

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

УДК 631.445.2:631.452:631.816.16

С. А. ТАРАСЕНКО

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ НОРМ УДОБРЕНИЙ

Гродненский государственный аграрный университет

(Поступила в редакцию 03.02.2009)

Введение. Эффективность сельскохозяйственного производства, величина и качество получаемых урожаев возделываемых культур во многом определяется уровнем почвенного плодородия, который формируется в течение длительного периода под воздействием природных и антропогенных факторов. Важнейшим аспектом повышения плодородия почв является применение органических, минеральных и известковых удобрений [1, 2].

В целом в Республике Беларусь изменение почвенного плодородия регистрируется на основе крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель, проводимого один раз в четыре года, с определением степени кислотности, содержания гумуса, обменного магния, подвижных форм фосфора, калия и микроэлементов [3]. Последние такие обследования проводились в 1997–2000 и 2001–2004 гг. Полученные результаты свидетельствуют о тесной связи изменений агрохимических показателей почв республики с объемами применяемых удобрений по отдельным периодам наблюдений, которые характеризовались за последние годы как ростом, так и падением. Так, в 2005 г. средняя доза внесения минеральных удобрений на пахотных землях Беларуси составила 185 кг/га д. в., что на 34% выше, чем в среднем за 2001 г. [4]. Это сразу же отразилось на агрохимических показателях почв республики по итогам последнего обследования.

В то же время особый интерес представляют данные по динамике почвенного плодородия за длительный период времени в условиях постоянного роста объемов и доз применяемых органических, минеральных и известковых удобрений, что позволяет прогнозировать состояние плодородия почвы при расширенной химизации сельскохозяйственного производства. Особая актуальность этого направления связана с реализацией положений Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 годы, которой предусматривается увеличение к 2010 г. доз минеральных удобрений на пашне до 270 кг/га д. в., органических – до 10 т/га д. в. [5].

Источником таких данных могут стать опытные поля и участки учебных и научных учреждений аграрного профиля республики, в том числе и опытное поле Гродненского государственного аграрного университета (ГГАУ), где длительное время проводятся полевые опыты с использованием интенсивных систем в растениеводстве, предусматривающих применение высоких доз удобрений.

Цель исследования – определение влияния длительного применения удобрений на изменение плодородия различных по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почв.

Объекты и методы исследования. Опытное поле ГГАУ используется для проведения исследований с середины 60-х гг. прошлого века, однако исходная информация по состоянию плодородия опытного поля при его создании не сохранилась, поэтому для изучения динамики показателей почвенного плодородия были использованы данные агрохимического обследования опытного поля ГГАУ, проводимого в 1988 и 1999 гг. [6, 7]. Весной 2008 г. был проведен III тур обследования с определением агрохимических показателей в лаборатории УПК «Гродноблагрохимизация».

Общая площадь обследованной территории составляла 32 га, на которой выделены две почвенные разности – дерново-подзолистая супесчаная и дерново-подзолистая песчаная почвы, подстилаемые моренным суглинком с глубины 60 см. В связи с тем, что на опытном поле сформированы отдельные участки площадью один гектар, отбор почвенных образцов проводили с каждого. В остальном методика обследований полностью соответствовала методическим указаниям [3].

Принимая во внимание, что данные по состоянию азотного режима и ферментативной активности дерново-подзолистой почвы являются важнейшими показателями почвенного плодородия, в образцах 1999 и 2008 гг. определяли фракционный состав азота по Шконде и Королевой, фиксированный аммоний – по Могилевкиной, нитрификационную способность – по Кравкову, активность каталазы – газометрическим методом, уреазы – по Щербаковой, целлюлазы – по Кислициной [8–10]. Содержание гумуса в почве по всем годам исследований определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.

Полученные данные обработаны методами математической статистики. В таблицах приводятся среднеарифметические показатели из 24 единиц (первая выборка – дерново-подзолистая супесчаная почва) и 8 единиц (вторая выборка – дерново-подзолистая песчаная почва). Точность измерения оценивали по стандартному отклонению.

Среднегодовой объем применения удобрений на опытном поле за период 1988–1999 гг. составил 12,8 т/га навоза, 220 азота, 126 фосфора и 185 кг/га д. в. калия, 1,2 т/га известковых удобрений [11], за период 1999–2008 гг. – 14,7 т/га, 260, 138, 197 кг/га д. в. и 1,1 т/га соответственно [12].

