

При разработке моделей плодородия почв предлагается выделять понятия экономически и экологически обоснованные модели плодородия.

Ключевые слова: почва, плодородие, бонитет почв, оценка земель, экология.

Для повышения эффективности ведения сельскохозяйственного производства важное значение имеют создание почв с заданными свойствами и внесение необходимых доз удобрений для получения планируемых урожаев. При этом для разных уровней урожайности и интенсификации производства соотношение необходимой обеспеченности растений элементами питания, потребляемыми из почв и удобрений, различается. С повышением уровня интенсификации производства и планируемой урожайности доля потребления растениями элементов питания из почв уменьшается, однако при этом возрастает доля влияния на урожай водно-физических, биологических, физико-механических свойств почвы.

При повышении уровня антропогенного воздействия на почву увеличивается и степень нарушения экологического равновесия. Почва переходит на новый информационно-энергетический уровень, который не находится в равновесии с окружающей средой и может поддерживаться только при продолжающемся адекватном воздействии на почву вещества и энергии. Увеличивается степень открытости термодинамической системы почвы, усиливаются миграция веществ в водную и воздушную среду, загрязнение растений. Уменьшается разнообразие горизонтов, сорбционных центров, локальных геохимических барьеров, экологических ниш. Степень проявления этих процессов в итоге, сказывается на состоянии окружающей среды и в длительной перспективе не может не учитываться при оценке плодородия почв. С экологической точки зрения необходимо создание таких почв, которые не ухудшают существенно состояние окружающей среды. Это определяет экологически обоснованные модели плодородия почв.

При этом, с нашей точки зрения, модель плодородия почв – это оптимальное сочетание свойств почв, процессов и режимов для достижения максимальной биопродуктивности угодий при экономической и экологической целесообразности создаваемых параметров. Однако, максимально возможный урожай с.х. культур определяется, в первую очередь, климатическими условиями (суммой температур, солнечной радиацией, количеством осадков), как в целом за вегетационный период, так и в отдельные фазы развития растений. Создавать почвы с большим содержанием биофильных элементов, которые не могут использовать растения (с учетом коэффициента их использования из почв) экономически и экологически невыгодно.

Климатические условия определяют и оптимальные показатели свойств почв (водопроницаемость, содержание подвижных фосфатов и т.д.).

Максимальное использование фотосинтетически активной радиации (ФАР) составляет 3-5%. Однако, реально в урожае сельскохозяйственных культур она равна 1-2,5%. Это обусловлено неблагоприятными свойствами почв и несовершенством всех звеньев систем земледелия (систем севооборотов, удобрения, обработки, интегрированной защиты растений), обеспеченности основными и производственными фондами, организационными проблемами и квалификацией сотрудников. С нашей точки зрения, модели плодородия почв – это в первом приближении, оптимальные свойства почв для достижения максимально возможного по климатическим условиям урожая, и степени оптимизации всех звеньев систем земледелия. При этом в модель плодородия должны включаться и необходимые для поддержания плодородия на нужном уровне дозы удобрений и мелиорантов, показатели засоренности, фитосанитарного состояния посевов, структура почвенного покрова, состояние полей и др. В более широком плане следует говорить о моделях оптимального состояния полей [1, 3]. Аналогичной точки зрения придерживается и ряд авторов, указывающих на зависимость оптимальных свойств почв от климата, положения по рельефу, структуры почвенного покрова [5, 7, 9].

Методика. В проведенных исследованиях на дерново-подзолистых почвах Московской области разной степени окультуренности показана целесообразность введения понятий экономически и экологически обоснованные модели плодородия почв.

Экономически обоснованные модели плодородия почв представляют собой оптимальное сочетание свойств, процессов и режимов почв для получения максимального урожая возможного по климатическим, экологическим и экономическим условиям при экономической целесообразности затрат. Оптимальные свойства почв (Y) зависят от климатических условий (K), гранулометрического состава почв (Г), минералогического состава (М), расположения почвы на отдельных элементах рельефа (Р); состава и уровня грунтовых вод (ГВ), характера и степени загрязнения (З), структуры почвенного покрова (СП), выращиваемой культуры (Ку). Очевидно, что оптимальные свойства почв зависят от планируемого урожая с.х. культур (Ур), уровня интенсификации производства (У), степени оптимальности всех звеньев систем земледелия (СЗ).

$$Y = \sum k_i K_i + k_i \Gamma + k_i M + k_i P + k_i ГВ + k_i З + k_i СП + k_i Ку + k_i Ур + k_i У + k_i СЗ$$
, где k_i – степень влияния рассматриваемых независимых переменных на оптимум определенного свойства почв Y или сводный показатель плодородия $\sum k_i K_i = Y_{св}$.

При этом каждый из указанных независимых переменных является интегральным показателем параметров более низкого иерархического уровня. Например, влияние климатических условий на оптимум свойств почв зависит от количества осадков, солнечной радиации, температурного режима за год, вегетационного периода, отдельных фаз развития растений и от соотношения рассматриваемых показателей.

