив можно лишь в том случае, если известны его оптимальные или максимально допустимые уровни по выбранному критерию. Более сложным является вопрос определения норматива скорости изменения свойств почв за определенный промежуток времени, но и этот норматив должен определяться с учетом степени отклонения фактического уровня исследуемого показателя от оптимального.

Антропогенное воздействие можно считать допустимым, если оно способствует в течении одного или нескольких вегетационных периодов достижению оптимальных значений свойств почв или не меняет уже достигнутые оптимальные уровни. С учетом изложенного разработку нормативов целесообразно начинать с формирования баз данных по сопряженному изменению агрохимических свойств почв корнеобитаемой зоны и реакции растений на эти изменения, по показателям качества питания, что даст возможность наметить оптимальные уровни содержания питательных элементов в почве и растениях.

В системе критериев отзывчивости растений на изменения изучаемого свойства почвы, большое значение имеет также прямой или косвенный учет изменения доступности растениям основных питательных элементов, который проводится с использованием методов растительной диагностики. В сущности, показатели доступности растениям основных элементов питания можно рассматривать как интегральный индикатор оптимальности всех факторов, влияющих в изучаемых условиях на качество питания растений, урожайность, экологическую безопасность растительной продукции и состояние окружающей среды. Этот показатель сильно изменяется в зависимости от комплекса почвенных условий и других факторов. Соответственно будут варьировать и нормативы изменения содержания подвижных форм элементов питания в почве.

Для примера приведем данные по разработке нормативов изменения содержания подвижного фосфора в пахотном слое дерново-подзолистой почвы. Существует большая совокупность факторов хозяйственной деятельности человека, оказывающих влияние на изменение содержания подвижного фосфора в почве. Основные из них тип севооборота, система применения минеральных удобрений и их виды, органические удобрения, техногенное загрязнение почвы цинк- и кальцийсодержащими материалами, а также факторы, влияющие на подкисление почвы, подвижность же-

леза и марганца и др. Однако, несмотря на разнообразие антропогенных факторов, влияющих на изменение содержания подвижного фосфора, скорость его изменения и величина будут определяться в основном степенью влияния этих факторов на доступность растениям подвижного фосфора, а, следовательно, и вынос его урожаем. Впервые это подтвердил анализ большого числа опытов с удобрением разных культур, которые проводились в бывшем СССР на дерново-подзолистых почвах (Ельников, 1981). Корректировка этих данных по опытам с ячменем и озимыми зерновыми культурами, проведенными в системе бывшей агрохимслужбы СССР в Нечерноземной зоне, показала возможность прогнозирования нормативного изменения содержания подвижного фосфора в пахотном слое дерново-подзолистых почв по следующей упрощенной математической модели:

$$OP_p = -53.2 - 1.2NK + 0.89NPK + 5.3Hg - 0.89S + 0.71V - 2.9Gu + 1.5P_{исх} + 0.26Fg,$$

где OP_p – относительный оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в пахотном слое почв (P_2O_5 , мг/100 г по Кирсанову); NK , NPK – величина урожая зерновых культур без фосфора и с фосфором удобрений в оптимальной дозе, ц/га; Hg – гидролитическая кислотность, мг-экв/100г; S – сумма поглощенных оснований, мг-экв/100г; V – степень насыщенности основаниями, %; Gu – содержание гумуса, %; $P_{исх}$ – исходное содержание подвижного фосфора, мг/100г; Fg – содержание фракций менее 0.01 мм, %. Все частные коэффициенты регрессии достоверны при вероятности 95 %, число наблюдений 80.

Особенностью настоящей модели является диагностика и учет доступности растениям фосфора почвы. В конкретных почвенных условиях. Диагностика питания растений фосфором может осуществляться разными методами, но особенно эффективны методы многоэлементной диагностики и прямые опыты с удобрениями. В нашем примере диагностика обеспеченности растений фосфором проведена по данным опытов с фосфорным удобрением, путем сравнения величины урожая по вариантам без фосфорных удобрений (вариант NK) и с оптимальной или близкой к ней дозой фосфорного удобрения (вариант NPK). Большие различия в величине урожая по указанным вариантам косвенно свидетельствуют о слабой доступности растениям фосфора почвы и соответственно высокой отзывчивости растений на фосфорные удобрения и наоборот. В зависимости от этого показателя, который неизбежно будет сильно варьировать под влиянием различных антропогенных воздействий и свойств почв существенно изменяется и оптимальная величина содержания подвижного фосфора в почве, а, следовательно, и нормативы его изменения. В сокращенном виде это иллюстрирует таблица, в которой показаны прогнозируемые нормативы повышения содержания подвижного фосфора в почве при разной его доступности растениям в зависимости от содержания в почве физической глины.