Результаты и их обсуждение. Полученные данные свидетельствуют о существенном положительном изменении агрохимических показателей дерново-подзолистых почв в результате двадцатилетнего применения удобрений, причем эти изменения обусловлены гранулометрическим составом почвы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. **Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистых почв в условиях длительного применения удобрений, 1988–2008 гг.**

Показатель	Супесчаная почва			Песчаная почва		
	1988	1999	2008	1988	1999	2008
Гумус, %	1,85±0,05	2,22±0,08	2,48±0,11	1,62±0,04	1,89±0,07	2,08±0,10
pH _{KCl}	5,3±0,1	5,9±0,3	6,3±0,5	5,2±0,2	5,7±0,4	5,9±0,4
Подвижные формы, мг/кг:						
фосфора	147±12	189±19	215±21	131±10	173±14	192±18
калия	164±7	192±11	209±19	94±5	127±10	141±21
магния	–	124±6	147±11	–	105±5	121±11
кальция	–	983±28	1126±37	–	766±25	1044±39
меди	–	1,2±0,1	2,2±0,3	–	0,7±0,2	1,7±0,5
цинка	–	2,2±0,3	3,3±0,6	–	1,6±0,3	3,1±0,6
бора	–	0,26±0,11	0,45±0,22	–	0,25±0,11	0,40±0,21

Установлено, что за период с 1988 г. по настоящее время произошло значительное повышение содержания гумуса – на 0,63% (супесчаная) и 0,46% (песчаная почва), подвижных форм фосфора и калия – на 68, 45 и 61, 47 мг/кг почвы соответственно. Отмечено снижение обменной кислотности – на 1,0 и 0,7 pH. Основной прирост данных агрохимических показателей формировался в 1988–1998 гг. (59–71%), когда исходный уровень плодородия почв опытного поля был изначально невысоким. В 1999–2008 гг., несмотря на более значительные дозы применяемых удобрений, улучшение агрохимических показателей происходило медленнее. Это связано с повышением выноса питательных элементов растениями ввиду роста урожайности сельскохозяйственных культур и с увеличением потерь минеральных элементов на легких почвах путем вымывания при повышенных дозах удобрений.

Содержание в почве других макроэлементов – кальция и магния, а также микроэлементов – меди, цинка и бора за последний десятилетний период тоже значительно возросло: от 15 до 36% для первых и от 50 до 143% для вторых питательных элементов. Значительный рост содержания

микроэлементов связан с расширением применения соответствующих видов минеральных удобрений и навоза КРС, в каждой тонне которого содержится 38,3 г цинка, 8,4 г меди и 3,8 г бора [13], что обеспечивает поступление в почву за десятилетний период этих элементов в количестве 5,6, 1,2 и 0,6 кг/га соответственно.

В целом, оценивая уровень плодородия почв опытного поля ГГАУ, необходимо отметить, что к 2008 г. по большинству показателей он достиг оптимальных агрохимических параметров [14]. Это необходимо учитывать при планировании исследований на данных почвенных разностях с удобрениями ввиду их ожидаемой низкой эффективности. Характеристика изменчивости агрохимических показателей по коэффициенту вариации, рассчитанному как отношение стандартного отклонения к средней арифметической, свидетельствует о том, что применение удобрений при закладке полевых опытов приводит к значительным колебаниям показателей почвенного плодородия по отдельным участкам. Это является негативным моментом, приводит к снижению точности полевых опытов.

Содержание в почве общего азота и его фракций является важнейшей характеристикой почвенного плодородия. Основное количество этого элемента находится в формах непосредственно недоступных для питания растений (негидролизующий и трудногидролизующий азот), на долю которых приходится 75,7–76,1 и 11,0–11,6% в супесчаной и 72,9–73,2 и 11,9–12,3% в песчаной почвах (табл. 2).

Десятилетний период (1999–2008 гг.) возделывания сельскохозяйственных культур с применением повышенных норм удобрений на опытном поле ГГАУ привел к существенным изменениям азотного режима почв в сторону его улучшения. Происходило накопление общего азота (на 0,011–0,017%) и всех его фракций, отличающихся по степени доступности для питания сельскохозяйственных растений, причем более существенные изменения характерны для супесчаной почвы. В то же время структура фракционного состава азота дерново-подзолистых почв остается достаточно стабильной: прирост содержания отдельных фракций почвенного азота от удобрений происходит пропорционально их исходному содержанию (1999 г.).