Таким образом, урожай с.х. культур (Y) определяют интегральным показателем климатических условий ΣK , интегральным показателем свойств почв Σn , интегральным показателем антропогенного воздействия ΣA .

Для оценки степени окультуривания и плодородия почв предлагается использовать уравнение множественной регрессии $P = K \sum k_i x_i$, где K – показатели модели плодородия почв для данных конкретных условий, k_i – степень влияния свойств почв на биопродуктивность (от 0 до 1); x_i – значения показателей свойств почв в долях от оптимума, соответствующего модели плодородия (от 0 до 1). При этом под x_i понимают также приемы антропогенного воздействия. Каждый фактор x_i является интегральным от x_{i-n} более низкого иерархического уровня. Величина K может выражаться в зерновых или кормовых единицах, кг/Дж, которые можно получить с 1 га при существующих климатических условиях, уровне оптимизации систем земледелия и свойствах, процессах и режимах почв, соответствующих модели плодородия (100 баллов для региональных условий). Показано, что подобные уравнения правомочны в конкретных интервалах x_i и при определенных соотношениях k_i к x_{i-n} .

Уровень интенсификации производства может быть экстенсивным, средним, высоким и очень высоким. Он определяется количеством вносимых удобрений (кг/га), мелиорантов, степенью оптимизации систем земледелия, обработки, удобрений, интегрированной защиты растений, наличием основных и производственных фондов, квалификацией персонала.

Очевидно, что модель плодородия будет отличаться для получения урожая зерна 20 и 120 ц/га; для богарных и для орошаемых условий, при внесении удобрений и без удобрений.

Достигнутая модель плодородия или создание оптимальных для данных условий свойств почв должны постоянно поддерживаться адекватным антропогенным воздействием (системой севооборотов, удобрения и т.д.). Почва при прекращении этого воздействия очень быстро деградирует, причем более интенсивно, чем не окультуренная.

Результаты и их обсуждение. С нашей точки зрения, свойства почв, соответствующие модели плодородия не должны превышать оптимумов, которые необходимы для получения планируемого урожая, обусловленного, как климатическими факторами, так и существующими сочетанием свойств почв и уровнем интенсификации производства. Если по климатическим условиям нельзя получить урожайность более 30 ц/га зерна, то нет необходимости создавать почву с плодородием для получения 70 ц/га. Если по физико-химическим или водно-физическим свойствам нельзя получить урожайность более 20 ц/га, то без их оптимизации вносить удобрения для получения 100 ц/га нерентабельно. Аналогично, если для возможного по климатическим условиям урожая не хватает фосфора, то без оптимизации фосфатного состояния невыгодно вносить калий или микроэлементы и т.д.

Иллюстрацией этого являются данные, полученные для опытных полей хозяйства «Михайловское» (табл. 1).

1.

()	
1^{-1}	$= -1,29 + -1,95 + 4,45$
2^{-1}	$= -5,4 + -1,17 + 25,66$
3^{-1}	$= -0,59 + -0,06 + 32,52$
3^{-3}	$= -1,64 - 0,09 + 45,96$
$3^{-1} -$	$1. = 0,95. 2. 1^{-1}; 2^{-1}; 3^{-3} -$
%	

Как видно из представленных данных, с увеличением степени окультуренности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (ОК₁-ОК₃) опытного поля кафедры растениеводства МСХА зависимость урожайности озимой пшеницы от степени гумусированности и содержания подвижных фосфатов уменьшается. Это обусловлено тем, что в более окультуренных почвах больше гумуса и подвижных фосфатов, и их варьирование не так сильно сказывается на урожайности.

С увеличением уровня интенсификации производства к почве предъявляют новые требования, обуславливающие определение новых дополнительных свойств почв, при этом меняется и приоритетность отдельных свойств для получения урожая. Оптимальные свойства почв являются функцией ряда независимых переменных и сочетания свойств почв.

Величина оптимумов относительна и зависит как от сочетания свойств почв (рН, гумусированности и т.д.) (x_i), так и от уровня интенсификации производства (степени оптимизации всех звеньев систем земледелия) (z_i): $opt = K \sum_i k_i x_i \sum_i k_i z_i$ где K – величина оптимума i при оптимальных значениях x_i , z_i ; k_i – степень влияния независимых переменных на величину оптимума; x_i , z_i – независимые переменные. Проиллюстрируем отличие оптимумов от сочетания свойств почв (табл. 2).

2.

n=100	
-	$Y = 2,47 + 0,18 x_1 + 0,003 x_2 + 0,27 x_3 + 2,14 x_4, r = 0,97$
-	$Y = -35,72 + 4,9 x_1 + 0,01 x_2 + 0,501 x_3 + 7,88 x_4, r = 0,97$
-	$Y = 0,97 + 0,2 x_1 + 0,0001 x_2 - 0,0067 x_3 - 0,02 x_4, r = 0,99$
-	$Y = 23,43 - 8,7 x_1 - 0,0056 x_2 - 0,077 x_3 + 0,23 x_4, r = 0,95$
10^0 ; 3^{-} ; 2^{-} ; 4^{-}	

различаются, в связи с неодинаковым интервалом изучаемых показателей в этих хозяйствах. При этом более адекватно связи описываются и различными математическими формулами.