Прогноз составлен при средних значениях включенных в модель свойств пахотных дерново-подзолистых почв. Ниже в скобках указаны пределы их колебания: pH_{KCl} – 5,9 (5.1–6.8) Hg – 1.9 (1.0–4.2) мг-экв на 100 г почвы, S – 10.5 (5.2–15.6) мг-экв/100г почвы, V – 81.4 (53–96)%, Gu – 2.4 (1.2–2.8)%, P_2O_5 – 8.0 (3.5–21) мг/100 г почвы. Из таблицы следует, что, чем больше в почве содержится физической глины, и чем меньше доступность растениям фосфора почвы, тем больше допустимый диапазон его изменения. При отсутствии вариации почв по гранулометрическому составу допустимый уровень повышения содержания подвижного фосфора в почве в значительной степени будет определяться содержанием органического вещества, гидролитической кислотностью, суммой и степенью насыщенности почвы основаниями. Из модели также следует, что норматив изменения содержания подвижного фосфора в почве должен зависеть и от величины урожая на исследуемом фоне. Чем она выше, тем меньше, при равном агрофоне, оптимальный уровень содержания подвижного фосфора и соответственно допустимая амплитуда его колебания. Это объясняется тем, что на агрофонах с высокими урожаями фосфор почвы лучше используется растениями, в связи с этим сильное повышение фосфатного уровня может отрицательно повлиять на безопасность растительной продукции

Расчетные значения нормативов повышения содержания подвижного фосфора (P_2O_5) на дерново-подзолистых почвах в зависимости от величины урожая зерновых культур, эффективности фосфорных удобрений и содержания физической глины, мг/100 г

Урожай (ц/га) по вариантам: без (НК) и с фосфором удобрений (НРК) в оптимальной дозе		Норматив повышения подвижного фосфора по отношению к исходному его уровню (8 мг/100г) на почвах с содержанием физической глины, %				Оптимальный уровень содержания подвижного фосфора на почвах с содержанием физической глины, %			
НК	НРК	15	25	35	45	15	25	35	45
25	35	7.0	10	13	15	15	18	21	23
25	30	3	6	8	11	11	14	16	19
25	27	0	3	6	8	8	11	14	16
25	25	0	1	4	6	8	9	12	14
30	40	6	8	11	13	14	16	19	21
10	20	12	15	17	20	20	23	25	28

Примечание. Эффективность фосфорных удобрений определяется по разности $НРК - НК$, чем она больше, тем меньше доступность растениям фосфора почвы.

Рассмотренный пример показывает, что разработка нормативов изменения агрохимических свойств почв должна проводиться только на локальном уровне и с учетом доступности растениям питательных элементов из

почвы. Это позволит разрабатывать их нормативы от антропогенного воздействия для любого агроландшафта в комплексе с мероприятиями по управлению плодородием почв и оценкой этих воздействий на окружающую среду, что необходимо для научного обеспечения адаптивного земледелия. В перспективе требуется также разработка классификации различных источников воздействия на почвы и растения по их влиянию на агрохимические свойства почвы, особенно обеспеченность растений макро- и микроэлементами. Зная, как влияют изучаемые объекты воздействия на агрохимические свойства почв и зависимость от этих свойств качества питания растений, можно прогнозировать по математическим моделям и экологическую опасность этих воздействий. Исследование связи агрохимических и других свойств почв с качеством питания растений большим числом макро- и микроэлементов в настоящее время следует рассматривать как составную и необходимую часть общей программы по оценке воздействий на окружающую среду, которая давно внедряется в практику земледелия во многих странах мира (Оценка воздействий ..., 1994)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные итоги исследований институтов – исполнителей темы 02. "Разработать оптимальные параметры показателей уровня плодородия почв и их окультуривания в интенсивных системах земледелия" М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1981. 111 с.

Маркерт Б., Второва В.Н. Кадастры концентраций химических элементов растений лесных экосистем Восточной Европы //Изв. РАН. Сер. биол. 1995. №5. С. 545–553.

Ельников И.И. О методике прогнозирования оптимального уровня содержания подвижного фосфора в почве // Регулирование плодородия почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. Пушино, 1981. С. 190–194.

Оценка воздействий на окружающую среду (методические указания) / Под ред. Д.М. Хомякова, С.Г. Голубевой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. 41 с.