Т а б л и ц а 2. Влияние длительного применения удобрений на азотный режим дерново-подзолистых почв, 1999–2008 гг.

Показатель	Супесчаная почва		Песчаная почва	
	1999	2008	1999	2008
Углерод, %	1,29±0,05	1,44±0,06	1,09±0,04	1,20±0,06
Отношение C:N	8,32	8,37	10,79	10,71
Азот, мг/кг:				
общий	1550±61	1720±78	1010±52	1120±47
минеральный	36±3	40±6	31±2	35±6
легкогидролизующий	163±11	179±16	118±10	132±17
трудногидролизующий	171±13	199±21	125±9	133±14
негидролизующий азот	1180±38	1302±46	736±22	820±30
Фиксированный аммоний, мг/кг	25±22	31±21	11±9	15±11

Таким образом, длительное внесение органических, минеральных и известковых удобрений, даже в весьма значительных дозах, намного превышающих республиканский уровень, увеличивает абсолютное содержание отдельных азотных фракций, но не изменяет их долевое участие в формировании общего азота почвы.

Между содержанием в почве углерода и азота имеется определенная зависимость, которая выражается соотношением C:N. Оно является важным показателем, поскольку характеризует качество гумуса, его обеспеченность азотом и биологическую активность. По мнению Н. Е. Завьяловой и др. [15], прирост содержания органического вещества в почвах при интенсивной химизации обусловлен образованием «незрелого гумуса» с преобладанием свободных гуминовых кислот, фульвокислот и низким содержанием в нем азота, что приводит к уменьшению соотношения C:N. В наших исследованиях в течение десятилетнего периода стабильность соотноше-

ния между углеродом и азотом (8,32–8,37 для супесчаной и 10,71–10,79 для песчаной почв) опровергает этот тезис. Следовательно, вносимые питательные элементы в составе органических и минеральных удобрений использовались сельскохозяйственными растениями, накапливались в виде корневых и пожнивных остатков в почве, потреблялись микроорганизмами и в конечном итоге трансформировались в виде почвенных гумусовых веществ, сохраняя неизменным исходную структуру гумусового и азотного состояния почвы. Таким образом, если положительное действие органических удобрений на содержание гумуса в почве можно оценить как непосредственное, так как с этими удобрениями уже вносится определенное количество гумусовых веществ, то действие минеральных удобрений косвенное. Оно проявляется в росте количества биомассы, создаваемой растениями и поступающей в почву в виде корневых и пожнивных остатков.

Изменение соотношения между углеродом и азотом в пользу последнего часто связывают с накоплением в почвах необменного фиксированного аммония [16]. Однако это в большей степени свойственно тяжелым почвам с высоким содержанием ила. Необменная фиксация аммония осуществляется минералами с разбухающей кристаллической решеткой типа мусковита, монтмориллонита и вермикулита, входящих в состав илистых фракций. В наших легких почвах процесс необменной фиксации аммония не выражен, поэтому прирост содержания этой формы азота за десятилетний период математически недоказуем.

Образование гумуса в почвах тесно связано с активностью почвенных ферментов, обеспечивающих как минерализацию органических веществ, так и его гумификацию. Важнейшими ферментами, участвующими в этих процессах, являются целлюлаза (углеводный обмен), каталаза (окислительно-восстановительные реакции) и уреазы (азотный обмен). Особенность почвы, помещенной в благоприятные условия температуры и увлажнения, продуцировать для растений наиболее доступные азотные соединения (нитраты) представлена нитрификационной способностью (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Изменение ферментативной активности дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений, 1998–2008 гг.

Показатель	Супесчаная почва		Песчаная почва	
	1999	2008	1999	2008
Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы в мин	1,12±0,06	1,46±0,07	1,02±0,06	1,18±0,09
Активность уреазы, мг N-NH ₄ на 1 г почвы в сутки	0,18±0,03	0,17±0,04	0,12±0,02	0,11±0,05
Активность целлюлазы, мг глюкозы на 1 г почвы в сутки	0,37±0,03	0,49±0,05	0,30±0,04	0,41±0,06
Нитрификационная способность, мг на 1 кг почвы	32±5	47±7	28±4	36±8

Длительное применение органических, минеральных и известковых удобрений в значительной степени изменяет ферментативную активность легких дерново-подзолистых почв. Происходит повышение активности ферментов, обеспечивающих синтез и гидролиз в почве полисахаридов (целлюлозы): в супесчаной почве – на 0,12, в песчаной почве – на 0,11 мг глюкозы на 1 г почвы в сутки.