При внесении в почву высоких доз удобрений и мелиорантов все сильнее проявляется закон убывающей отдачи, когда на каждый добавочно вложенный рубль затрат получают все меньшую прибыль, а на каждый центнер NPK – меньше зерна [2]. Этот закон проявляется не только при внесении в почву удобрений и ме-

лиорантов, но и при любом антропогенном воздействии, направленном на повышение урожая или на улучшение свойств почв. Степень проявления в почвах закона убывающего плодородия определяет экономически обоснованные модели плодородия почв.

Так, для почв хозяйства «Михайловское» внесение в среднеокультуренные дерново-подзолистые почвы удобрений выше 174 кг д.в./га привело к снижению отдачи кг зерна на 1 кг NPK, т.е. к проявлению закона убывающей отдачи.

Однако разные культуры неодинаково отзываются на внесение удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях и при разных уровнях агротехники. Поэтому для разных культур и определенных условий характерны свои оптимумы уровня окупаемости удобрений и уровня урожайности [2].

В целом, для хозяйств и районов Московской области также характерно проявление закона убывающей отдачи, даже при небольших дозах удобрений, но в связи с низкой степенью оптимизации других звеньев систем земледелия.

Для отдельных полей, почв, хозяйств и районов проявление закона убывающей отдачи наблюдается в разной степени. С нашей точки зрения, плодородие почв, или возможность данного участка земли обеспечивать растения всеми факторами жизни следует рассматривать для разного уровня интенсификации производства. Плодородие почв характеризуется не только тем, какой урожай можно получить на данной почве без применения удобрений, но и тем, сколько можно получить ц на 1 руб. затрат (на 1 затраченный кДЖ). Эти два показателя характеризуют плодородие почв с разных сторон и дополняют друг друга.

Плодородие почв является функцией, как свойств почв (X_i), так и способности почв обеспечивать повышение урожая при интенсивном антропогенном воздействии ($\Delta Y/\Delta Z_i$). $n = \sum k_i x_i + \sum k_i (\Delta Y/\Delta Z_i)$. При этом под антропогенным воздействием понимают как внесение удобрений и мелиорантов, так и затраты на интегрированную защиту растений, орошение, обработки и т.д.

При проявлении закона убывающей отдачи величина $\Delta Y/\Delta Z_i$ с увеличением интенсификации производства уменьшается.

Модели плодородия должны быть обусловлены не только с экономической, но и с экологической точки зрения. Для разного уровня интенсификации производства и в зависимости от макро- и микроэкологических условий ведения с.х. производства необходимо разное соотношение урожайности, обусловленной климатом и свойствами почв и применением удобрений. Необходимо определенное соотношение экономически обусловленного плодородия почв и доз вносимых удобрений. При этом для разных уровней интенсификации производства и в зависимости от уровня экономического развития государства допускаются и определенные экологические ограничения использования почв. Это также определяет оптимальное соотношение экономически обоснованных свойств почв и доз внесения удобрений.

Литература

1. Варламов А.А., Севастьянов А.В. Земельный кадастр – оценка земли и иной недвижимости, ТМ М, Колос, 2006, 265 с.
2. Гатаулин А.М., Светлов Н.М. Стоимость, равновесие и издержки в сельском хозяйстве, М., МСХА, 2005, 244 с.
3. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. Под ред. Носова С.И.-М.: Русская оценка, 2006, 298 с.
4. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель// Агрохимия. 2001. – №9. – С. 5-12.
5. Державин Л.М., Фрид А.С. Модели комплексной оценки плодородия пахотных земель, Агрохимия, 2002, №8, С 5-13.
6. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур, М, 1990.
7. Савич В.И., Гатаулин А.М., Сычев В.Г., Саидов А.К., Раскатов В.А., Мельник Н.Н. Оценка земель. – М.: ВНИИА, 2010. – 452 с.
8. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности с/х культур и их взаимосвязь. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228.
9. Фрид А.С. Информационные модели плодородия почв// Вести с.х. науки. – 1987. – №9. – С 8-12 стр.

ECONOMICALLY AND ECOLOGICALLY SOUND MODELS OF SOIL FERTILITY

Sedykh V.A., Savich K.V., Bykova E.V., Hussein Khaled Ahmed

RSAU-MTAA

127550 Moscow, Timiryazevskaya st., 49, Russia, E-mail: savich@degunino.com

The paper proposes to provide concepts of ecologically and economically sound models of soil fertility while developing models of fertility.

Key words: soil, soil fertility, land evaluation, ecology