Увеличилась способность почвенных ферментов осуществлять окислительно-восстановительные реакции – активность каталазы возросла на 16–30%. В то же время ферменты, осуществляющие превращения мочевины (уреазы), свою активность не изменили, что связано с низким содержанием амидной формы азота в легких почвах, где она не накапливается в процессе вегетации сельскохозяйственных растений и быстро нитрифицируется до нитратов. Это наглядно проявляется в изменении нитрификационной способности почв, показатель которой за десятилетний период возрос на 32–37%.

Заключение. Длительное (в течение 20 лет) совместное применение органических, минеральных и известковых удобрений на легких дерново-подзолистых почвах в дозах, значительно превышающих среднереспубликанский уровень, приводит к существенному повышению по-

чвенного плодородия. Абсолютное количество гумуса увеличилось на 0,46–0,63%, общего азота – на 110–170 мг/кг, содержание подвижных форм фосфора повысилось на 45–68, калия – на 47–61 мг/кг почвы, магния и кальция – на 15–36%, меди, цинка и бора – на 50–143%. Возросла активность почвенных ферментов – каталазы и целлюлазы, а также нитрификационная способность почв. Более существенные изменения почвенного плодородия отмечены для супесчаной почвы.

Совместное применение органических, минеральных и известковых удобрений не вызвало существенных изменений направленности почвенных процессов. Структура азотного фонда почв под действием удобрений не изменилась – прирост содержания соединений азота происходил пропорционально их естественному состоянию, сохранилось неизменным соотношение между углеродом и азотом в почвах.

Агрохимические параметры почв опытного поля ГГАУ в настоящее время достигли оптимальных показателей, что обуславливает будущую низкую эффективность применяемых удобрений. Это необходимо учитывать при закладке полевых опытов с удобрениями, так же как и высокую степень варьирования показателей плодородия почвы по отдельным полям севооборота, что приводит к снижению точности полевых исследований.

Литература

1. Лапа, В. В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В. В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1 (34). – С. 38–42.
2. Минеев, В. Г. Действие и последствие удобрений на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонов // Агрохимия. – 2005. – № 1. – С. 5–13.
3. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий: метод. указания. – Минск: Хата, 2001. – 60 с.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 288 с.
5. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы. – Минск: Беларусь, 2005. – 86 с.
6. Агрохимический паспорт почв опытного поля Гродненского сельскохозяйственного института. – Щучин, 1988. – 32 с.
7. Агрохимический паспорт почв опытного поля Гродненского сельскохозяйственного института. – Щучин, 1999. – 46 с.
8. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / В. В. Кидин [и др.]; под общ. ред. В. В. Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 598 с.
9. Агрохимические методы исследования почв / ЦИНАО. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
10. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. К. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
11. Годовой отчет о работе опытного поля Гродненского сельскохозяйственного института за 1999 год / ГГАУ. – Гродно, 2000. – 18 с.
12. Годовой отчет о работе опытного поля Гродненского государственного аграрного университета за 2008 год / ГГАУ. – Гродно, 2009. – 21 с.
13. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
14. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
15. Завьялова, Н. Е. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы / Н. Е. Завьялова, А. И. Косолапова, В. Р. Ямалдина // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 5–10.
16. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. В. Бурлакова. – М.: Колос, 2000. – 416 с.

S. A. TARASENKO

CHANGE IN THE FERTILITY OF SOD-PODZOLIC SOILS UNDER THE CONDITIONS OF LONG APPLICATION OF ELEVATED NORMS OF FERTILIZERS

Summary

The investigations carried out at the Grodno State University have shown that the long use of organic, mineral and lime fertilizers on light sod-podzolic soils increases the content of humus by 0.46–0.63%, of total nitrogen – by 110–170 mg/kg, the number of movable forms of phosphorus is increased by 45–68, potassium – by 47–61 mg/kg of soil, magnesium and calcium – by 15–36%, copper, zinc and boron – by 50–143%. The activity of soil enzymes – catalases and cellulase enhances, the nitrification ability of soils grows. More essential changes in the soil fertility are found for sandy soil. However essential changes in the direction of soil processes when acted upon by fertilizers are not seen – the invariable structure of the nitrogen fund and the carbon-nitrogen relation in soils are preserved.